



(11)

EP 3 875 233 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
08.09.2021 Bulletin 2021/36

(51) Int Cl.:
B26D 5/14 (2006.01) B26D 1/30 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **21155145.2**

(22) Date de dépôt: **04.02.2021**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

• **Vulcain, M. François**
73100 Aix-Les-Bains (FR)

(72) Inventeurs:
• **VULCAIN, François**
73100 Aix-Les-Bains (FR)
• **GAUTIER, Thierry**
73000 Chambéry (FR)

(30) Priorité: **02.03.2020 FR 2002079**

(74) Mandataire: **Cabinet Camus Lebkiri**
25 rue de Maubeuge
75009 Paris (FR)

(71) Demandeurs:
• **SODEVA TDS**
73420 Méry (FR)

(54) **SYSTEME DE DECOUPE ULTRASONORE**

(57) Un aspect de l'invention concerne un système de découpe ultrasonore (101) comportant un outil de coupe inerte (200) et un dispositif de mise en vibration par ultrasons (300), le dispositif de mise en vibration par ultrasons (300) comportant :
- un émetteur ultrasonore (310), configuré pour émettre une onde ultrasonore ; et
- un ensemble résonant (320), couplé à l'émetteur ultrasonore (310) et accordé à l'onde ultrasonore, configuré

pour transmettre une vibration selon une direction de propagation (X) ;
l'outil de coupe inerte (200) étant couplé à l'ensemble résonant (320) de manière à vibrer selon un mode de flexion, le système de découpe ultrasonore (101) étant caractérisé en ce qu'il comporte un moyen de mise en rotation (400) configuré pour permettre un mouvement de rotation de l'outil de coupe inerte (200).

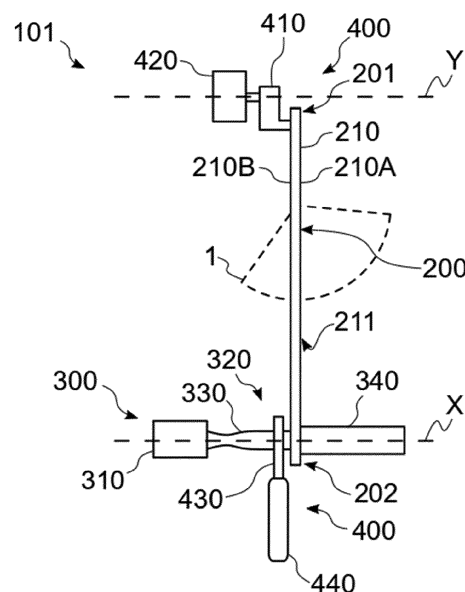


Fig. 1

Description

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

[0001] Le domaine technique de l'invention est celui de la découpe par ultrason, et en particulier de produits agroalimentaires.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement un dispositif de découpe par ultrason de produits industriels, notamment de produits agroalimentaires, au moyen d'une lame non résonante.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

[0003] A l'heure où les produits alimentaires sont de plus en plus souvent présentés prétranchés afin d'en faciliter l'utilisation ou la consommation, la maîtrise des opérations de tranchage et de découpage reste une problématique délicate pour de nombreux produits : produits mous, moelleux, collants, friables, durs, hétérogènes, de petites dimensions ou encore de grandes dimensions.

[0004] Afin de pouvoir répondre à ces différentes problématiques, de nouveaux outils et procédés de découpe sont continuellement mis au point. Ainsi, il a été développé des nouvelles techniques permettant d'améliorer les découpes de certains produits comme par exemple la découpe par vibrations ultrasonores mettant en vibration une lame par résonance.

[0005] La découpe par ultrasons est un procédé utilisant un dispositif de mise en vibration par ultrasons mettant en mouvement à haute fréquence une lame rigide présentant au moins une arête tranchante. Ainsi, les vibrations ultrasoniques de la lame rigide, bien que d'amplitude modérée, ont de telles caractéristiques (vitesse, accélération, fréquence de vibration) que l'objet tend à ne pas adhérer à la lame et permettent d'augmenter le pouvoir de coupe de la lame. Par conséquent, ce procédé de découpe est particulièrement adapté pour la découpe de produits fragiles ne tolérant pas de grandes déformations sous l'effet d'une lame, les produits riches en matière grasse ou en sucre et donc collants, pour la découpe en parts de produits ronds, pour la découpe de produits de différentes hauteurs (typiquement variant entre 10 et 120 mm), pour la découpe de produits de grandes épaisseurs (typiquement de 60 à 200 mm), et encore pour la découpe de tranches fines (de l'ordre de 2 mm). Ainsi, la découpe par ultrasons permet de répondre à de nombreux objectifs et contraintes de découpe.

[0006] Toutefois, l'utilisation d'un tel procédé de découpe par ultrasons au moyen d'une lame rigide résonante présente quelques inconvénients.

[0007] Selon les objets à découper, il peut être utile d'affûter régulièrement la lame de manière à garder un outil de coupe optimal. Or, l'opération d'affûtage a pour conséquence d'impacter les caractéristiques vibratoires de la lame et par conséquent de modifier la fréquence de résonance de la lame, ce qui engendre un déséqui-

bre de l'ensemble électroacoustique. De plus, cette opération d'affûtage n'est pas toujours réalisable, notamment lorsque l'endommagement de la lame est trop important.

[0008] Bien qu'il soit possible de modifier intégralement la forme de la lame, par exemple par usinage, de manière à réajuster sa fréquence de résonance, cette opération est complexe, longue, coûteuse et pénalisante car elle doit intervenir dès qu'un affûtage de la lame est réalisé et peut conduire à une casse de l'émetteur, du générateur à ultrasons ou encore de la lame si ce réajustement de la fréquence de résonance de la lame n'est pas correct.

[0009] De plus, il est souvent difficile de réparer une lame cassée ou fissurée par rechargement de matière.

[0010] En outre, la machine de coupe comportant un tel dispositif à ultrasons est dimensionnée pour fonctionner à une plage de fréquence donnée, ce qui impose des contraintes dimensionnelles particulières de la lame.

[0011] Enfin, ces machines de coupe utilisant des dispositifs par ultrasons représentent un investissement important et présentent l'inconvénient d'être peu versatiles car elles sont généralement dimensionnées et utilisées pour des applications spécifiques. Par conséquent, il peut arriver que ces machines de découpe par ultrasons ne soient pas adaptées à la découpe de produits de grandes dimensions. En effet, la largeur maximale d'une lame résonante est fonction de la fréquence de résonance. Plus la fréquence augmente, plus la largeur de la lame décroît. Ainsi, à une fréquence ultrasonore de 20 kHz, la longueur maximale d'une lame résonante se situe autour de 400 mm pour une lame en alliage de titane. Par conséquent, la découpe de produits de grandes dimensions nécessite la juxtaposition de plusieurs lames jumelles ce qui complexifie l'implantation et rend inadaptée la découpe de produits de grandes dimensions car trop coûteuse à mettre en place.

[0012] Pour remédier à ces problèmes, il a notamment été proposé un dispositif de découpe par ultrasons utilisant un dispositif de mise en vibration d'un outil de coupe inerte, i.e. non résonant, au moyen d'ultrasons à l'aide d'une tête ultrasonique accordée. Ce dispositif particulier est décrit particulièrement dans la demande de brevet FR1463279.

[0013] Toutefois, il a été constaté que pour certaines applications, notamment pour la découpe de produits alimentaires larges, délicats, collants ou adhérents, cette solution, avec un outil de coupe non résonant, posait quelques difficultés et notamment une tendance à l'adhérence sur l'outil de coupe des produits, pouvant engendrer une perte de matière et une dégradation de la qualité de coupe.

[0014] En effet, plus un outil de coupe est large, plus l'atténuation de la vibration est importante ce qui engendre une impossibilité de découpe des produits larges. À cela s'ajoutent des problématiques liées à la rigidité mécanique de l'outil de coupe, ou encore à l'ergonomie de tels dispositifs.

RESUME DE L'INVENTION

[0015] Dans ce contexte, l'invention vise à proposer un système de découpe de produits industriels à partir d'un outil de coupe non résonant, pour la découpe de produits agro-alimentaires, qui est particulièrement versatile, facilement adaptable en fonction des applications et des dimensions des produits à découper, présentant des qualités de découpe améliorées par rapport aux dispositifs de découpe à ultrasons comportant des outils de coupe non résonant de l'état de la technique.

[0016] L'invention vise également à proposer un système de découpe de produits industriels à partir d'un outil de coupe non résonant présentant les avantages d'efficacité d'un dispositif de découpe à ultrasons utilisant un outil de coupe résonant connu de l'état de la technique, tout en présentant un avantage économique et une facilité de mise en œuvre par rapport aux dispositifs de découpe par ultrasons avec outil de coupe résonant connus de l'état de la technique.

[0017] Un aspect de l'invention concerne un système de découpe ultrasonore comportant un outil de coupe inerte et un dispositif de mise en vibration par ultrasons, le dispositif de mise en vibration par ultrasons comportant :

- un émetteur ultrasonore, configuré pour émettre une onde ultrasonore ; et
- un ensemble résonant, couplé à l'émetteur ultrasonore et accordé à l'onde ultrasonore, configuré pour transmettre une vibration selon une direction de propagation ;

l'outil de coupe inerte étant couplé à l'ensemble résonant de manière à vibrer selon un mode de flexion, le système de découpe ultrasonore étant caractérisé en ce qu'il comporte un moyen de mise en rotation configuré pour permettre un mouvement de rotation de l'outil de coupe inerte.

