

⑫ **BREVET D'INVENTION** **B1**

⑤④ Système de travail de pièce comprenant une machine-outil, et procédé de travail correspondant.

②② Date de dépôt : 07.10.22.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : LEDOUX FINANCE SAS — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 12.04.24 Bulletin 24/15.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 25.10.24 Bulletin 24/43.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : LEDOUX DIDIER.

⑦③ Titulaire(s) : LEDOUX FINANCE SAS.

⑦④ Mandataire(s) : SMISSAERT.



Description

Titre de l'invention : Système de travail de pièce comprenant une machine-outil, et procédé de travail correspondant

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne de manière générale les systèmes de travail de pièce comprenant une machine-outil.

ART ANTERIEUR

[0002] On connaît de l'état de la technique des machines-outils, par exemple pour réaliser des opérations de fraisage, détourage, perçage, filetage ou serrage d'écrous.

[0003] On connaît du document US5649451A un système de perçage qui inclut une pince pour maintenir une pièce à travailler, et une machine de perçage qui est configurée pour appliquer un mouvement linéaire et rotatif simultané à l'outil de perçage de la machine.

[0004] La machine comprend un premier moteur et un deuxième moteur. Le premier moteur comprend un rotor couplé à une vis à billes en prise avec une bague hélicoïdale sur l'arbre d'entraînement de manière à convertir le mouvement de rotation du rotor en un mouvement linéaire qui est imparti à l'arbre d'entraînement.

[0005] Le deuxième moteur comprend un rotor couplé à une cannelure à billes qui engage une cannelure sur l'arbre d'entraînement de manière à transmettre le mouvement rotatif du rotor à l'arbre d'entraînement directement, tout en permettant à l'arbre d'entraînement de se déplacer linéairement le long de son axe.

[0006] On constate cependant qu'au cours du travail, la pièce peut bouger, même à l'état maintenu de la pièce, sans que ce déplacement soit voulu par l'opérateur. La pièce en cours de travail peut ainsi reculer par exemple du fait de l'appui de l'outil sur la pièce, ce qui nuit à la qualité du travail effectué sur la pièce. En particulier les cotes obtenues pour la zone de la pièce ainsi travaillée peuvent ne pas correspondre aux cotes souhaitées.

[0007] La présente invention a pour but de proposer une nouvelle machine-outil et un procédé de travail correspondant permettant de pallier tout ou partie des problèmes exposés ci-dessus.

Résumé de l'invention

[0008] A cet effet, l'invention a pour objet un système pour le travail d'une pièce, le système comprenant une machine-outil qui comprend :

- un châssis ;
- un arbre d'entraînement présentant un axe longitudinal, ledit arbre d'entraînement étant muni d'un porte-outil auquel est apte à être couplé un outil, tel qu'une broche de

perçage ;

- un premier moteur, appelé moteur d'entraînement en rotation, qui est un moteur rotatif configuré pour entraîner en rotation au moins une partie dudit arbre d'entraînement munie du porte-outil ;

- un deuxième moteur, appelé moteur d'avance, ledit moteur d'avance étant configuré pour déplacer axialement ledit arbre d'entraînement, et étant de préférence un moteur linéaire ;

caractérisé en ce que le système comprend aussi un dispositif de mesure de distance configuré pour mesurer une distance représentative de la distance entre la pièce et le châssis de la machine-outil ;

- une unité de pilotage configurée pour :

- exécuter des opérations de travail de la pièce en commandant le moteur d'entraînement en rotation pour entraîner le porte-outil en rotation, et/ou en commandant le moteur d'avance pour déplacer axialement le porte-outil ;

- déterminer à l'aide du dispositif de mesure de distance une modification de distance axiale entre le châssis de la machine-outil et la pièce à travailler résultant d'un déplacement axial relatif entre la pièce et le châssis de la machine ;

- en fonction de la modification de distance déterminée entre la machine-outil et la pièce de travail, commander le deuxième moteur de manière à déplacer axialement ledit arbre d'entraînement pour compenser ledit déplacement axial relatif entre la pièce et le châssis de la machine.

[0009] La possibilité de commander le déplacement axial de l'arbre d'entraînement auquel est fixé le porte-outil, en cours de fonctionnement de la machine-outil, permet de corriger la position de l'outil couplé au porte-outil et de maintenir ainsi la position relative du porte-outil et donc de l'outil par rapport à la pièce à travailler, même en cas de déplacement axial relatif entre la pièce à travailler et le châssis de la machine-outil.

[0010] Le déplacement axial relatif entre l'outil et la pièce à travailler peut être dû à un déplacement de la pièce dans son ensemble (par exemple un recul de la pièce) ou encore à une déformation de la pièce à travailler au cours du travail qu'elle subit.

[0011] La prise en compte de la variation de position relative entre la machine-outil et la pièce de travail permet d'assurer un processus de travail de la pièce qui est précis et fiable.

[0012] La compensation de déplacement axial relatif entre la machine-outil et la pièce de travail permet en particulier de réaliser une fragmentation efficace du copeau résultant du travail de la pièce par l'outil. Il est à noter qu'un mouvement axial relatif non compensé pourrait dégrader cette fragmentation du copeau, voire l'en empêcher. La compensation de mouvement axial relatif permet aussi d'assurer une profondeur de fraisure conforme au besoin.

- [0013] Le système peut aussi comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prises dans toute combinaison techniquement admissible.
- [0014] Selon un mode de réalisation de l'invention, le moteur d'entraînement en rotation et le moteur d'avance sont configurés de sorte que le déplacement axial de ladite au moins une partie de l'arbre d'entraînement qui est munie du porte-outil est commandable indépendamment de la rotation de ladite au moins une partie de l'arbre d'entraînement qui est munie du porte-outil.
- [0015] Selon un mode de réalisation de l'invention, le dispositif de mesure de distance est porté par une partie mobile d'un dispositif d'appui, appelé nez presse-tôle, ladite partie mobile du nez presse-tôle étant montée mobile par rapport à une partie qui est fixe par rapport au châssis, la partie mobile étant configurée pour être rappelée en appui contre la pièce, le dispositif de mesure de distance étant agencé pour mesurer la distance la partie mobile et la partie fixe du nez presse-tôle.
- [0016] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'arbre d'entraînement comprend un premier tronçon et un deuxième tronçon reliés entre eux par un dispositif de liaison, l'un des tronçons étant en prise avec le moteur d'avance, l'autre tronçon étant en prise avec le moteur d'entraînement en rotation.
- [0017] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'arbre d'entraînement comprend un premier tronçon et un deuxième tronçon reliés entre eux par un dispositif de liaison configuré pour rendre le premier tronçon et le deuxième tronçon solidaires en déplacement axial l'un de l'autre, tout en conservant une liberté de rotation du premier tronçon par rapport au deuxième tronçon.
- [0018] Selon un mode de réalisation de l'invention, le premier tronçon auquel est fixé le porte-outil est entrainable en rotation par le moteur d'entraînement en rotation, et le deuxième tronçon est entrainable en déplacement axial par le moteur d'avance.
- [0019] Selon un mode de réalisation de l'invention, le moteur d'avance est un moteur linéaire présentant une partie primaire montée fixe par rapport au châssis de la machine-outil, et une partie secondaire, montée mobile selon une direction parallèle à l'axe de l'arbre d'entraînement, qui est fixée à un tronçon de l'arbre d'entraînement, ou formée d'une seule pièce avec ledit tronçon de l'arbre d'entraînement.
- [0020] Selon un mode de réalisation de l'invention, le système comprend un système support, tel qu'un robot poly-articulé, qui porte la machine-outil pour permettre de positionner la machine-outil à la position et dans l'orientation souhaitées par rapport à la pièce à travailler.
- [0021] Selon un mode de réalisation de l'invention, l'unité de pilotage est configurée pour permettre de déplacer l'arbre d'entraînement afin de déplacer l'outil axialement selon un mouvement à vitesse variable pour fragmenter le copeau résultant du travail de l'outil sur la pièce à travailler.