[0018] L'émetteur ultrasonore pourra également être appelé "émetteur ultrason", terme couramment utilisé dans le domaine.

[0019] L'ensemble résonant est dit accordé à l'onde ultrasonore si au moins une dimension de chaque élément formant l'ensemble, en générale la longueur, est égale à un multiple de la demi-longueur d'onde de l'onde ultrasonore. On dit également dans ce cas que l'élément est résonant avec l'onde ultrasonore.

[0020] L'outil de coupe est dit inerte car non accordé, ou non résonant, à l'onde ultrasonore.

[0021] L'outil de coupe inerte, couplé à l'ensemble résonant, est mis en vibration par l'ensemble résonant, dans une vibration selon un mode de flexion. Le dispositif de mise en vibration par ultrason permet de mettre l'outil de coupe inerte en vibration quelle que soit la configuration géométrique de l'outil de coupe inerte.

[0022] L'outil de coupe inerte, vibrant à une fréquence

ultrasonore selon un mode de flexion, permet de diminuer l'adhérence du produit pendant la phase de découpe et aussi améliorer la qualité de coupe par effet anti-adhérent.

[0023] La vibration en flexion permet également de faciliter la séparation du produit sous le fil de l'outil de coupe.

[0024] En complément, le système de découpe ultrasonore selon l'invention comporte un moyen de mise en rotation de l'outil de coupe inerte permettant de générer une contrainte supplémentaire de cisaillement sur le produit par rotation dudit outil de coupe inerte.

[0025] Ainsi, le système de découpe selon l'invention permet d'améliorer le pouvoir de coupe d'un outil de coupe inerte en proposant une rotation de l'outil de coupe inerte, simultanément avec la vibration ultrasonore, générant un effet antiadhérent.

[0026] Le système de découpe selon l'invention utilisant un outil de coupe inerte permet avantageusement de pouvoir modifier les dimensions de l'outil de coupe inerte de manière à les ajuster aux formats variés des produits à découper. L'outil de coupe inerte peut également être affûté sans qu'il n'y ait d'impact majeur sur les propriétés vibratoires de l'outil.

[0027] L'outil de coupe, non-résonant, peut être interchangé selon les besoins et les formats et la nature des produits à découper en conservant le reste du système de découpe ultrasonore. Ainsi, il n'est pas nécessaire de prévoir un système de découpe ultrasonore par type d'outil de coupe inerte, ce qui peut représenter un intérêt et un avantage économique.

[0028] Le système de découpe selon l'invention combine avantageusement une mise en vibration ultrasonore de l'outil de coupe inerte ainsi qu'une mise en rotation de l'outil de coupe inerte de manière à générer mécaniquement un effort de cisaillement supplémentaire sur les produits à découper de manière à augmenter le pouvoir de coupe de l'outil de coupe inerte.

[0029] Le pouvoir de coupe relie la capacité à découper un produit en fonction de la force exercée sur l'outil de coupe inerte. L'augmentation du pouvoir de coupe signifie qu'une force moindre suffit pour réaliser la découpe du produit.

[0030] Outre les caractéristiques qui viennent d'être évoquées dans les paragraphes précédents, le système de découpe ultrasonore selon un aspect de l'invention peut présenter une ou plusieurs caractéristiques complémentaires parmi les suivantes, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

[0031] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, l'ensemble résonant comporte un premier élément résonant configuré pour vibrer selon un premier mode de traction/compression et un deuxième élément résonant configuré pour vibrer selon un deuxième mode de traction/compression, l'outil de coupe inerte étant positionné entre le premier élément résonant et le deuxième élément résonant.

[0032] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le premier élément résonant est un amplificateur ultrasonore.

[0033] L'amplificateur ultrasonore peut également être appelé "booster" en anglais.

[0034] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, l'amplificateur ultrasonore a un rapport d'amplification supérieur ou égal à 1.

[0035] L'amplificateur ultrasonore, résonant avec l'onde ultrasonore, transmet et amplifie l'amplitude de l'onde ultrasonore et donc de la vibration selon la direction de propagation. Ainsi, l'amplitude de vibration en flexion de l'outil de coupe inerte est augmentée.

[0036] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, l'amplificateur ultrasonore a un rapport d'amplification inférieur à 1.

[0037] L'amplitude de vibration de l'outil de coupe inerte est ainsi réduite, permettant de réduire l'énergie ultrasonore transmise au produit à découper, notamment dans le cas où le produit est fragile.

[0038] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le deuxième élément résonant est une masse résonante.

[0039] La masse résonante constitue un moyen de liaison de l'ensemble résonant avec l'outil de coupe inerte. La masse résonante permet également d'optimiser le recentrage de la bande passante de l'ensemble résonant autour de la fréquence de l'onde ultrasonore. Ainsi, l'efficacité de mise en vibration de l'outil de coupe inerte est améliorée.

[0040] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, l'émetteur ultrasonore est un transducteur piézoélectrique générant l'onde ultrasonore dont la fréquence est comprise entre 20 kHz et 100 kHz, préférentiellement entre 20 kHz et 40 kHz.

[0041] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le système de découpe ultrasonore comprend un support de découpe, le moyen de mise en rotation étant fixé au support de découpe.

[0042] Le support de découpe offre une réaction à la contrainte de cisaillement appliquée par l'outil de coupe inerte lors de la phase de découpe.

[0043] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le support de découpe comporte un revêtement protecteur sur une partie supérieure, résistant à la découpe et à la chaleur dégagée par la vibration en flexion de l'outil de coupe inerte.

[0044] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le revêtement protecteur du support de découpe est en silicone ou en polyuréthane à haute tenue mécanique.

[0045] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le moyen de mise en rotation est positionné à proximité d'une première extrémité de l'outil de coupe inerte de manière à permettre un mouvement de pivot selon un axe de rotation.

[0046] Le mouvement de pivot permet de bénéficier d'un effet de levier. Plus le produit est positionné proche

de l'axe de rotation et plus l'effet de levier est important. Le levier permet d'atteindre une contrainte de cisaillement augmentée qui ne serait pas atteignable à la seule force de l'opérateur si l'outil de coupe inerte décrivait une translation verticale. Ainsi l'opérateur pourra découper des produits durs, c'est à dire des produits dont le module de cisaillement est élevé.

[0047] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le dispositif ultrasonore est localisé sur l'outil de coupe inerte à proximité de l'axe de rotation.

[0048] Grâce à la faible distance entre le dispositif de mise en vibration et l'axe de rotation et l'effet de levier, le poids apparent de l'outil de coupe inerte est diminué, facilitant la manipulation de l'outil de coupe inerte par l'opérateur.

[0049] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le dispositif ultrasonore est localisé sur l'outil de coupe inerte à distance de l'axe de rotation.

[0050] Le poids du dispositif de mise en vibration intervient dans l'effet de levier et permet d'obtenir une contrainte de cisaillement plus élevée pour l'outil de coupe inerte.

[0051] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, l'axe de rotation est sensiblement parallèle à la direction de propagation de l'onde ultrasonore.

[0052] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le moyen de mise en rotation comprend une pièce de support configurée pour réaliser une liaison pivot avec un arbre de rotation, le moyen de mise en rotation comprenant une pièce d'interface couplée à l'arbre de rotation et fixée sur l'outil de coupe inerte, la pièce d'interface étant configurée pour réfléchir la vibration en flexion de l'outil de coupe inerte.

[0053] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, la pièce d'interface est en acier inoxydable.

[0054] La pièce inerte, réfléchissant la vibration de l'outil de coupe inerte, réduit la dissipation d'énergie ultrasonore dans le moyen de mise en rotation, la plus grande partie de l'énergie ultrasonore étant ainsi employée pour la mise en vibration de l'outil de découpe inerte.

[0055] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le moyen de mise en rotation comporte un moyen de préhension, positionné à proximité d'une deuxième extrémité de l'outil de coupe inerte.

[0056] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le moyen de mise en rotation comporte un dispositif mécanique, tel qu'un vérin ou un moteur, configuré pour appliquer un couple mécanique à l'outil de coupe inerte.

[0057] Le couple appliqué par le dispositif mécanique permet d'assister l'opérateur dans la manipulation de l'outil de coupe inerte et ainsi d'atteindre des contraintes de cisaillement plus élevées. Le dispositif mécanique peut également permettre de diminuer le poids de l'outil de coupe inerte afin de soulager l'opérateur relevant

l'outil de coupe inerte à la fin d'une phase de découpe ou pour positionner le produit.

[0058] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, l'ensemble résonant et le moyen de mise en rotation sont amovibles.

[0059] L'outil de coupe inerte est ainsi démontable pour procéder à son affûtage ou son remplacement. L'outil de coupe inerte peut également être interchangé, afin de s'adapter au type de produit à découper.

[0060] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, l'outil de coupe inerte comporte une lame métallique dont une épaisseur est inférieure ou égale à 10 mm.

[0061] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, la lame est en alliage de titane.

[0062] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, l'outil de coupe inerte comporte une première arête tranchante.

[0063] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, la première arête tranchante a un premier angle de coupe, inférieur ou égale à 10° et une première épaisseur de fil d'affûtage inférieure ou égale à 0,1 mm.

[0064] La première arête tranchante exerce la contrainte de cisaillement sur le produit de manière à réaliser la découpe du produit.

[0065] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, l'outil de coupe inerte comporte une deuxième arête tranchante, opposée à la première arête tranchante.

[0066] La première et la deuxième arêtes tranchantes, opposées, permettent de réaliser une découpe du produit selon un mouvement circulaire de va-et-vient, en coupant le produit par-dessus et/ou par-dessous.

[0067] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, la deuxième arête tranchante a un deuxième angle de coupe, inférieur ou égale à 10° et une deuxième épaisseur de fil d'affûtage inférieure ou égale à 0,1 mm.

[0068] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore, le système de découpe ultrasonore comporte un moyen de mise en tension de l'outil de coupe inerte.

[0069] L'invention et ses différentes applications seront mieux comprises à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0070] Les figures sont présentées à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.

[Fig. 1] montre une représentation schématique, vue de dessus, d'un système de découpe ultrasonore selon un premier mode de réalisation.

[Fig. 2] montre une représentation schématique partielle, vue de dessus, du système de découpe ultra-

sonore selon le premier mode de réalisation.

[Fig. 3] montre une représentation schématique partielle, en coupe, du système de découpe ultrasonore selon le premier mode de réalisation selon un plan I-I.

[Fig. 4] montre une représentation schématique partielle, vue de dessus, du système de découpe ultrasonore selon le premier mode de réalisation.

[Fig. 5] montre une représentation schématique, vue de côté, du système de découpe ultrasonore selon le premier mode de réalisation.

[Fig. 6] montre une représentation schématique, vue de côté, du système de découpe ultrasonore selon le premier mode de réalisation.

[Fig. 7] montre une représentation schématique, vue de côté, du système de découpe ultrasonore selon un deuxième mode de réalisation.

[Fig. 8] montre une représentation schématique, vue de côté, du système de découpe ultrasonore selon un troisième mode de réalisation.

[Fig. 9] montre une représentation schématique, vue de côté, du système de découpe ultrasonore selon un quatrième mode de réalisation.

[Fig. 10] montre une représentation schématique, vue de côté, du système de découpe ultrasonore selon un cinquième mode de réalisation.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0071] Les figures sont présentées à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Sauf précision contraire, un même élément apparaissant sur des figures différentes présente une référence unique.

[0072] La figure 1 présente une vue de dessus d'un système de découpe ultrasonore 101 selon un premier mode de réalisation selon l'invention, destiné à réaliser une découpe d'un produit 1.

[0073] Pour cela, le système de découpe ultrasonore 101 comporte un outil de coupe inerte 200 et un dispositif de mise en vibration par ultrasons 300.

[0074] Le dispositif de mise en vibration par ultrasons 300 comporte :

- un émetteur ultrasonore 310, configuré pour émettre une onde ultrasonore ; et
- un ensemble résonant 320, couplé à l'émetteur ultrasonore 310 et accordé à l'onde ultrasonore, configuré pour transmettre une vibration selon une direction de propagation X et mettre en vibration l'outil de coupe inerte 200.

[0075] L'outil de coupe inerte 200 est couplé à l'ensemble résonant 320 de manière à vibrer selon un mode de flexion.

[0076] Le système de découpe par ultrason 101 comporte en outre un moyen de mise en rotation 400 configuré pour permettre un mouvement de rotation de l'outil de coupe inerte 200 selon un axe de rotation Y, sensiblement parallèle à la direction de propagation X.

[0077] Par sensiblement, nous entendons un angle entre l'axe de rotation Y et la direction de propagation X compris entre -10° et 10° .

[0078] L'outil de coupe inerte 200 à faire vibrer est par exemple une lame métallique de fine épaisseur, c'est-à-dire présentant une épaisseur inférieure ou égale à 10 mm, et avantageusement comprise entre 0,5 mm et 10 mm.

[0079] L'outil de coupe inerte 200 présente une longueur et une hauteur adaptées au produit à découper, préférentiellement une forme parallélépipédique aplatie.

[0080] Le profil de l'outil de coupe n'influence pas la vibration en flexion, ainsi l'outil de coupe peut présenter un profil monoface ou biface.

[0081] À titre d'exemple, l'outil de coupe inerte 200 présente une longueur comprise entre 200 mm et 1000 mm.

[0082] À titre d'exemple, l'outil de coupe inerte 200 présente une hauteur comprise entre 20 mm et 100 mm.

[0083] L'outil de coupe inerte 200 est avantageusement réalisé dans un matériau présentant des propriétés acoustiques pertinentes dans la mise en œuvre de la découpe ultrasonore, telle qu'un module d'élasticité élevé, par exemple en alliage de titane. Le matériau peut également présenter des propriétés physico-chimiques permettant un usage compatible en agroalimentaire, telle qu'une résistance à la corrosion et un faible taux de transfert.

[0084] L'outil de coupe inerte 200 comporte une première extrémité 201 longitudinale et une deuxième extrémité 202 longitudinale.

[0085] L'outil de coupe inerte 200 comporte également un premier flanc 210A et un deuxième flanc 210B correspondant préférentiellement aux deux plus grandes faces de l'outil de coupe inerte 200. Le premier et le deuxième flanc 210A, 210B sont partiellement reliés entre eux par une première arête tranchante 211, s'étirant de la première extrémité 201 à la deuxième extrémité 202, destinée à réaliser la découpe dans le produit 1.

[0086] La figure 2 représente un agrandissement du premier mode de réalisation du système de découpe ultrasonore 101 selon l'invention, particulièrement centré sur le dispositif de mise en vibration par ultrasons 300. Certains éléments ne sont pas représentés de manière à améliorer la clarté de la figure 2.

[0087] L'onde ultrasonore émise par l'émetteur ultrasonore 310, que nous appellerons également "onde de compression", est de longitudinale, à fréquence fixe, et se propage selon la direction de propagation X.

[0088] L'émetteur ultrasonore 310 est alimenté électriquement par un générateur ultrasonore, non représenté

sur les dessins, configuré pour mettre en vibration acoustique l'émetteur ultrasonore à une fréquence du domaine ultrasonore.

[0089] Par exemple, l'émetteur ultrasonore 310 est configuré pour vibrer à une fréquence comprise entre 20 kHz et 100 kHz, préférentiellement entre 20 kHz et 40 kHz.

[0090] L'ensemble résonant 320 est couplé à l'émetteur ultrasonore 310 et est configuré pour vibrer en résonance avec l'émetteur à la fréquence de l'onde de compression et pour transmettre cette onde de compression selon la direction de propagation X.

[0091] L'ensemble résonant 320 est dit résonant, ou accordé, à l'onde de compression. Par conséquent, l'ensemble résonant 320 présente des dimensions, avantageusement la dimension selon la direction de propagation X, qui sont multiples de la demi-longueur d'onde de l'onde de compression. Ainsi, un mode de vibration, en traction/compression selon la direction de propagation X, s'établit au sein de l'élément résonant 320.

[0092] Selon le premier de mode réalisation du système de découpe ultrasonore 101, l'élément résonant 320 comporte un premier élément résonant et un deuxième élément résonant.

[0093] Avantageusement le premier élément résonant est un amplificateur ultrasonore 330, également appelé booster ultrasonore ou booster ultrason, configuré pour amplifier l'amplitude de déplacement de l'onde de compression. Un rapport d'amplification de l'amplificateur ultrasonore 330 peut avantageusement être supérieur à 1 et préférentiellement de l'ordre de 1,5. Le rapport d'amplification de l'amplificateur ultrasonore 330 peut également être inférieur à 1.

[0094] L'amplificateur ultrasonore 330 est par exemple une pièce à symétrie axiale, réalisée en acier inoxydable ou en alliage de titane. Dans l'exemple de réalisation illustré à la figure 1 et à la figure 2, l'amplificateur ultrasonore 330 présente une longueur L_B .

[0095] La longueur L_B de l'amplificateur ultrasonore 330 selon la direction de propagation X est préférentiellement égale à la demi-longueur de l'onde de compression et permet d'accorder l'amplificateur ultrasonore 330 à l'onde de compression. L'émetteur ultrasonore 310 et l'amplificateur ultrasonore 330 sont couplés de manière à transmettre l'onde de compression issue de l'émetteur ultrasonore 310 à l'amplificateur ultrasonore 330.

[0096] Avantageusement le deuxième élément résonant est une masse résonante 340. La masse résonante 340 présente par exemple une symétrie axiale. Dans l'exemple de réalisation illustré à la figure 1 et la figure 2, la masse résonante 340 présente une longueur L_M . La masse résonante 340 peut par exemple être réalisée en alliage de titane.

[0097] La longueur L_M de la masse résonante 340 est préférentiellement égale à la demi-longueur de l'onde de compression et permet d'accorder la masse résonante 340 à l'onde de compression.

[0098] À une fréquence de 20 kHz, la longueur de l'on-

de de compression se propageant dans un alliage de titane est d'environ 25 cm. Dans ce cas, la longueur L_B de l'amplificateur ultrasonore 330 et la longueur L_M de la masse résonante 340 accordées à l'onde de compression à 20 kHz sont multiples de 12,5 cm.