[0022] L'invention concerne aussi un procédé de travail d'une pièce à l'aide d'un système de travail selon l'un quelconque des modes de réalisation précédents, la machine-outil dudit système de travail comprenant un porte-outil équipé d'un outil de travail, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- positionnement de la machine-outil par rapport à la pièce en vue du travail de la pièce à l'aide dudit outil ; la distance entre la pièce et le châssis de la machine-outil étant égale à une valeur, appelée valeur initiale, l'arbre d'entraînement présentant une position axiale de référence par rapport au châssis de la machine-outil ;

- exécuter des opérations de travail de la pièce en commandant le moteur d'entraînement en rotation pour entraîner l'outil en rotation, et/ou en commandant le moteur d'avance pour déplacer axialement l'outil ;

le déplacement axial de l'outil étant piloté en fonction de ladite position axiale de référence de l'arbre d'entraînement ;

- au cours du travail de la pièce, détermination d'un changement de distance entre la pièce et le châssis de la machine, de sorte que la distance entre la pièce et le châssis de la machine-outil est égale à une nouvelle valeur ;

- compensation du déplacement de la pièce par déplacement axial de l'arbre d'entraînement du porte-outil d'une distance, dite distance de compensation, correspondant à la différence entre la nouvelle valeur et la valeur initiale de manière à définir une nouvelle position axiale de référence de l'arbre d'entraînement,

- poursuite des opérations de travail de la pièce en fonction de la nouvelle position de référence de l'arbre.

Brève description des dessins

[0023] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des dessins annexés, sur lesquels :

[0024] - [Fig.1] la [Fig.1] est une vue schématique d'une machine-outil portée par un système de support mobile, tel qu'un robot, en vue du travail d'une pièce, selon un mode de réalisation de l'invention ;

[0025] - [Fig.2] la [Fig.2] illustre une vue en coupe d'une machine-outil équipée d'un outil qui est en contact avec une pièce à travailler, selon un mode de réalisation de l'invention ;

[0026] - [Fig.2A] la [Fig.2A] illustre une vue en coupe de la machine-outil de la [Fig.2] avec un déplacement axial relatif de la pièce à travailler par rapport à la machine-outil, dont il résulte un déplacement axial relatif de la pièce à travailler par rapport à l'outil ;

[0027] - [Fig.2B] la [Fig.2B] illustre une vue en coupe axiale de la machine-outil de la [Fig.2A] avec un déplacement axial de l'outil obtenu par déplacement axial de l'arbre

d'entraînement de l'outil, pour compenser le déplacement axial relatif de la pièce à travailler par rapport à l'outil ;

[0028] - [Fig.3] la [Fig.3] est une vue schématique en coupe axiale d'une machine-outil selon un autre mode de réalisation ;

[0029] - [Fig.4] la [Fig.4] est une vue schématique en coupe axiale d'une machine-outil selon un autre mode de réalisation ;

[0030] - [Fig.5] la [Fig.5] est le logigramme d'un procédé de travail avec un système de travail selon un mode de réalisation.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0031] Le concept de l'invention est décrit plus complètement ci-après avec référence aux dessins joints, sur lesquels des modes de réalisation du concept de l'invention sont montrés. Sur les dessins, la taille et les tailles relatives des éléments peuvent être exagérées à des fins de clarté. Des numéros similaires font référence à des éléments similaires sur tous les dessins. Cependant, ce concept de l'invention peut être mis en œuvre sous de nombreuses formes différentes et ne devrait pas être interprété comme étant limité aux modes de réalisation exposés ici. Au lieu de cela, ces modes de réalisation sont proposés de sorte que cette description soit complète, et communiquent l'étendue du concept de l'invention aux hommes du métier.

[0032] Une référence dans toute la spécification à « un mode de réalisation » signifie qu'une fonctionnalité, une structure, ou une caractéristique particulière décrite en relation avec un mode de réalisation est incluse dans au moins un mode de réalisation de la présente invention. Ainsi, l'apparition de l'expression « dans un mode de réalisation » à divers emplacements dans toute la spécification ne fait pas nécessairement référence au même mode de réalisation. En outre, les fonctionnalités, les structures, ou les caractéristiques particulières peuvent être combinées de n'importe quelle manière appropriée dans un ou plusieurs modes de réalisation.

[0033] En référence aux figures, on a représenté un système de travail d'une pièce P1. Le système de travail inclut une machine-outil M1 comprenant un châssis 100 et, portés par le châssis 100, un ensemble de travail qui comprend un système de motorisation 2, 3 et un arbre d'entraînement 400.

[0034] L'arbre d'entraînement 400 est muni à une extrémité d'un porte-outil 600 apte à recevoir un outil 900 pour le travail d'une pièce P1. Dans le mode de réalisation illustré aux figures 2, 2A, 2B, une seule extrémité de l'arbre d'entraînement 400 est munie d'un porte-outil et donc d'un outil. Selon d'autres modes de réalisation et comme illustré à la [Fig.3], on peut prévoir que chaque extrémité de l'arbre d'entraînement 400 est munie d'un porte-outil 600 et donc d'un outil 900. L'arbre d'entraînement 400 est entraînable par le système de motorisation 2,3 lui-même

pilotable par une unité de pilotage 8 comme décrit ci-après.

- [0035] Le système de motorisation 2, 3 est configuré pour permettre non seulement d'entraîner en rotation au moins une partie 4001 de l'arbre d'entraînement 400 à laquelle est fixé le porte-outil 600 de manière à pouvoir entraîner en rotation l'outil 900 fixé au porte-outil 600 de manière démontable, mais aussi de déplacer axialement ladite partie 4001 de l'arbre d'entraînement 400 (de préférence par déplacement axial d'une autre partie 4002 de l'arbre d'entraînement comme expliqué ci-après) pour permettre de déplacer axialement le porte-outil 600 et donc l'outil 900 couplé au porte-outil.
- [0036] Le fait d'avoir l'axe (direction) de poussée, qui correspond à l'axe de déplacement de l'arbre d'entraînement (aussi appelé axe d'avance), colinéaire à l'axe de l'outil permet de réaliser un travail précis et fiable de la pièce.
- [0037] Comme détaillé ci-après, la machine-outil permet d'obtenir une compensation fiable et précise en temps réel de la position axiale de l'arbre d'entraînement du porte-outil par rapport à la pièce P1, et donc de l'outil, lorsque se produit un déplacement axial relatif de la position de la pièce de travail par rapport au châssis la machine-outil.
- [0038] La fiabilité de cette compensation résulte du découplage du mouvement de rotation de la partie de l'arbre d'entraînement à laquelle est fixée le porte-outil 600 par rapport au mouvement de translation appliqué (de manière directe ou indirecte) à ladite partie de l'arbre d'entraînement auquel est fixé le porte-outil.
- [0039] Selon un mode de réalisation et comme illustré aux figures, l'arbre 400 d'entraînement comprend un premier tronçon 4001 et un deuxième tronçon 4002 solidaires l'un par rapport à l'autre en déplacement axial.
- [0040] Le premier tronçon 4001 auquel est fixé le porte-outil 600, est entrainable en rotation par un premier moteur 2 présenté ci-après. Le deuxième tronçon 4002 est entrainable en déplacement axial par un deuxième moteur 3 présenté ci-après, et agencé avec le premier tronçon 4001 pour entraîner en déplacement axial ledit premier tronçon 4001, tout en étant indépendant en rotation dudit deuxième tronçon 4002. Les deux tronçons d'arbre d'entraînement sont colinéaires.
- [0041] Autrement dit, le déplacement axial du deuxième tronçon 4002 qui entraîne le déplacement axial du premier tronçon 4001 n'a pas d'incidence sur la rotation du premier tronçon 4001 auquel est fixé le porte-outil 600. Inversement la rotation du premier tronçon 4001 n'a pas d'incidence sur le positionnement axial du deuxième tronçon 4002. Ceci permet d'assurer une bonne maîtrise des paramètres du process en rendant le pilotage du mouvement de rotation et de translation des tronçons de l'arbre d'entraînement du porte-outil indépendants l'un de l'autre, tout en assurant une poussée dans l'axe outil, ce qui permet d'obtenir de manière fiable et précise la géométrie finale souhaitée pour la pièce de travail lors d'opérations de travail, telles

que perçage et fraisurage.

- [0042] Comme illustré à la [Fig.1], la machine-outil peut être portée par un système support R1, tel qu'un robot poly-articulé. Le système support R1 peut aussi être une machine à contrôle numérique ou un dispositif d'outillage spécifique.
- [0043] On peut prévoir que le système support R1 soit monté lui-même sur un système de chariot configuré pour se déplacer dans plusieurs directions par rapport à la pièce de travail P1. Le système support et/ou le système de chariot permet de positionner la machine-outil et donc l'outil suivant la position et l'orientation souhaitées par rapport à la pièce à travailler.
- [0044] Avantagement, le système de travail comprend un dispositif de repérage relatif de la machine M1 avec la pièce à réaliser P1 pour permettre, notamment avant de commencer le travail de la pièce, de connaître précisément la position et/ou l'orientation de la machine-outil par rapport à la pièce P1.
- [0045] Dans l'exemple illustré à la [Fig.1], le système support R1 est déplaçable indépendamment de la pièce P1. Par exemple, le système support R1 peut être positionné de sorte que la machine-outil M1 présente une position et une orientation telle qu'illustrée sur la [Fig.1] en traits interrompus courts.
- [0046] L'outil 900 est par exemple une broche de perçage. L'outil 900 présente un axe A900 longitudinal coaxial avec l'axe A400 de l'arbre d'entraînement 400. Le porte-outil 600 présente aussi un axe A600 qui est coaxial avec l'axe A400 de l'arbre d'entraînement 400.
- [0047] Système de motorisation
- [0048] Comme évoqué ci-dessus, la machine-outil M1 comprend un système de motorisation électrique qui inclut un premier moteur 2, appelé moteur d'entraînement en rotation, configuré pour entraîner en rotation au moins une partie 4001 de l'arbre d'entraînement 400.
- [0049] Le système de motorisation inclut aussi un deuxième moteur 3, appelé moteur d'avance, qui permet de déplacer axialement ledit arbre d'entraînement 400, de préférence en étant en prise directe avec un tronçon 4002 qui est indépendant en rotation du tronçon 4001 qui porte l'outil 900 par l'intermédiaire du porte-outil 600. Autrement dit, le moteur d'avance 3 permet de commander la translation de l'arbre d'entraînement selon son axe longitudinal A400 sans impact sur la rotation dudit arbre.
- [0050] Le moteur 2 d'entraînement en rotation est monté solidaire en rotation du tronçon 4001 de l'arbre d'entraînement 400 muni du porte-outil 600 pour son entraînement en rotation, tout en étant en liaison glissière avec ledit tronçon 4001, pour autoriser un déplacement axial dudit tronçon 4001 commandé par le moteur d'avance 3.
- [0051] Le moteur 2 d'entraînement en rotation et le moteur 3 d'avance sont aptes à être pilotés indépendamment l'un de l'autre. Comme rappelé ci-dessus, chaque moteur

peut, sous le contrôle de l'unité de pilotage 8, agir sur l'arbre d'entraînement 400 indépendamment de l'action de l'autre moteur sur ledit arbre : L'un des moteurs commande uniquement la rotation de l'arbre et l'autre uniquement son déplacement axial. Comme expliqué ci-après, les deux moteurs agissent respectivement sur deux tronçons colinéaires de l'arbre d'entraînement, ce qui permet de ne pas générer de défaut géométrique en bout de l'outil 900 fixé au porte-outil lors de la rotation de celui-ci.

- [0052] Préférentiellement, l'axe de rotation du moteur 2 d'entraînement en rotation est coaxial avec l'axe du moteur 3 d'avance.
- [0053] Arbre d'entraînement
- [0054] Comme rappelé ci-dessus, dans le mode de réalisation illustré aux Figures 1 et 2, l'arbre d'entraînement 400 comprend un premier tronçon 4001 qui est entrainable en rotation par le moteur 2 et à une extrémité duquel est fixé le porte-outil 600, et un deuxième tronçon 4002 entrainable en déplacement axial par le moteur 3 d'avance, de manière à pouvoir pousser ou tirer axialement sur le premier tronçon 4001 pour déplacer axialement l'outil 900 associé au premier tronçon 4001 par le porte-outil.
- [0055] La liaison 4003 entre le premier tronçon 4001 et le deuxième tronçon 4002 est configurée de sorte que le premier tronçon 4001 et le deuxième tronçon 4002 sont solidaires en déplacement axial l'un de l'autre, tout en conservant une liberté de rotation du deuxième tronçon 4002 par rapport au premier tronçon 4001.
- [0056] La liaison 4003 peut ainsi être réalisée sous la forme d'une liaison pivot, avec un axe de pivotement coaxial à l'axe A400 de l'arbre de l'arbre d'entraînement 400. Eventuellement, La liaison 4003 peut être réalisée sous forme d'une liaison rotule.
- [0057] Une telle conception de la machine permet d'obtenir une indépendance d'action d'un moteur sur l'arbre d'entraînement par rapport à l'action de l'autre moteur sur ledit l'arbre d'entraînement.
- [0058] Ainsi, la rotation de l'outil 900 et sa position axiale par rapport au châssis de la machine, peuvent être pilotées indépendamment l'une de l'autre et donc de manière fiable et précise.
- [0059] Le dispositif de liaison 4003 entre les deux tronçons 4001, 4002, est dépourvu de jeu axial, et permet de laisser libre en rotation le deuxième tronçon 4002 par rapport au premier tronçon 4001.
- [0060] Cette architecture compacte permet de réaliser une poussée sur l'outil 900 dans l'axe de l'arbre d'entraînement (axe broche), ainsi qu'un découplage du pilotage des deux moteurs.
- [0061] Une telle conception facilite la réalisation de boucles de contrôle commande comme par exemple des cycles de perçage avec coupe discontinue permettant la fragmentation du copeau qui facilite ainsi son évacuation pendant l'opération.