[0099] L'ensemble résonant 320 enserre de part et d'autre l'outil de coupe inerte 200. L'ensemble résonant 320 réalise un contact rigide de l'amplificateur ultrasonore 330 et de la masse résonante 340 sur une portion de l'outil de coupe inerte 200. L'amplificateur ultrasonore 330 est en contact rigide sur le premier flanc 210A. La masse résonante 340 est en contact rigide sur le deuxième flanc 210B. La masse résonante 340 est préférentiellement alignée avec l'amplificateur ultrasonore 330 selon la direction de propagation X. Ainsi l'onde de compression établie au sein de l'ensemble résonant 320 traverse la portion de l'outil de coupe inerte 200 dans le sens de l'épaisseur.

[0100] Afin d'obtenir une bonne qualité de contact entre l'amplificateur ultrasonore 330 et l'outil de coupe inerte 200,

[0101] La surface de contact entre l'amplificateur 330 et le premier flanc 210A, également appelée portée, présente une très bonne planéité de sorte que l'onde de compression puisse être transmise efficacement, sans perte. La portée entre l'amplificateur 330 et le premier flanc 210A peut être réduite à quelques dizaines de millimètres carrés afin de faciliter la transmission de l'onde de compression. De même, la portée entre la masse résonante 340 et le deuxième flanc 210B peut également être réduite à quelques dizaines de millimètres carrés afin de faciliter la transmission.

[0102] La figure 2 présente un exemple de déplacement d à un instant donné au sein de l'amplificateur ultrasonore 330 et de la masse résonante 340 selon la direction de propagation X. Le déplacement d décrit une courbe prenant l'allure d'une sinusoïde dont une période est égale à la longueur L_B de l'amplificateur ultrasonore 330 plus la longueur L_M de la masse résonante 340. Les valeurs positives du déplacement d signifient un déplacement dans le sens de la direction de propagation X et les valeurs négatives du déplacement d signifient un déplacement dans le sens contraire de la direction de propagation X. Ainsi, dans l'exemple donné, l'amplificateur ultrasonore 330 est contracté tandis que la masse résonante 340 est dilatée. La propagation de l'onde de compression dans l'élément résonant 320 impose une continuité entre l'amplificateur ultrasonore 330 et la masse résonante 340, vibrant en opposition de phase.

[0103] La portion de l'outil de coupe inerte 200 enserrée au centre de l'ensemble résonant 320, est entraînée par l'onde de compression et se déplace selon les tractions et les compressions répétées de l'amplificateur ultrasonore 330 et de la masse résonante 340. Selon l'exemple illustré dans la figure 2, la portion de l'outil de coupe inerte 200 subit un déplacement d dans le sens contraire de la direction de propagation X. Ainsi, en fonction du temps, la portion de l'outil de coupe inerte 200

subit une vibration selon la direction de propagation X, entraînée par l'onde de compression.

[0104] La vibration de la portion de l'outil de coupe inerte 200, entraîne une vibration de l'outil de coupe inerte 200 selon un déplacement perpendiculaire aux premier et deuxième flancs 210A, 210B. La vibration, que nous appellerons vibration en mode de flexion, se propage dans le reste de l'outil de coupe inerte 200, selon la longueur de l'outil de coupe inerte 200.

[0105] L'outil de coupe inerte 200 n'a pas besoin d'être accordé (ou résonant) pour que le mode de vibration en flexion se propage. Ainsi, la longueur, l'épaisseur et la hauteur de l'outil de coupe inerte 200 peut être ajustées aux dimensions du produit 1 à découper.

[0106] La figure 3 présente schématiquement une vue en coupe selon un plan I-I du premier mode de réalisation du système de découpe ultrasonore 101, le plan I-I étant matérialisé sur la figure 5. La figure 3 présente un agrandissement du premier mode de réalisation visible dans la figure 2, particulièrement centré sur le dispositif de mise en vibration par ultrasons 300. Toutefois certains éléments ne sont pas représentés de manière à améliorer la clarté de la figure 3.

[0107] L'amplificateur ultrasonore 330 et la masse résonante 340 sont maintenus en contact contre les premier et deuxième flancs 210A, 210B de l'outil de coupe inerte 200 au moyen d'une première fixation amovible 350. La première fixation amovible 350 permet la désolidarisation de l'ensemble résonant 320 et le démontage de l'outil de coupe inerte 200. Ainsi il est aisé de changer ou retirer l'outil de coupe inerte 200.

[0108] La première fixation amovible 350 est par exemple un goujon, traversant l'épaisseur de l'outil de coupe inerte 200, fixé dans deux logements pratiqués chacun dans l'amplificateur ultrasonore 330 et la masse résonante 340. L'outil de coupe inerte 200 peut comporter une ouverture 220 par laquelle la première fixation amovible 350 peut traverser. La première fixation amovible 350 peut également être solidaire de l'outil de coupe inerte 200 sans que le démontage de l'ensemble résonant 320 ne soit pour autant rendu impossible, l'amplificateur ultrasonore 330 et la masse résonante 340 venant se fixer sur la première fixation amovible 350.

[0109] La manipulation de l'outil de coupe inerte 200, décrite plus précisément plus bas, peut être réalisée grâce à une bride 430. La bride 430 peut par exemple être fixée sur l'ensemble résonant 320. La bride 430 est avantageusement disposée au niveau d'un nœud de vibration de façon à réduire la propagation de l'onde de compression dans la bride 430. La bride 430 peut par exemple comporter une bague 490 en appui sur un palier 480 réalisé dans la bride 430, minimisant la surface de contact entre la bride 430 et l'ensemble résonant 320. La bride 430 peut avantageusement comporter deux parties maintenues par deux vis de façon à la rendre démontable.

[0110] La figure 4 présente schématiquement, en vue de dessus, du premier mode de réalisation du système

de découpe ultrasonore 101 présenté également dans la figure 1. La figure 4 présente notamment un agrandissement du système de découpe ultrasonore 101 centré sur l'axe de rotation Y.

[0111] Le moyen de mise en rotation 400 comporte une pièce de support 420 et un arbre de rotation 460. La pièce de support 420 et l'arbre de rotation 460 sont configurés pour réaliser une liaison pivot par lequel passe l'axe de rotation Y. L'outil de coupe inerte 200 est couplé à l'arbre de rotation 460, permettant ainsi de décrire une rotation autour de la pièce de support 420.

[0112] Le moyen de mise en rotation 400 comporte une pièce d'interface 410. L'outil de coupe inerte 200 est couplé à l'arbre de rotation 460 au moyen de la pièce d'interface 410. La pièce d'interface 410 fournit une liaison mécanique avec l'outil de coupe inerte 200 et permet également le démontage de l'outil de coupe inerte 200.

[0113] Selon l'exemple de réalisation illustré à la figure 1, la pièce d'interface 410 est disposée à proximité de la première extrémité 201 de l'outil de coupe inerte 200. L'impédance acoustique et les dimensions de la pièce d'interface 410 sont choisies de manière à favoriser la réflexion de la vibration en flexion au sein de l'outil de coupe inerte 200. Ainsi la vibration en flexion ne se dissipe pas dans l'arbre de rotation 460 et la pièce de support 420 ou d'autres éléments attenants. Par exemple, la surface de contact entre la pièce d'interface 410 et l'outil de coupe inerte 200 est de l'ordre de quelques centimètres carrés. La pièce d'interface 410 peut également être réalisée dans un matériau présentant une haute impédance acoustique, comme par exemple de l'acier inoxydable. La pièce d'interface 410 peut également présenter une bonne tenue thermique afin qu'elle ne se déforme pas suite à l'échauffement généré par la friction lors de la propagation de la vibration en flexion. Avantageusement la pièce d'interface 410 est réalisée dans un matériau présentant un point de fusion supérieur à 500 °C.

[0114] L'outil de coupe inerte 200 peut ainsi réaliser une rotation complète ou partielle autour de l'axe de rotation Y. La rotation complète permet par exemple une découpe rotative d'une pluralité de produits 1, chaque produit 1 étant, par exemple, disposé autour de l'axe de rotation Y à une distance de l'axe de rotation Y inférieure à la longueur de l'outil de coupe inerte 200.

[0115] La figure 5 présente une vue de côté du premier mode de réalisation du système de découpe ultrasonore 101.

[0116] Dans ce mode de réalisation, le système de découpe ultrasonore 101 comporte notamment un support de découpe 500, non présenté sur les figures précédentes. Le support de découpe 500 peut comporter une surface plane sur laquelle est posé le produit 1, permettant de supporter le produit 1 pendant la phase de découpe. Avantageusement le support de découpe 500 comporte un revêtement protecteur sur la partie supérieure. Le revêtement protecteur est résistant à l'effort de coupe et à

la chaleur générée par la vibration en flexion de l'outil de coupe inerte 200. Le revêtement protecteur peut par exemple être en silicone ou être une bande en polyuréthane de haute tenue mécanique.