- [0062] Dans la variante de réalisation de la [Fig.3] (ou de la [Fig.4]), le tronçon 4002' qui est muni du porte-outil est en prise avec le moteur d'avance 3, et l'autre tronçon 4001' est en prise avec le moteur 2 d'entraînement en rotation. Le tronçon 4002' commandable en déplacement axial par le moteur d'avance 3, s'étend ainsi entre l'outil 900 et le tronçon 4001' commandable en rotation par le moteur 2. Dans ce cas la liaison 4003 est une liaison rigide de sorte que les tronçons 4001', 4002' sont solidaire en déplacement axial et en rotation.
- [0063] Le tronçon de l'arbre d'entraînement 400 qui est en prise avec le moteur d'avance 3, est distinct du tronçon de l'arbre d'entraînement 400 qui est en prise avec le moteur 2 d'entraînement en rotation.
- [0064] Selon un mode de réalisation, les deux tronçons de l'arbre de la machine-outil M1 sont percés, de préférence axialement en leur centre, afin de laisser passer un liquide réfrigérant pour les opérations de perçage.
- [0065] Moteur rotatif
- [0066] Le moteur 2 rotatif correspond à un moteur de broche qui entraîne en rotation le premier tronçon 4001 de l'arbre d'entraînement 400 qui porte l'outil 900. Le moteur 2 rotatif comprend un stator 200 fixe par rapport au châssis 100 de la machine M1 et un rotor 210 dont la vitesse de rotation est pilotable par un module de pilotage 810 de l'unité de pilotage 8 comme expliqué ci-après.
- [0067] Selon un mode de réalisation, le premier tronçon 4001 de l'arbre d'entraînement 400 est un tronçon cannelé couplé en rotation avec le rotor 210 du moteur 2 par un système d'engrènement solidaire du rotor 210 qui coopère avec le tronçon cannelé.
- [0068] Préférentiellement, le système d'engrènement comprend un organe d'engrènement principal 220 et un organe d'engrènement secondaire 230 écartés axialement afin de répartir le couple d'entraînement, et augmenter la raideur de l'ensemble et améliorer la précision de la rotation du premier tronçon 4001 grâce à un guidage plus long dudit premier tronçon.
- [0069] Moteur d'avance
- [0070] Préférentiellement, le moteur 3 d'avance est un moteur linéaire configuré pour commander le déplacement axial du deuxième tronçon 4002. L'utilisation d'un moteur linéaire permet de déplacer axialement le deuxième tronçon 4002 et ainsi le premier tronçon 4001 lié axialement au premier tronçon, sans entraîner en rotation ou ajouter de mouvement de rotation au deuxième tronçon 4002.
- [0071] Comme illustré aux figures, le moteur 3 d'avance comprend un primaire 300 et un secondaire 310. Le primaire 300 est fixe par rapport au châssis 100 de la machine M1 et le secondaire 310 est mobile en translation par rapport au primaire 300 selon une direction parallèle à l'axe de l'arbre d'entraînement 400. Selon un mode de réalisation particulier, on peut prévoir que le primaire 300 et le secondaire 310 du module

d'avance comprennent respectivement plusieurs primaires et plusieurs secondaires.

- [0072] Dans l'exemple illustré aux Figures 1 et 2, le secondaire 310 est monté solidaire en translation du tronçon 4002 selon une direction parallèle à l'axe du tronçon 4002 (qui correspond aussi à l'axe du tronçon 4001 de l'arbre d'entraînement 400). Le déplacement axial du secondaire 310 est commandable par un module de pilotage 820 de l'unité de pilotage 8.
- [0073] Le déplacement axial du secondaire 310 du moteur 3 entraîne le déplacement axial du deuxième tronçon 4002 de l'arbre d'entraînement. Le secondaire 310 du moteur 3 et le deuxième tronçon 4002 peuvent être réalisés d'une seule et même pièce.
- [0074] Comme expliqué ci-après, le moteur d'avance 3 permet de déplacer l'arbre d'entraînement 400 pour compenser un mouvement axial relatif du châssis 100 de la machine M1 avec la pièce P1 (Figures 2, 2A, 2B).
- [0075] Par rapport à un déplacement complet de la machine M1, le fait – pour compenser un déplacement axial relatif de la pièce P1 par rapport au châssis 100 de la machine – de simplement déplacer axialement l'arbre d'entraînement 400 par rapport au châssis 100 de la machine par déplacement du secondaire 310 du moteur d'avance 3 qui est couplé au tronçon 4002 de l'arbre d'entraînement 400, permet de limiter la taille du moteur d'avance 3 et donc de limiter la taille (encombrement et masse) de la machine M1. La limitation de la masse en mouvement permet d'augmenter la bande passante mécanique du système.
- [0076] Autrement dit, le fait de pouvoir, au cours de l'opération de travail de la pièce P1, en cas de détection d'un mouvement relatif axial entre la pièce P1 et le châssis 100 de la machine, déplacer l'outil 900 axialement par déplacement du secondaire 310 du moteur d'avance par rapport au primaire 300 du moteur d'avance 3 et donc par rapport au châssis 100 de la machine, permet de ne pas avoir à déplacer l'ensemble de la machine-outil pour effectuer une correction axiale de mouvement axial relatif entre la pièce et le châssis de la machine au cours de l'opération de travail de la pièce.
- [0077] Bien entendu, lorsque la machine-outil est positionnée sur un système de mise en mouvement comme le système support R1, de préférence lui-même porté par un système de chariot, l'ensemble de la machine reste déplaçable par rapport à la pièce pour préalablement positionner et/ou orienter l'outil 900 en fonction du travail de la pièce à effectuer.
- [0078] Le moteur 3 gère l'avance du deuxième tronçon 4002 de l'arbre d'entraînement par un entraînement direct en translation, i.e. un déplacement axial du deuxième tronçon 4002 et donc de l'outil 900.
- [0079] Le fait d'avoir une transmission de mouvement directe entre le moteur d'avance 3 et le deuxième tronçon 4002 de l'arbre d'entraînement sans réducteur tel qu'une noix hélicoïdale, permet, d'une part, d'avoir un bon rendement, et, d'autre part, d'avoir une in-

formation de retour d'effort directe et donc non bruitée.

- [0080] Une telle conception de la machine permet ainsi de piloter la rotation de l'outil 900 à l'aide du moteur 2 rotatif indépendamment du déplacement axial de l'outil qui est pilotable à l'aide du moteur 3 d'avance.
- [0081] L'indépendance de la rotation du premier tronçon 4001 par rapport à son déplacement axial permet de réaliser des boucles de contrôle commande, comme par exemple des cycles de perçage avec coupe discontinue permettant la fragmentation du copeau qui facilite ainsi son évacuation pendant l'opération.
- [0082] Système de détermination de distance
- [0083] La machine-outil comprend un dispositif de mesure de distance 521 configuré pour, notamment au cours du travail de la pièce P1 par l'outil 900, mesurer une distance représentative de la distance entre la pièce P1 et le châssis 100 de la machine.
- [0084] Le dispositif de mesure de distance 521 est connecté à l'unité de pilotage 8 qui est configuré pour déterminer à l'aide d'un module de détermination 830 de modification de distance, une modification de distance axiale entre le châssis 100 de la machine-outil et la pièce P1 à travailler.
- [0085] Comme expliqué ci-après, lorsque le module 830 détermine que la distance D1 entre le châssis 100 de la machine-outil et la pièce P1 à travailler a été modifiée en une distance D1', par exemple lorsque la différence de distance D1-D1' est supérieure à une valeur seuil, alors le module 840 commande le déplacement axial de l'arbre d'entraînement 400 pour une modification de la position de référence axiale P4ref de l'arbre 400 pour compenser cette modification relative de distance entre la pièce P1 et le châssis 100 de la machine. La position axiale de référence de l'arbre d'entraînement est mémorisée par l'unité de pilotage 8 pour permettre d'exécuter les instructions de travail de la pièce, qui incluent des commande de déplacement axial (et de rotation) de l'arbre 400 et donc de l'outil 900, en fonction de ladite position axiale de référence de l'arbre d'entraînement.
- [0086] Unité de pilotage
- [0087] Comme rappelé ci-dessus, l'unité de pilotage 8 comprend un module de pilotage 810 de rotation permettant de piloter la vitesse de rotation du moteur 2 d'entraînement en rotation. Le module de pilotage 810 de rotation est de préférence configuré pour permettre de maintenir une vitesse de rotation constante du moteur 2 et donc de l'outil, tout en permettant de faire varier la vitesse de l'outil selon les besoins.
- [0088] L'unité de pilotage 8 comprend aussi un module de pilotage d'avance 820 permettant de piloter le moteur 3 d'avance pour piloter le déplacement axial du deuxième tronçon 4002 et donc du premier tronçon 4001 muni du porte-outil 600.
- [0089] La machine-outil comprend un capteur de la position du tronçon 4002 qui est en prise avec le moteur d'avance 3. Ledit capteur de position est connecté à l'unité de pilotage

8 pour permettre à l'unité de pilotage de connaître précisément la position du tronçon, et permettre de modifier en temps réel l'amplitude de la forme d'onde du mouvement d'avance.