[0117] Avantageusement la pièce de support 420 est fixée au support de découpe 500. On désignera par "abaissier", le mouvement qui, suivant la flèche blanche sur la figure 5, rapproche l'outil de coupe inerte 200 du support de découpe 500. On désignera par "remonter", le mouvement inverse. L'arête tranchante 211 est avantageusement en vis-à-vis du support de découpe 500 de manière à pénétrer dans le produit 1 lorsque l'outil de coupe inerte 200 est abaissé.

[0118] Selon un mode de réalisation du système de découpe ultrasonore 101, le système de découpe ultrasonore 101 peut comporter un moyen de préhension 440 est disposé à proximité de la deuxième extrémité 202 de l'outil de coupe inerte 200, permettant de mettre l'outil de coupe inerte 200 en rotation autour de l'axe Y. Le moyen de préhension 440 peut être une poignée que l'opérateur peut saisir. Avantageusement, le moyen de préhension 440 est fixé sur la bride 430.

[0119] L'outil de coupe inerte 200, en rotation autour de l'axe Y, offre un effet de levier permettant d'augmenter la contrainte de cisaillement sur le produit à découper 1. L'effet de levier est notamment caractérisé par un rapport des distances entre une première distance et une deuxième distance, le rapport des distances étant avantageusement strictement supérieur à 1. La première distance est définie entre l'axe de rotation Y et le moyen de préhension 440 et la deuxième distance est définie entre l'axe de rotation Y et la position du produit 1. Une contrainte de cisaillement exercée par l'arête tranchante 211 pénétrant dans le produit 1 est égale à une force exercée par l'opérateur sur le moyen de préhension 440 multipliée par le rapport des distances. Ainsi, plus le produit est positionné proche de l'axe de rotation Y et plus l'effet de levier est important.

[0120] Avantageusement la première arête tranchante 211 a un faible angle de coupe, inférieur à 10° et une épaisseur de fil d'affûtage inférieure ou égale à 0,1 mm. L'arête tranchante 211 peut également comporter des éléments usinés augmentant le pouvoir de coupe, tels que des micro-dentures.

[0121] Dans l'exemple présenté dans la figure 6, le système de découpe ultrasonore 101 comprend un moyen de mise tension 600 permettant d'exercer une tension mécanique F sur l'outil de coupe inerte 200, selon la longueur de l'outil de coupe inerte 200. Par exemple, la tension mécanique F peut être appliquée entre la pièce de support 420 et la bride 430. La tension mécanique F permet de réduire la torsion de l'outil de coupe inerte 200 lors de la phase de découpe. La tension mécanique F peut également contribuer à réduire l'amplitude de flexion de l'outil de coupe inerte 200, notamment lorsque le produit 1 est fragile et lorsque l'amplitude de flexion est susceptible de dégrader l'état de surface des tronçons du produit 1. La tension mécanique F peut égale-

ment contribuer à réduire la déformation mécanique de l'outil de coupe inerte 200 pendant la découpe d'un produit 1, améliorant la qualité de coupe. Le moyen de mise en tension 600 peut par exemple être un cadre en forme de C couplé à la pièce de support 420 et à la bride 430. Le moyen de mise en tension 600 peut également comporter une vis et une molette permettant d'ajuster la tension mécanique F sur l'outil de coupe inerte 200.

[0122] Selon un deuxième mode de réalisation du système de découpe ultrasonore 102 représenté à la figure 7, le moyen de mise en rotation 400 comporte un dispositif mécanique 450 configuré pour appliquer un couple mécanique à l'outil de coupe inerte 200.

[0123] Dans ce deuxième exemple de réalisation illustré à la figure 7, le système de découpe ultrasonore 102 est identique au premier exemple de réalisation décrit précédemment à l'exception des éléments qui vont être décrits par la suite.

[0124] Le dispositif mécanique 450 peut être un vérin hydraulique ou pneumatique ou un moteur électrique. Le dispositif mécanique 450 peut assister l'opérateur ou appliquer le couple seul à l'outil de coupe inerte 200 pendant la phase de découpe. Le dispositif mécanique 450 peut également faciliter la manipulation de l'outil de coupe inerte 200 par l'opérateur, par exemple pour relever l'outil de coupe inerte 200, une fois le produit 1 tranché.

[0125] Avantageusement, une extrémité du dispositif mécanique 450 peut-être disposée à proximité de la deuxième extrémité 202 de l'outil de coupe inerte 200, par exemple sur la bride 430. L'autre extrémité du dispositif mécanique 450 peut être fixée à un élément rigide (non montré sur les dessins) par rapport à la pièce de support 420. Ainsi, le couple exercé par le dispositif mécanique 450 sur la bride 430 permet d'abaisser ou remonter l'outil de coupe inerte 200.

[0126] Le dispositif mécanique 450 peut, par exemple, être un vérin pneumatique ou un moteur électrique.

[0127] La figure 8 illustre un troisième exemple de réalisation d'un système de découpe ultrasonore 103 selon l'invention. Dans ce troisième exemple de réalisation, le système de découpe ultrasonore 103 est identique aux exemples de réalisation décrits précédemment à l'exception des éléments qui vont être décrits par la suite.

[0128] L'outil de coupe inerte 200 peut comporter une deuxième arête tranchante 212. La deuxième arête tranchante 211 est opposée à la première arête tranchante 212, reliant partiellement les premier et deuxième flancs 210A, 210B et s'étirant de la première extrémité 201 à la deuxième extrémité 202 de l'outil de coupe inerte 200. De même que la première arête tranchante 211, la deuxième arête tranchante 212 est destinée à réaliser la découpe du produit 1.

[0129] L'ajout de la deuxième arête tranchante 212 permet de réaliser une découpe du produit 1 en abaissant l'outil de coupe inerte 200 ou en relevant l'outil de coupe inerte 200. Une autre utilisation envisageable est une découpe du produit 1 selon un mouvement de va-et-vient circulaire, en réalisant un premier tronçon du produit 1

en abaissant l'outil de coupe inerte 200 puis en réalisant un second tronçon du produit 1 en remontant l'outil de coupe inerte 200.

[0130] L'ajout de la deuxième arête tranchante 212 permet de réaliser une découpe traversante du produit 1, sans nécessité de recourir à un support de coupe 500.

[0131] Avantageusement la deuxième arête tranchante 212 a un faible angle de coupe, inférieur à 10° et une épaisseur de fil d'affûtage inférieure ou égale à 0,1 mm. L'arête tranchante 212 peut également comporter des éléments usinés augmentant le pouvoir de coupe, tels que des micro-dentures.

[0132] Une caractéristique commune aux modes de réalisation présentés dans les figure 1 à figure 8 est la disposition du dispositif de mise en vibration par ultrasons 300. Le dispositif de mise en vibration par ultrasons 300 est disposé sur l'outil de coupe inerte 200 à distance de l'axe de rotation Y. Avantageusement, selon les premier, deuxième et troisième modes de réalisation, le dispositif de mise en vibration par ultrasons 300 est disposé sur la deuxième extrémité 202 de l'outil de coupe inerte 200.

[0133] Le poids du dispositif de mise en vibration par ultrasons 300 intervient également dans le couple exercé sur l'outil de coupe inerte 200 et contribue à l'effet de levier de manière positive.

[0134] La figure 9 représente schématiquement un quatrième mode de réalisation du système de découpe ultrasonore 104. Dans ce quatrième mode de réalisation, le système de découpe ultrasonore 104 est identique aux exemples de réalisation décrits précédemment à l'exception des éléments qui vont être décrits par la suite.

[0135] Le dispositif de mise en vibration par ultrasons 300 est disposé sur l'outil de coupe inerte 200 à proximité de l'axe de rotation Y. Avantageusement, le dispositif de mise en vibration par ultrasons 300 est disposé sur la première extrémité 201 de l'outil de coupe inerte 200. La pièce d'interface 410 est avantageusement fixée à la bride 430 qui sert de moyen de liaison entre le moyen de mise en rotation 400 et l'outil de coupe inerte 200. Le moyen de préhension 440 reste avantageusement fixé sur la bride 430 de sorte que la vibration en flexion au sein de l'outil de coupe inerte 200 ne soit pas transmise à l'opérateur.

[0136] La distance entre le dispositif de mise en vibration par ultrasons 300 et l'axe de rotation Y étant plus faible, l'opérateur peut manipuler et remonter plus facilement l'outil de coupe inerte 200.

[0137] La figure 10 représente schématiquement un cinquième mode de réalisation du système de découpe ultrasonore 105. Dans ce cinquième mode de réalisation, le système de découpe ultrasonore 105 est identique aux exemples de réalisation décrits précédemment à l'exception des éléments qui vont être décrits par la suite.

[0138] La pièce de support 420 est fixée au support de découpe 500 de sorte que l'axe de rotation Y soit perpendiculaire au support de découpe 500. Ainsi l'outil de coupe inerte décrit une rotation dans un plan parallèle

au support de découpe 500. Ce mode de réalisation du système de découpe 105 permet de trancher le produit 1 selon une section parallèle au support de découpe 500.

Revendications

1. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) comportant un outil de coupe inerte (200) et un dispositif de mise en vibration par ultrasons (300), le dispositif de mise en vibration par ultrasons (300) comportant :

- un émetteur ultrasonore (310), configuré pour émettre une onde ultrasonore ; et
- un ensemble résonant (320), couplé à l'émetteur ultrasonore (310) et accordé à l'onde ultrasonore, configuré pour transmettre une vibration selon une direction de propagation (X) ;

l'outil de coupe inerte (200) étant couplé à l'ensemble résonant (320) de manière à vibrer selon un mode de flexion, le système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) étant **caractérisé en ce qu'il** comporte un moyen de mise en rotation (400) configuré pour permettre un mouvement de rotation de l'outil de coupe inerte (200).

2. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'ensemble résonant (320) comporte un premier élément résonant configuré pour vibrer selon un premier mode de traction/compression et un deuxième élément résonant configuré pour vibrer selon un deuxième mode de traction/compression, l'outil de coupe inerte (200) étant positionné entre le premier élément résonant et le deuxième élément résonant.

3. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le premier élément résonant est un amplificateur ultrasonore (330) et **en ce que** le deuxième élément résonant est une masse résonante (340).

4. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'émetteur ultrasonore (310) est un transducteur piézoélectrique générant l'onde ultrasonore dont la fréquence est comprise entre 20 kHz et 100 kHz.

5. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) comprend un support de découpe (500), le moyen de mise en rotation (400) étant fixé au support de dé-

coupe (500).

6. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support de découpe (500) comporte un revêtement protecteur sur une partie supérieure, résistant à la découpe et à la chaleur dégagée par la vibration en flexion de l'outil de coupe inerte.

7. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le moyen de mise en rotation (400) est positionné à proximité d'une première extrémité (201) de l'outil de coupe inerte (200) de manière à permettre un mouvement de pivot selon un axe de rotation (Y) et **en ce que** le dispositif ultrasonore (300) est localisé sur l'outil de coupe inerte (200) à proximité de l'axe de rotation (Y).

8. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le moyen de mise en rotation (400) est positionné à proximité d'une première extrémité (201) de l'outil de coupe inerte (200) de manière à permettre un mouvement de pivot selon un axe de rotation (Y) et **en ce que** le dispositif ultrasonore (300) est localisé sur l'outil de coupe inerte (200) à distance de l'axe de rotation (Y).

9. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le moyen de mise en rotation (400) comprend une pièce de support (420) configurée pour réaliser une liaison pivot avec un arbre de rotation (460), le moyen de mise en rotation (400) comprenant une pièce d'interface (410) couplée à l'arbre de rotation (460) et fixée sur l'outil de coupe inerte (200), la pièce d'interface (410) étant configurée pour réfléchir la vibration en flexion de l'outil de coupe inerte (200).

10. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le moyen de mise en rotation (400) comporte un moyen de préhension (440), positionné à proximité d'une deuxième extrémité (202) de l'outil de coupe inerte (200).

11. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le moyen de mise en rotation (400) comporte un dispositif mécanique (450), tel qu'un vérin ou un moteur, configuré pour appliquer un couple mécanique à l'outil de coupe inerte (200).

12. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103,

104, 105) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'ensemble résonant (320) et le moyen de mise en rotation (400) sont amovibles.

5

13. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'outil de coupe inerte (200) comporte une lame métallique dont une épaisseur est inférieure ou égale à 10 mm et **en ce que** l'outil de coupe inerte (200) comporte une première arête tranchante (211).

10

14. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'outil de coupe inerte (200) comporte une deuxième arête tranchante (212), opposée à la première arête tranchante (211).

15

15. Système de découpe ultrasonore (101, 102, 103, 104, 105) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte un moyen de mise en tension (600) de l'outil de coupe inerte (200).

20

25

30

35

40

45

50

55

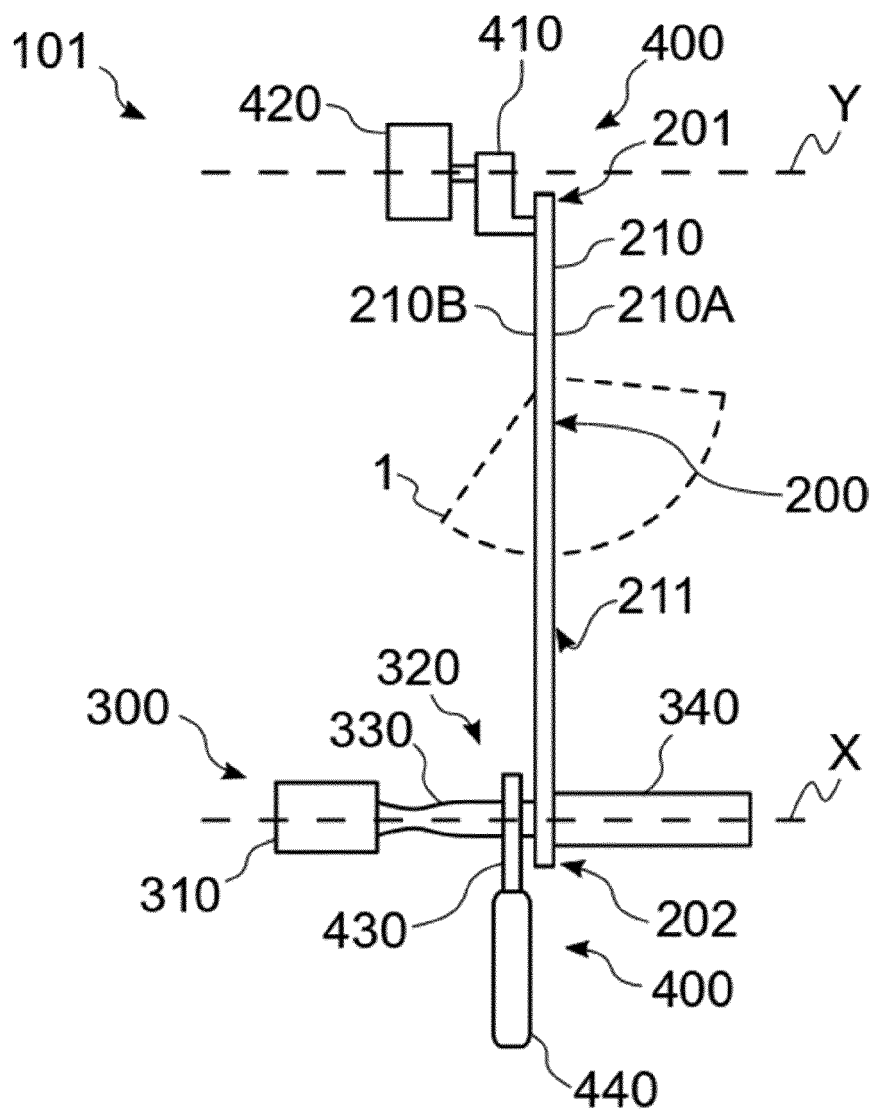


Fig. 1

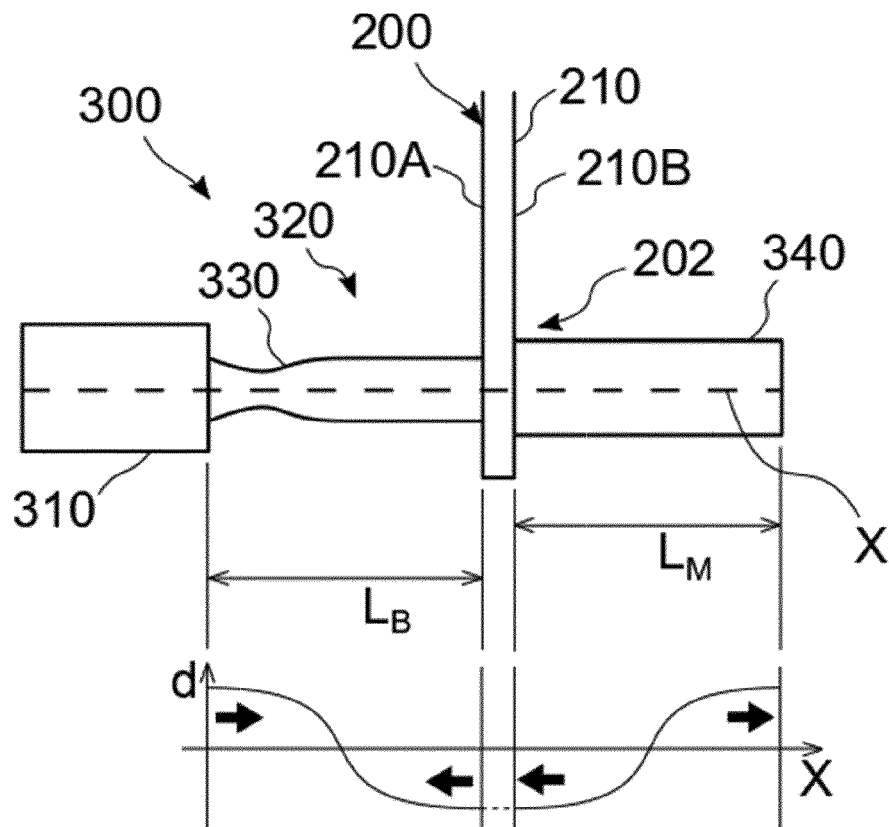


Fig. 2

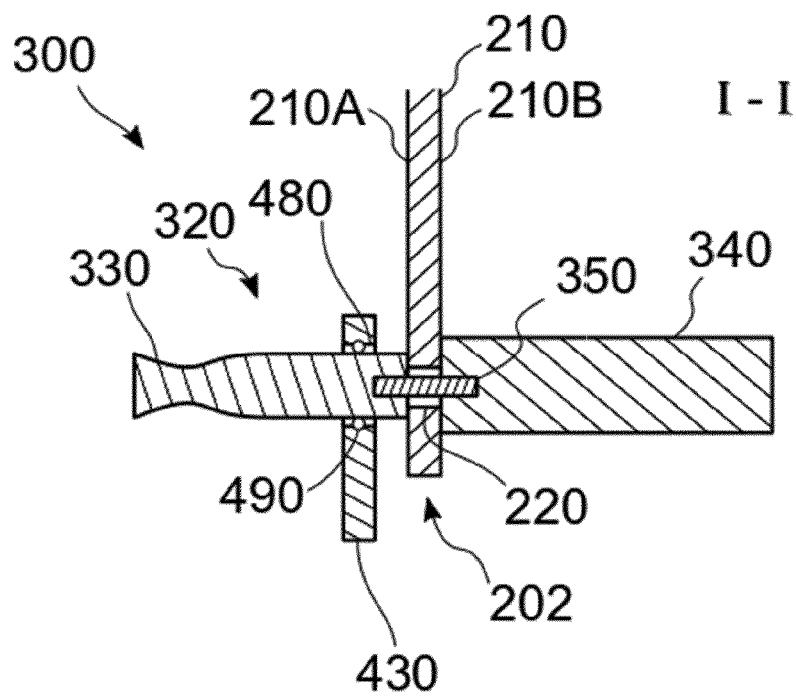


Fig. 3

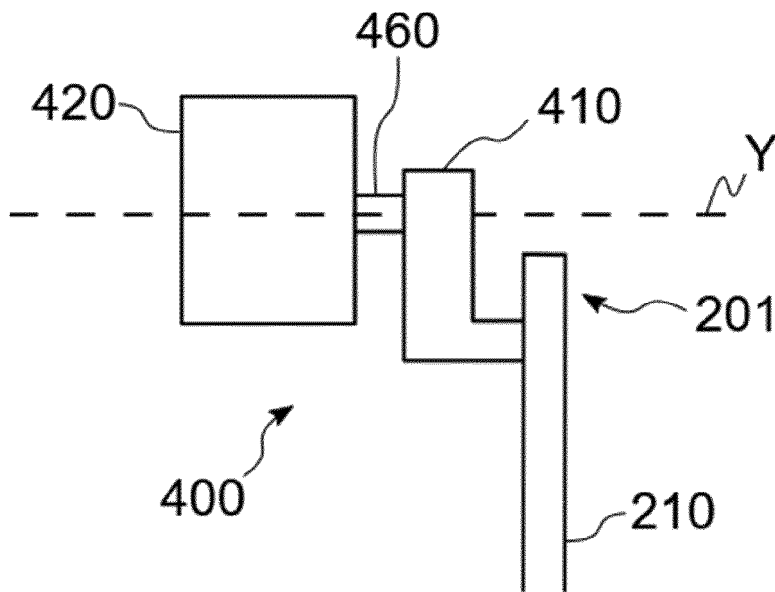


Fig. 4

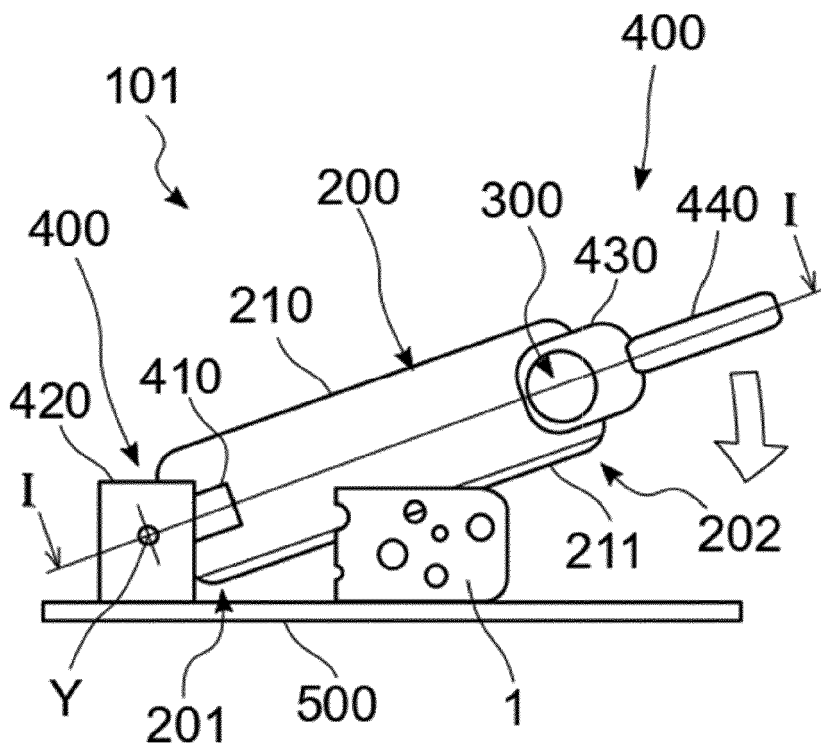


Fig. 5

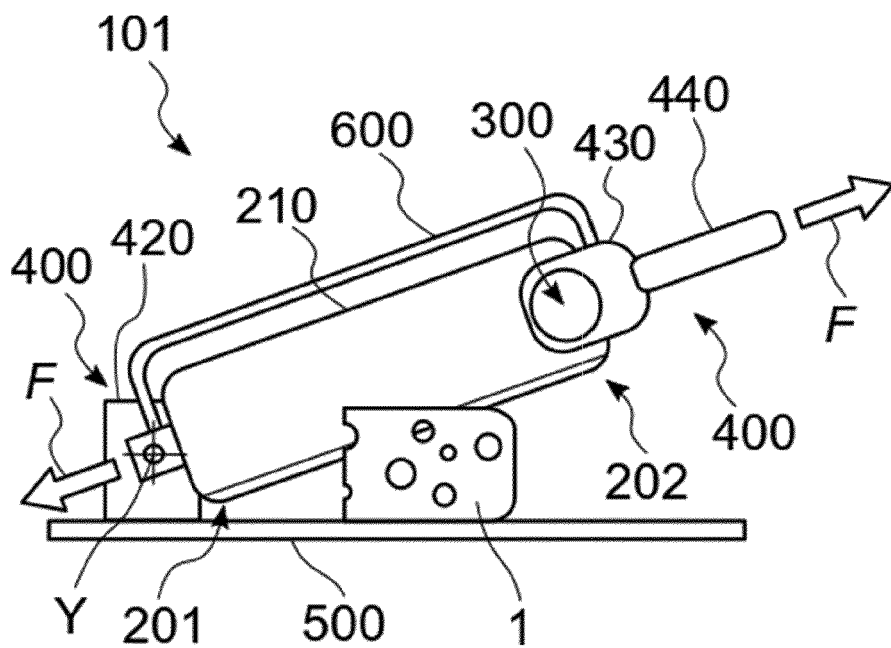


Fig. 6

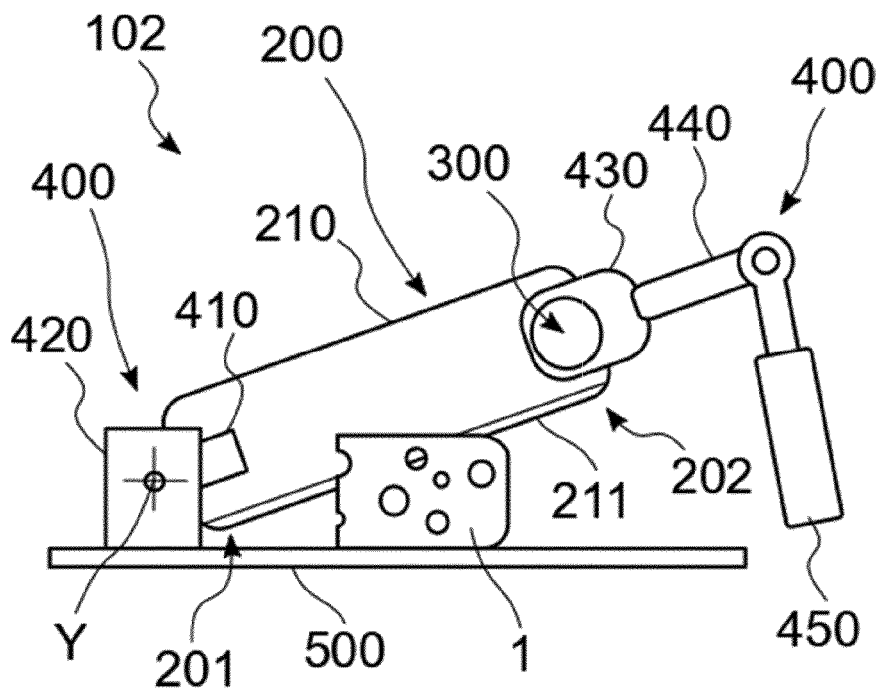


Fig. 7

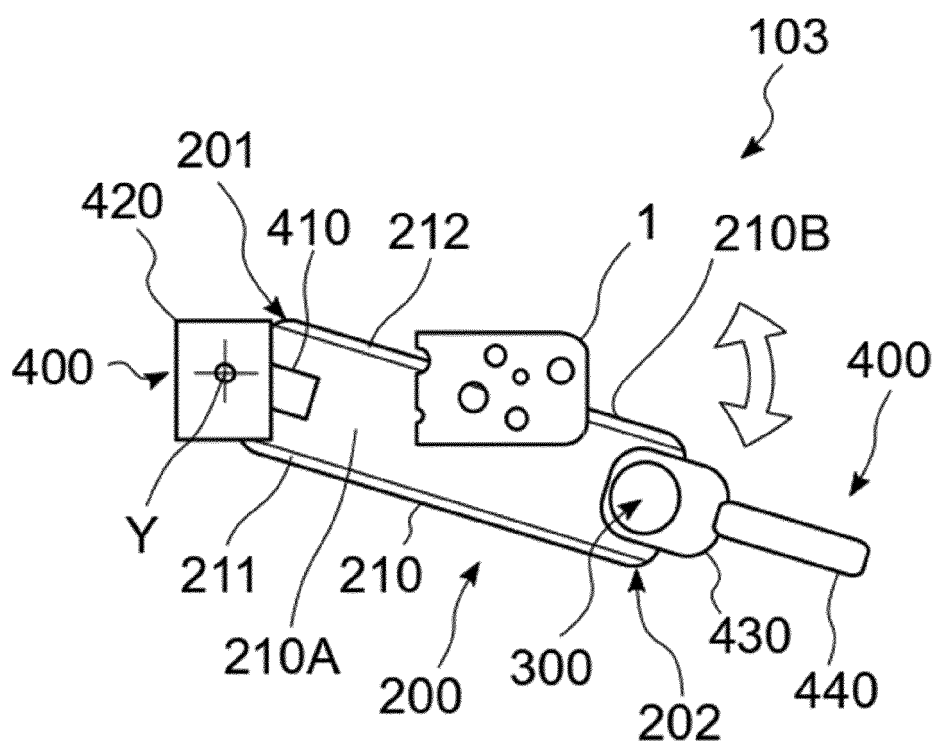


Fig. 8

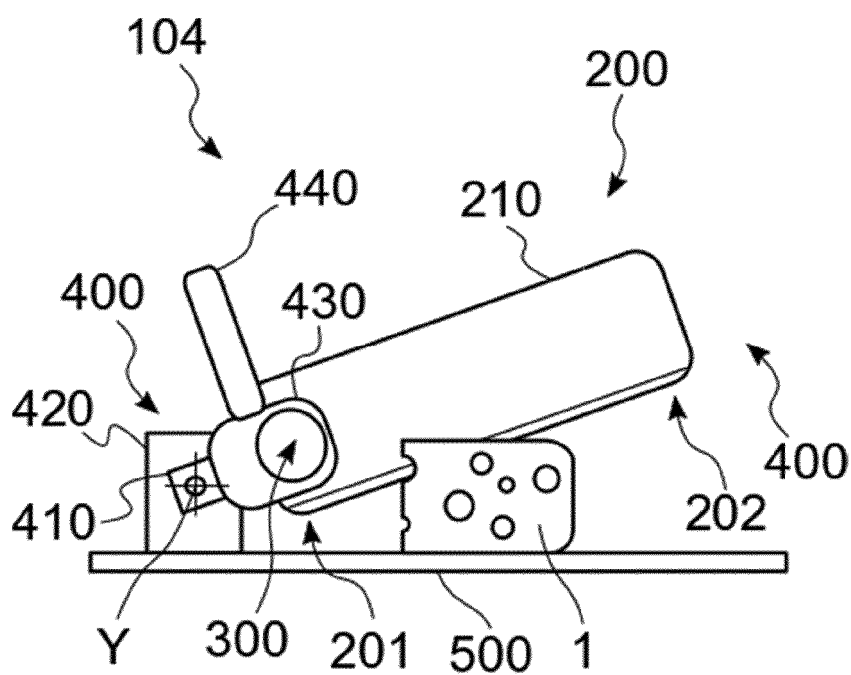


Fig. 9

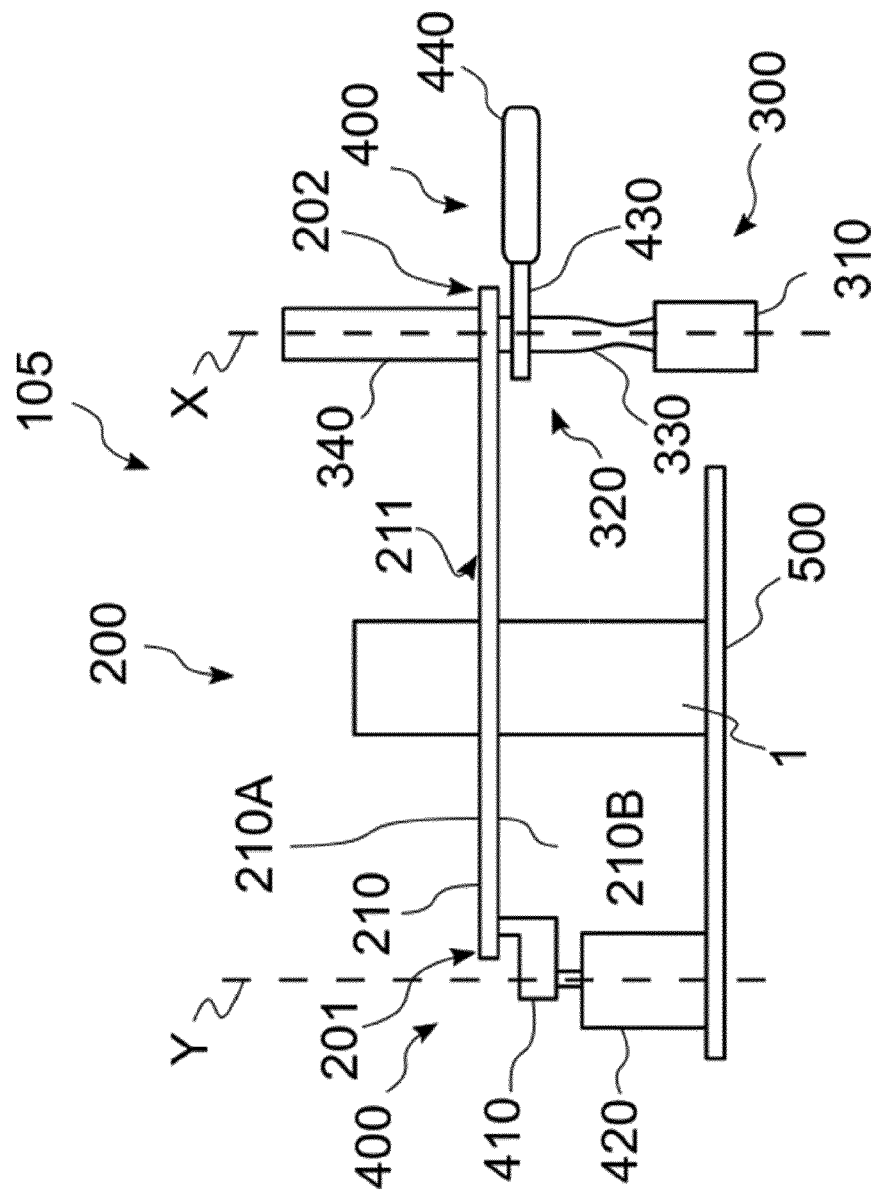


Fig. 10



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 15 5145

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	EP 3 037 181 A1 (SODEVA TDS [FR]; VULCAIN FRANCOIS [FR]) 29 juin 2016 (2016-06-29) * le document en entier *	1-15	INV. B26D5/14 B26D1/30
A	EP 0 813 937 A2 (SOREMARTEC SA [BE]; FERRERO SPA [IT]; FERRERO OHG [DE]) 29 décembre 1997 (1997-12-29) * abrégé; figure 1 *	1	
A	EP 0 712 699 A1 (MECAMATIC [FR]) 22 mai 1996 (1996-05-22) * abrégé; figure 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B26D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		5 juillet 2021	Canelas, Rui
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 21 15 5145

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

05-07-2021

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3037181 A1	29-06-2016	EP 3037181 A1 FR 3030316 A1	29-06-2016 24-06-2016
EP 0813937 A2	29-12-1997	AT 196109 T AU 2481197 A BR 9702482 A CA 2207521 A1 CH 691023 A5 CN 1170543 A DE 69703004 T2 DK 0813937 T3 EP 0813937 A2 ES 2151697 T3 HU 9701054 A2 JP H1052245 A PL 320602 A1 PT 813937 E SK 76397 A3 US 5862728 A	15-09-2000 08-01-1998 15-09-1998 17-12-1997 12-04-2001 21-01-1998 07-06-2001 13-11-2000 29-12-1997 01-01-2001 28-05-1998 24-02-1998 22-12-1997 29-12-2000 03-06-1998 26-01-1999
EP 0712699 A1	22-05-1996	DE 69502687 T2 EP 0712699 A1 ES 2120154 T3 FR 2726779 A1	18-02-1999 22-05-1996 16-10-1998 15-05-1996

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 1463279 [0012]