- [0090] Avantageusement, le module de pilotage 820 d'avance est configuré pour permettre de commander un déplacement axial à vitesse constante du deuxième tronçon 4002.
- [0091] Préférentiellement, le module de pilotage 820 d'avance peut aussi être configuré pour commander un déplacement axial principal du deuxième tronçon 4002 avec des oscillations superposées au déplacement axial principal.
- [0092] L'unité de pilotage permet de piloter le moteur 2 d'entraînement en rotation et le moteur d'avance 3 indépendamment l'un de l'autre, tout en permettant de les piloter simultanément.
- [0093] L'unité de pilotage 8 comprend un module de commande 840 qui est configuré pour, à la suite d'une modification de distance déterminée par le module 830 entre le châssis 100 de la machine-outil M1 et la pièce P1 à travailler, commander le moteur d'avance 3 pour déplacer axialement ledit arbre d'entraînement d'une distance égale à la modification de distance déterminée. L'arbre d'entraînement présente alors une nouvelle position axiale de référence P4ref' en fonction de la laquelle les instructions de travail de la pièce P1 peuvent continuer à être exécutées, ce qui permet compenser le déplacement axial relatif de la pièce P1 par rapport au châssis de la machine M1.
- [0094] Ainsi, dans le cas où il y a un mouvement axial relatif entre le châssis 100 de la machine-outil M1 et la pièce de fabrication P1 d'une valeur donnée, la machine permet ainsi de compenser de la même valeur, et ce en temps réel, la position axiale de l'arbre 400 et donc de l'outil 900.
- [0095] On peut prévoir que la machine-outil inclut une interface permettant de sélectionner un ou des paramètres d'oscillations (fréquence et/ou amplitude) et/ou la forme du signal (sinus, triangle, trapèze...).
- [0096] On peut prévoir que ces paramètres puissent être sélectionnés en fonction de critères donnés comme la dureté du matériau et puissent être modifiées en temps réel afin de favoriser la fragmentation des copeaux. On peut aussi prévoir que les paramètres d'oscillations puissent être automatiquement définis ou modifiés par un module de l'unité de pilotage de la machine en fonction de résultats d'une phase de test de travail sur la matière à travailler.
- [0097] Selon un mode de réalisation, l'unité de pilotage 8 est configurée pour modifier en temps réel des consignes fournies à chacun des modules de pilotage 810 et 820, en fonction de données relatives au courant consommé par le moteur d'avance 3, et des données fournies par le système de détermination de la variation de distance entre la machine M1 et la pièce P1.
- [0098] Selon un mode de réalisation, la variation de distance entre la machine-outil M1 et la

pièce de fabrication P1 peut être mesurée à l'aide d'un capteur de distance 521 configuré pour mesurer la distance entre un dispositif d'appui, appelé nez presse-tôle, monté en bout de nez machine sur une partie de la machine, i.e. au niveau de l'extrémité de la machine où se situe l'outil, qui comprend une partie 520 destinée à venir en appui contre la pièce P1 à travailler et une partie 510 du châssis 100 de la machine par rapport à laquelle la partie 520 est déplaçable selon une direction parallèle à l'axe de l'arbre d'entraînement. On peut aussi prévoir que la variation de distance soit fournie par le capteur de mesure de distance 521 soit monté sur la partie 510.

- [0099] La partie 520 présente une ouverture traversante pour le passage de l'outil de travail. La partie 520 est montée déplaçable axialement par rapport au châssis par exemple par un ressort de rappel pour permettre d'être rappelé en appui contre la pièce à travailler de sorte qu'un mouvement axial relatif entre la pièce à travailler et le châssis de la machine dans le sens d'un éloignement de la pièce P1 se traduit par un écartement axial de la partie 520 du système presse-tôle par rapport à la partie 510 associée au châssis de la machine.
- [0100] En variante, le système presse-tôle peut être monté sur un support externe par rapport à la machine-outil, et fixe par rapport à ladite machine-outil. Le système presse-tôle conserve une partie fixe 510 et une partie mobile 520 elle-même en contact avec la pièce de fabrication P1 avec au moins un capteur de distance afin de mesurer un mouvement axial relatif entre les deux parties 520, 510.
- [0101] Préférentiellement, le système de travail comprend un dispositif de mesure d'orthogonalité de l'outil (ou de l'axe de l'arbre d'entraînement 400) de la machine M1 avec la pièce P1.
- [0102] A la [Fig.2], le nez presse-tôle est initialement en appui sur la pièce P1 de sorte que la distance entre la partie 520 du nez presse-tôle et la partie 510 fixée au châssis 100 est égale à $D1$.
- [0103] La [Fig.2A] illustre le cas où, au cours du travail de la pièce P1, ladite pièce P1 recule par rapport au châssis de la machine : la partie 520 mobile du nez presse-tôle qui est rappelée en appui contre la pièce, est alors écartée du châssis 100 d'une distance $D1'$. En particulier, les Figures 2, 2A, puis 2B montrent un mouvement relatif entre la machine-outil M1 et la pièce de réalisation P1 et la compensation associée au niveau de l'axe machine afin de garder l'outil 900 en temps réel dans la même position par rapport à ladite pièce P1.
- [0104] Le système de détermination de modification de distance détermine ainsi que la pièce P1 s'est déplacée axialement d'une distance $D1 - D1'$.
- [0105] Le module de compensation 840 de l'unité de pilotage 8 commande de déplacer axialement l'arbre d'entraînement, ici de l'avancer, d'une distance égale à $D1 - D1'$ pour compenser le recul de la pièce par rapport au châssis, de sorte que la position de

référence P4ref (position d'origine) de l'arbre 400, définie par exemple comme étant la position de l'extrémité libre du tronçon 4002 par rapport au châssis 100 est modifiée en une position P4ref', avec une distance entre les dites positions de référence P4ref' et P4ref égale à la distance $D1 - D1'$.

- [0106] Ainsi comme visible sur la [Fig.2B], la position de l'arbre d'entraînement 400 (axe machine) par rapport à la pièce P1 est compensée de la valeur du déplacement axial relatif entre la pièce P1 et le châssis de la machine, c'est-à-dire de la valeur $D1' - D1$, et la position de l'arbre d'entraînement par rapport au châssis a été avancée (en direction de la pièce P1) de la distance $D1 - D1'$.
- [0107] Selon un mode de réalisation, le module 830 de l'unité de pilotage 8 est configuré pour analyser en temps réel les données des deux modules de pilotage 810 et 820, afin d'en déduire la position relative de l'outil 900 avec la pièce P1, avant que l'outil ne soit à l'intérieur de cette pièce.
- [0108] On peut aussi prévoir que le module 830 de l'unité de pilotage 8 analyse en temps réel les données des deux modules de pilotage 810 et 820, afin d'en déduire la position relative de l'outil de coupe 900 par rapport à un changement de matière dans la pièce à usiner P1 et ainsi adapter en temps réel les paramètres de coupe au matériau à usiner en fonction de la stratégie adoptée.
- [0109] On peut aussi prévoir que le module 830 de l'unité de pilotage 8 analyse en temps réel les données des deux modules de pilotage 810 et 820, pour déterminer le taux d'usure de l'outil 900.
- [0110] Procédé
- [0111] Le système présenté ci-dessus permet de mettre en œuvre un procédé de travail d'une pièce à l'aide d'une machine-outil M1 dont le porte-outil 600 est muni d'un outil 900 comme décrit ci-dessus. Un exemple de procédé est présenté ci-dessous en lien avec la [Fig.5].
- [0112] Le procédé comprend les étapes suivantes. A l'étape 1010, la machine-outil M1 est positionnée par rapport à la pièce P1 pour pouvoir procéder au travail de la pièce P1 à l'aide de l'outil 900 (par rotation et/ou déplacement axial de l'outil 900 par rapport à la pièce P1).
- [0113] La distance entre la pièce P1 et le châssis 100 de la machine-outil M1 est égale à une valeur $D1$, appelée valeur initiale. L'arbre d'entraînement 400 présente une position axiale de référence P4ref par rapport au châssis 100 de la machine-outil. La position axiale de référence est représentée à la [Fig.2] comme la position de l'extrémité de l'arbre d'entraînement 400 opposée à l'outil, mais ladite position axiale de référence peut être associée à une autre partie de l'arbre d'entraînement 400.
- [0114] Ladite position axiale de référence P4ref est mémorisée par l'unité de pilotage 8.
- [0115] A l'étape 1020, des opérations de travail de la pièce P1 sont exécutées 1020 en

commandant le moteur 2 d'entraînement en rotation pour entraîner l'outil 900 en rotation, et/ou en commandant le moteur 3 d'avance pour déplacer axialement l'outil 900 par rapport à la pièce P1.

- [0116] Pour le travail de la pièce à effectuer, le déplacement axial de l'outil 900 est piloté en fonction de ladite position axiale de référence P4ref de l'arbre d'entraînement.
- [0117] A l'étape 1030, au cours du travail de la pièce P1, l'unité de pilotage détermine si la distance entre la pièce P1 et le châssis de la machine a changé.
- [0118] Dans la négative, les opérations de travail de la pièce P1 continues d'être exécutées (étape 1020) sans intervention supplémentaire sur l'arbre d'entraînement.
- [0119] Dans l'affirmative, i.e. en cas de détermination 1030 d'un changement de distance D1' entre la pièce P1 et le châssis 100 de la machine, la distance D1 entre la pièce P1 et le châssis 100 de la machine-outil M1 est égale à une nouvelle valeur D1'.
- [0120] Le module 840 de l'unité de pilotage commande alors à l'étape 1040, pour compenser le déplacement de la pièce P1, le déplacement axial de l'arbre d'entraînement 400 du porte-outil 600 d'une distance, dite distance de compensation, correspondant à la différence entre la nouvelle valeur D1' et la valeur initiale D1. La position axiale de référence de l'arbre d'entraînement 400 est alors modifiée en une nouvelle position axiale de référence P4ref' qui est enregistrée par l'unité de pilotage 8. Cette nouvelle position axiale de référence P4ref' correspond à la position axiale de référence P4ref précédente additionnée de ladite distance de compensation.
- [0121] A l'étape 1050, les opérations de travail de la pièce P1 continues d'être exécutées en fonction de la nouvelle position de référence de l'arbre P4ref'.
- [0122] La possibilité de commander le déplacement axial de l'arbre d'entraînement en cours de fonctionnement de la machine-outil, permet de corriger la position de l'outil et de maintenir ainsi la position relative de l'outil par rapport à la pièce à travailler, même en cas mouvement axial relatif entre la pièce à travailler et la machine-outil.
- [0123] L'unité de pilotage 8 se présente par exemple sous la forme d'un processeur et d'une mémoire de données dans laquelle sont stockées des instructions informatiques exécutables par ledit processeur, ou encore sous la forme d'un microcontrôleur.
- [0124] Autrement dit, les fonctions et étapes décrites peuvent être mise en œuvre sous forme de programme informatique ou via des composants matériels (p. ex. des réseaux de portes programmables). En particulier, les fonctions et étapes opérées par l'unité de pilotage, notamment pour la commande des moteurs, peuvent être réalisées par des jeux d'instructions ou modules informatiques implémentés dans un processeur ou contrôleur ou être réalisées par des composants électroniques dédiés ou des composants de type circuit logique programmable (ou FPGA qui est l'acronyme de l'anglais field-programmable gate array, ce qui correspond littéralement à réseau de portes programmable in-situ) ou de type circuit intégré propre à une application (ou

ASIC qui est l'acronyme de l'anglais application-specific integrated circuit, ce qui correspond littéralement à circuit intégré spécifique à une application). Il est aussi possible de combiner des parties informatiques et des parties électroniques.

[0125] L'unité de pilotage est ainsi une unité électronique et/ou informatique. Lorsqu'il est précisé que ladite unité est configurée pour réaliser une opération donnée, cela signifie que l'unité comprend des instructions informatiques et les moyens d'exécution correspondants qui permettent de réaliser ladite opération et/ou que l'unité comprend des composants électroniques correspondants.

[0126] La machine-outil permet ainsi de déterminer un éventuel mouvement axial relatif entre le châssis 100 de la machine-outil M1 et la pièce de fabrication P1, et de corriger, en temps réel, ce mouvement axial relatif au cours de l'opération de travail de la pièce.

[0127] Le fait d'avoir un découplage des deux moteurs, avec en particulier une rotation du premier tronçon commandée par le moteur 2 rotatif, qui est indépendante du déplacement axial du deuxième tronçon commandable par le deuxième moteur 3, permet de ne pas générer de défaut géométrique au bout de l'outil 900 lors de la rotation de celui-ci.

[0128] En effet, le découplage entre les moteurs permet de maintenir l'orientation de l'interface entre le porte-outil 600 et le tronçon de l'arbre 4000 muni du porte-outil, l'interface étant dans un plan de référence qui est perpendiculaire à l'axe machine afin de ne pas générer de défaut géométrique en bout d'outil 900 lors de la rotation de celui-ci.

[0129] Cette correction permet de réaliser un travail précis de la pièce, notamment pour les opérations de fraisage, du fait que la fraisure doit généralement être positionnée de façon très précise par rapport à la surface de la pièce P1.

[0130] Avantagusement, le système peut comprendre un dispositif optique permettant de mesurer la qualité du travail réalisé sur la pièce P1.

[0131] Applications

[0132] La machine-outil peut être une machine adaptée pour réaliser différentes opérations telles que des opérations de fraisage, détourage, perçage, filetage et serrage d'écrous. L'outil équipant la machine est alors adapté pour réaliser ladite opération.

[0133] Comme rappelé précédemment, la machine-outil peut être embarquée sur une machine à commande numérique ou sur un robot, ou sur un système d'outillage.

[0134] Selon un mode de réalisation, la machine-outil comprend un système de mesure du courant consommé par le moteur d'avance, et l'unité de pilotage est configurée pour adapter le processus de travail, comme le choix d'un changement automatique de paramètres de coupe lors du perçage d'un ensemble multi-matériaux en tenant compte du type de matériau en cours de perçage et du deuxième matériau à percer.

[0135] Selon un mode de réalisation, la machine-outil comprend une interface de couplage

du nez presse-tôle configuré pour pouvoir effectuer un changement du nez serre-tôle, de préférence automatiquement, en fonction de la pièce à travailler. Cette interface comprend un centrage et un appui plan afin d'assurer la répétabilité du positionnement. Préférentiellement, cette interface inclut aussi des connections pneumatiques et électriques utilisables entre autres pour des fonctions presse-tôle, mesures de distance et d'orthogonalité de la machine M1 par rapport à la pièce P1 à travailler.

- [0136] Le nez peut être un nez presse-tôle (ou serre-tôle) tel que présenté en [Fig.2], un nez version collet concentrique ou bien un nez version quart de tour.
- [0137] Le nez presse-tôle peut être utilisé dans des applications automatisées et mettant en œuvre des moyens de positionnement de la machine-outil tel que robot ou bien machine à commande numérique. La machine-outil M1 peut aussi être utilisée en version portative. Bien évidemment, la machine peut être utilisée sans nez pour des applications particulières.
- [0138] Selon un aspect particulier, dans le cas d'utilisation d'un nez, il est prévu un guidage intérieur du porte-outil à l'intérieur du nez en particulier afin de limiter les modes de vibrations possibles.
- [0139] Selon un mode de réalisation, le nez peut ainsi comporter un élément intérieur de guidage du porte-outil ainsi qu'un élément 530 de blocage, appelé bloqueur, pour bloquer rotation dudit porte-outil permettant de visser ou dévisser le porte-outil sur le premier tronçon 4001 de l'arbre.
- [0140] Le porte-outil est fixé sur le premier tronçon de l'arbre d'entraînement par vissage dudit porte-outil sur le premier tronçon de l'arbre d'entraînement. Le bloqueur peut être utilisé pour le montage ou démontage du porte-outil par rapport à l'arbre d'entraînement en venant bloquer le porte-outil sur ce bloqueur par coopération de forme mâle femelle pour procéder au vissage ou au dévissage dudit porte-outil par rapport à l'arbre d'entraînement.
- [0141] Selon un mode de réalisation, la machine comporte des connections électriques 710 et pneumatiques 720 permettant de connecter et déconnecter en automatique le nez machine avec la machine.
- [0142] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation illustrés dans les dessins. En conséquence, il doit être entendu que, lorsque les caractéristiques mentionnées dans les revendications annexées sont suivies par des signes de référence, ces signes sont inclus uniquement dans le but d'améliorer l'intelligibilité des revendications et ne sont nullement limitatifs de la portée des revendications.
- [0143] De plus, le terme « comprenant » n'exclut pas d'autres éléments ou étapes. En outre, des caractéristiques ou étapes qui ont été décrites en référence à l'un des modes de réalisation exposés ci-dessus peuvent également être utilisées en combinaison avec d'autres caractéristiques ou étapes d'autres modes de réalisation exposés ci-dessus.

Revendications

[Revendication 1]

Système pour le travail d'une pièce (P1), le système comprenant une machine-outil (M1) qui comprend :

- un châssis (100) ;
 - un arbre d'entraînement (400) présentant un axe longitudinal (A400), ledit arbre d'entraînement (400) étant muni d'un porte-outil (600) auquel est apte à être couplé un outil (900), tel qu'une broche de perçage ;
 - un premier moteur (2), appelé moteur d'entraînement en rotation, qui est un moteur rotatif configuré pour entraîner en rotation au moins une partie dudit arbre d'entraînement (400) munie du porte-outil (600) ;
 - un deuxième moteur (3), appelé moteur d'avance, ledit moteur d'avance étant configuré pour déplacer axialement ledit arbre d'entraînement (400) par rapport au châssis (100) de la machine-outil (M1), et étant de préférence un moteur linéaire ;
- caractérisé en ce que le système comprend aussi un dispositif de mesure de distance (521) configuré pour mesurer une distance représentative de la distance entre la pièce (P1) et le châssis (100) de la machine-outil (M1) ;
- une unité de pilotage (8) configurée pour :
 - exécuter des opérations de travail de la pièce (P1) en commandant le moteur (2) d'entraînement en rotation pour entraîner le porte-outil (600) en rotation, et/ou en commandant le moteur (3) d'avance pour déplacer axialement le porte-outil (600) ;
 - déterminer à l'aide du dispositif de mesure de distance (521) une modification de distance axiale (D1'-D1) entre le châssis (100) de la machine-outil et la pièce (P1) à travailler résultant d'un déplacement axial relatif entre la pièce (P1) et le châssis (100) de la machine (M1) ;
 - en fonction de la modification de distance déterminée entre la machine-outil (M1) et la pièce (P1) de travail, commander le deuxième moteur (3) de manière à déplacer axialement ledit arbre d'entraînement (400) par rapport au châssis (100) de la machine-outil (M1) pour compenser ledit déplacement axial relatif entre la pièce (P1) et le châssis (100) de la machine (M1) ;
- et en ce que le moteur (2) d'entraînement en rotation et le moteur (3) d'avance sont configurés de sorte que le déplacement axial de ladite au moins une partie de l'arbre d'entraînement (400) qui est munie du porte-

outil (600) est commandable indépendamment de la rotation de ladite au moins une partie de l'arbre d'entraînement (400) qui est munie du porte-outil.

- [Revendication 2] Système selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de mesure de distance (521) est porté par une partie (520) mobile d'un dispositif d'appui, appelé nez presse-tôle (520), ladite partie mobile (520) du nez presse-tôle étant montée mobile par rapport à une partie (510) qui est fixe par rapport au châssis (100), la partie mobile (520) étant configurée pour être rappelée en appui contre la pièce (P1), le dispositif de mesure de distance (521) étant agencé pour mesurer la distance la partie mobile (520) et la partie fixe (510) du nez presse-tôle.
- [Revendication 3] Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'arbre d'entraînement (400) comprend un premier tronçon (4001) et un deuxième tronçon (4002) reliés entre eux par un dispositif de liaison (4003), l'un des tronçons étant en prise avec le moteur d'avance (3), l'autre tronçon étant en prise avec le moteur (2) d'entraînement en rotation.
- [Revendication 4] Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'arbre d'entraînement (400) comprend un premier tronçon (4001) et un deuxième tronçon (4002) reliés entre eux par un dispositif de liaison (4003) configuré pour rendre le premier tronçon (4001) et le deuxième tronçon (4002) solidaires en déplacement axial l'un de l'autre, tout en conservant une liberté de rotation du premier tronçon (4001) par rapport au deuxième tronçon (4002).
- [Revendication 5] Système selon la revendication 4, dans lequel le premier tronçon (4001) auquel est fixé le porte-outil (600) est entraînable en rotation par le moteur (2) d'entraînement en rotation, et le deuxième tronçon (4002) est entraînable en déplacement axial par le moteur (3) d'avance.
- [Revendication 6] Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le moteur d'avance (3) est un moteur linéaire présentant une partie primaire (300) montée fixe par rapport au châssis (100) de la machine-outil (1), et une partie secondaire (310), montée mobile selon une direction parallèle à l'axe de l'arbre d'entraînement (400), qui est fixée à un tronçon (4002) de l'arbre d'entraînement (400), ou formée d'une seule pièce avec ledit tronçon (4002) de l'arbre d'entraînement (400).
- [Revendication 7] Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le système comprend un système support (R1), tel qu'un robot

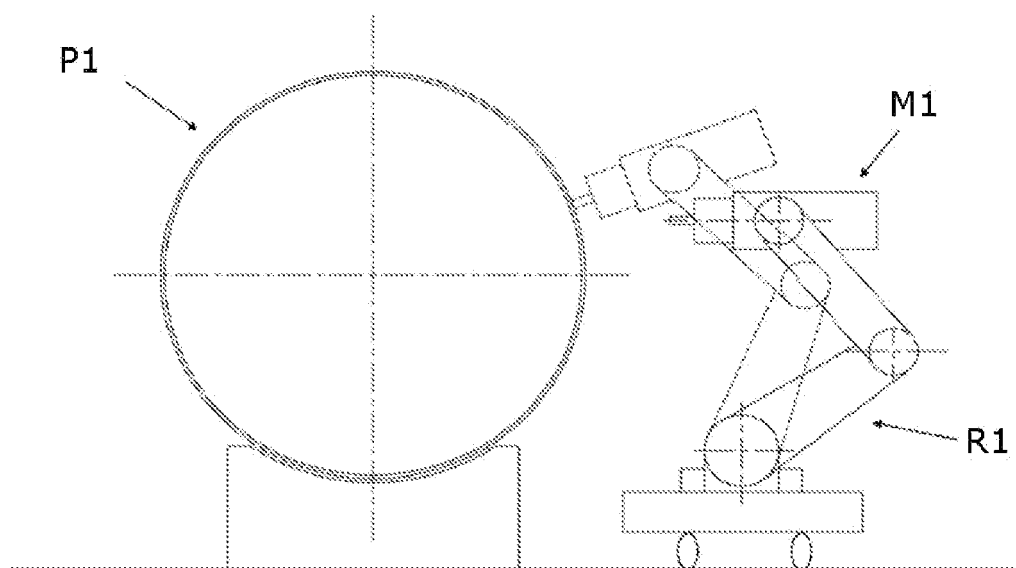
poly-articulé, qui porte la machine-outil (M1) pour permettre de positionner la machine-outil (1) à la position et dans l'orientation souhaitées par rapport à la pièce à travailler.

[Revendication 8] Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'unité de pilotage (8) est configurée pour permettre de déplacer l'arbre d'entraînement (400) afin de déplacer l'outil (900) axialement selon un mouvement à vitesse variable pour fragmenter le copeau résultant du travail de l'outil (900) sur la pièce (P1) à travailler.

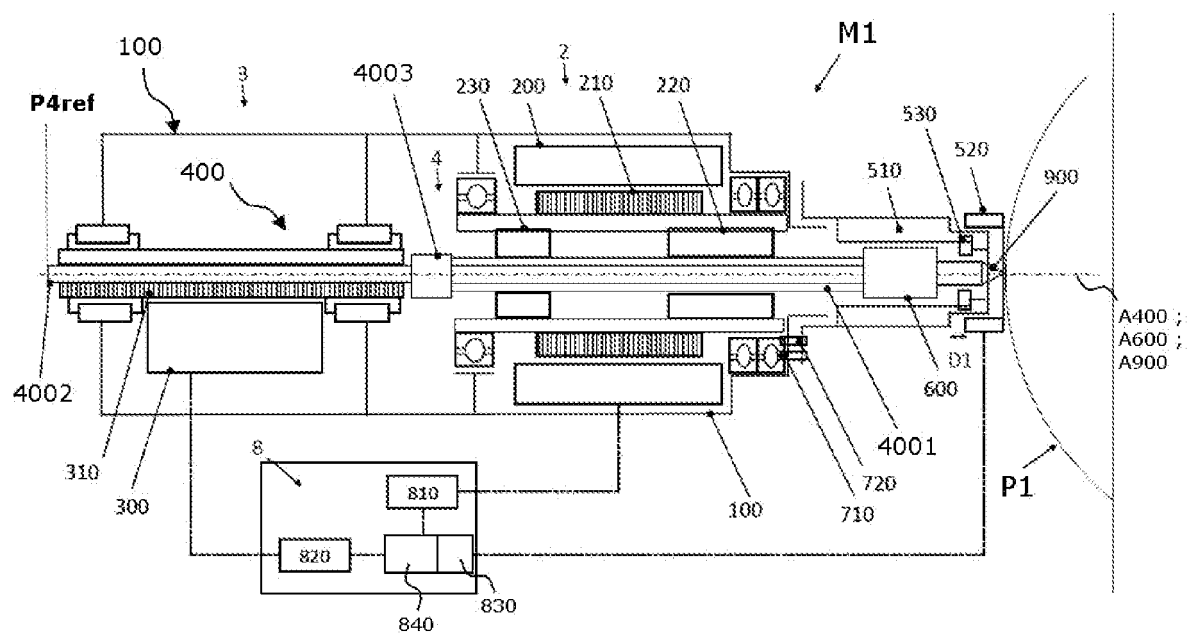
[Revendication 9] Procédé de travail d'une pièce à l'aide d'un système de travail selon l'une quelconque des revendications précédentes, la machine-outil (M1) dudit système de travail comprenant un porte-outil (600) équipé d'un outil (900) de travail, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- positionnement (1010) de la machine-outil (M1) par rapport à la pièce (P1) en vue du travail de la pièce (P1) à l'aide dudit outil (900) ; la distance (D1) entre la pièce (P1) et le châssis (100) de la machine-outil (M1) étant égale à une valeur (D1), appelée valeur initiale, l'arbre d'entraînement (400) présentant une position axiale de référence (P4ref) par rapport au châssis (100) de la machine-outil ;
- exécuter (1020) des opérations de travail de la pièce (P1) en commandant le moteur (2) d'entraînement en rotation pour entraîner l'outil (900) en rotation, et/ou en commandant le moteur (3) d'avance pour déplacer axialement l'outil (900) ; le déplacement axial de l'outil (900) étant piloté en fonction de ladite position axiale de référence (P4ref) de l'arbre d'entraînement ;
- au cours du travail de la pièce (P1), détermination (1030) d'un changement de distance (D1') entre la pièce (P1) et le châssis (100) de la machine, de sorte que la distance (D1) entre la pièce (P1) et le châssis (100) de la machine-outil (M1) est égale à une nouvelle valeur (D1') ;
- compensation (1040) du déplacement de la pièce (P1) par déplacement axial de l'arbre d'entraînement (400) du porte-outil (600) d'une distance, dite distance de compensation, correspondant à la différence entre la nouvelle valeur (D1') et la valeur initiale (D1) de manière à définir une nouvelle position axiale de référence (P4ref') de l'arbre d'entraînement (400),
- poursuite (1050) des opérations de travail de la pièce (P1) en fonction de la nouvelle position de référence de l'arbre (P4ref').

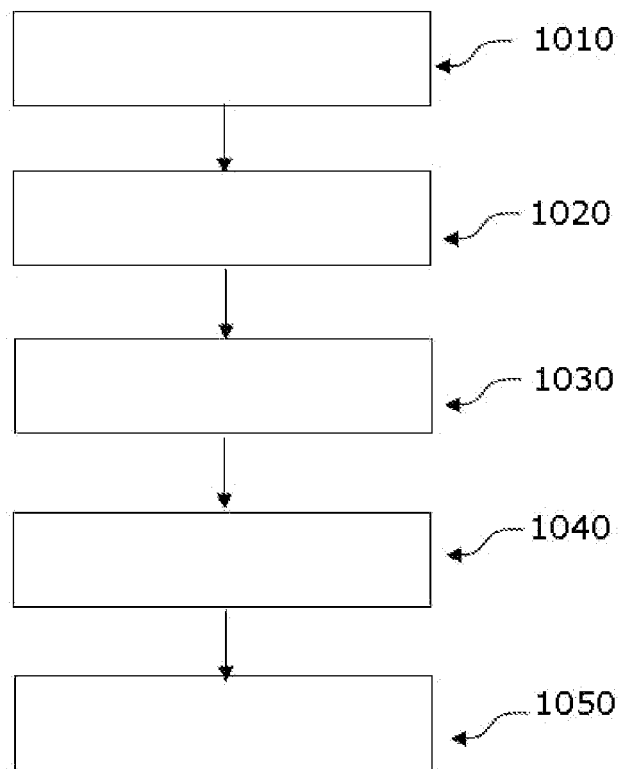
[Fig. 1]

**FIG.1**

[Fig. 2]

**FIG.2**

[Fig. 5]

**FIG.5**

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

GB 2 593 501 A (TRUE POSITION ROBOTICS LTD
[GB]) 29 septembre 2021 (2021-09-29)

US 2012/020756 A1 (ZAGAR BRIAN [US])
26 janvier 2012 (2012-01-26)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT