

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 059 680

②1 N° d'enregistrement national : 16 62076

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : C 25 D 11/04 (2017.01), B 64 D 11/06

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 07.12.16.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.06.18 Bulletin 18/23.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : FIGEAC AERO Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : LAVOUTE JEAN-PIERRE, BRANDY PASCAL, SANSANO FLORIAN et COMBES PHILIPPE.

⑦3 Titulaire(s) : FIGEAC AERO Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : COLBERT INNOVATION TOULOUSE.

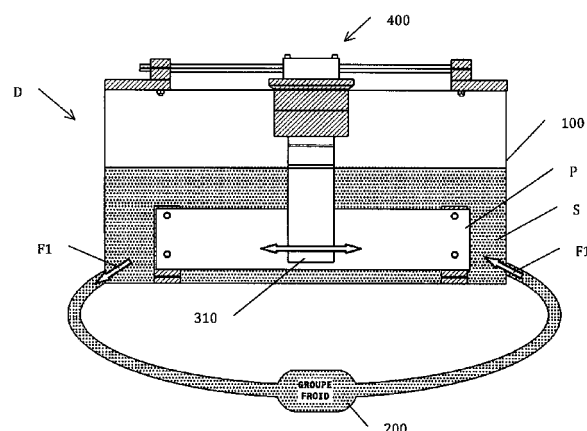
⑤4 DISPOSITIF DE FABRICATION PAR UN PROCÉDE D'OXYDATION MICRO-ARCS.

⑤7 L'invention concerne un dispositif (D) mettant en oeuvre un procédé électrolytique d'oxydation par micro-arcs, ledit dispositif (D) comprenant une installation et une pièce à traiter (P) en alliage d'aluminium, le traitement étant réalisé par un mouvement relatif entre la pièce à traiter (P) et au moins une électrode (310, 320). Ce dispositif est remarquable en ce qu'il comprend

- une cuve (100) remplie d'une solution aqueuse (S) dans laquelle est immergée au moins une partie de la pièce à traiter (P) à laquelle est associée une alimentation électrique,

- au moins une électrode mobile (310, 320) se déplaçant le long de la pièce à traiter (P) au moyen d'un module de mise en mouvement pilotable (400).

Applications: mise en oeuvre d'un procédé d'oxydation micro-arcs



FR 3 059 680 - A1



## DISPOSITIF DE FABRICATION PAR UN PROCÉDÉ D'OXYDATION MICRO-ARCS

## DOMAINE D'APPLICATION DE L'INVENTION

5 La présente invention a trait au traitement de surface des pièces de grandes dimensions notamment les pièces de structure aéronautique et notamment aux adaptations permettant d'améliorer la mise en œuvre d'un procédé d'oxydation par micro-arcs.

## DESCRIPTION DE L'ART ANTÉRIEUR

10 Le document FR2996858 décrit un procédé de fabrication de pièces de structure aéronautique et un dispositif permettant de le mettre en œuvre. Ce document divulgue un procédé de fabrication d'une pièce de structure aéronautique de grandes dimensions allant jusqu'à plusieurs mètres, remarquable en ce qu'il consistait à  
15 fabriquer ladite pièce dans un alliage d'aluminium et à lui faire réaliser un traitement de surface de type électrolytique d'oxydation par micro-arcs en vue de l'obtention d'un revêtement céramique. Ladite pièce pouvait être un rail de siège. Ce document divulgue également un dispositif permettant de mettre en œuvre ledit procédé,  
20 dispositif comprenant un caisson d'électrolyse accueillant des électrodes et dans lequel s'engage et d'où se libère, tronçon par tronçon, la pièce de structure aéronautique de façon à réaliser l'opération d'électrolyse progressivement sur la pièce progressant longitudinalement dans le caisson.

25 Ce document apportait une solution de résistance à la corrosion moins polluante, plus résistante au brouillard salin et moins onéreuse que les solutions de l'art antérieur pour des pièces de grandes dimensions allant jusqu'à plusieurs mètres telles celles, objet du procédé, à savoir les pièces de structure aéronautique.

30 Néanmoins, la mise en œuvre d'un tel procédé sur de grandes pièces fait apparaître plusieurs problèmes techniques, parmi ceux-ci :

- la grande puissance électrique nécessaire,
- la nécessité d'une régularité de dépôt de revêtement et ce, malgré la complexité de la pièce,
- 35 - etc...

## DESCRIPTION DE L'INVENTION

Partant de cet état de fait, des recherches ont été menées visant à solutionner les problèmes techniques de l'art antérieur.

Ces recherches ont abouti à la conception et à la réalisation d'un nouveau dispositif mettant en œuvre un procédé électrolytique d'oxydation par micro-arcs (OMA ou PEO).

5 Ce dispositif comprend une installation et une pièce à traiter en alliage d'aluminium, le traitement étant réalisé par un mouvement relatif entre la pièce à traiter et au moins une électrode.

Selon l'invention, ce dispositif est remarquable en ce qu'il comprend

10 - une cuve remplie d'une solution aqueuse dans laquelle est immergée au moins une partie de la pièce à traiter à laquelle est associée une alimentation électrique,

- au moins une électrode mobile se déplaçant le long de la pièce à traiter au moyen d'un module de mise en mouvement pilotable.

15 Cette caractéristique est particulièrement avantageuse en ce qu'elle permet de diminuer l'apport électrique nécessaire puisque le dépôt de matière ne concerne que la partie de pièce soumise au champ électrique de ladite électrode mobile. Le pilotage de l'électrode permet d'assurer alors un dépôt régulier de matière.

20 Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, ladite pièce à traiter présente au moins une des caractéristiques suivantes :

- elle est du domaine aéronautique,
- elle est allongée,
- elle mesure plusieurs mètres,
- 25 - elle est une pièce de structure aéronautique.

Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, la totalité de la pièce est immergée dans ladite solution aqueuse.

30 Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, plusieurs électrodes se déplacent le long de la pièce.

Ainsi, selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, le dispositif comprend deux électrodes disposées symétriquement de part et d'autre de la pièce à traiter le long de laquelle elles se déplacent.

35 Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, la pièce à traiter est préformée d'un ajout de matière non nécessaire à sa fonction et cette partie ajoutée reçoit l'alimentation électrique venant en contact avec la pièce à traiter. Cette caractéristique assure une bonne alimentation électrique sans

gêner l'apport de matière sur les parties fonctionnelles de la pièce puisque l'alimentation se fait au niveau d'une partie ajoutée.

Une telle caractéristique définit que certaines pièces à traiter peuvent faire l'objet d'un procédé de fabrication différent  
5 intégrant cet ajout de matière. De plus, elle définit que la pièce une fois traitée fait l'objet d'une opération d'enlèvement de matière au niveau de cette partie ajoutée. Par exemple, si la pièce à traiter est un rail de siège, ledit rail de siège est équipé d'une rallonge venant s'ajouter à une extrémité dudit rail et recevant  
10 l'alimentation en électricité.

Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, ladite pièce à traiter est un bord d'attaque de réacteur d'avion. Selon un mode de réalisation préféré mais non limitatif, le bord d'attaque est équipé d'une ou deux oreilles  
15 recevant l'alimentation électrique.

Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, ladite électrode est dans un des matériaux suivants : acier inoxydable, carbone, alliages de titane, platine, alliages d'aluminium.

Ces matériaux sont à la fois des conducteurs électriques et thermiques. L'aluminium et l'acier inoxydable sont peu chers et facilement formables. Le titane et le platine sont de très bons conducteurs. Le carbone est un très bon conducteur mais est difficilement formable. Aussi, le choix du matériau est réalisé en  
20 fonction des pièces à traiter.

Ainsi, en fonction de la géométrie de la pièce, ladite électrode fait l'objet d'une étude de forme pour optimiser l'apport de matière. Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, ladite électrode adopte une forme plane  
30 avec un bec pointu. Selon une autre caractéristique, ladite électrode adopte une forme plane avec un bec rond ou cylindrique. Cette adaptation de la forme de l'électrode associée à la possibilité de réglage de la distance de l'électrode par rapport à la surface de la pièce à traiter, optimise l'apport de matière et la  
35 consommation électrique.

Selon une autre caractéristique particulièrement avantageuse de l'invention, ladite solution aqueuse reprend une des bases suivantes :

- à base de silicates ( $\text{NaSiO}_3$  ou  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$ ,  $\text{TiSiO}_4$ ,...),

- à base d'aluminates ( $\text{LiAlO}_2$ ,  $\text{AlCeO}_3$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,...),
- à base de phosphates ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{LiPO}_4$ ,  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ,...).

Les concepts fondamentaux de l'invention venant d'être exposés  
5 ci-dessus dans leur forme la plus élémentaire, d'autres détails et  
caractéristiques ressortiront plus clairement à la lecture de la  
description qui suit et en regard des dessins annexés, donnant à  
titre d'exemple non limitatif, un mode de réalisation d'un  
dispositif conforme à l'invention.

#### 10 BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 est un dessin schématique d'une vue de face en  
coupe d'un mode de réalisation d'un dispositif conforme à  
l'invention ;

15 La figure 2 est un dessin schématique d'une vue de côté en  
section du dispositif de la figure 1 ;

La figure 3 est un dessin schématique d'une vue en perspective  
du module de mise en mouvement de l'électrode ;

Les figures 4a, 4b, 4c sont des dessins schématiques en vue en  
perspective de trois modes de réalisation des électrodes ;

20 Les figures 5a, 5b et 5c sont des dessins schématiques en vue  
de dessus en coupe du mouvement des électrodes de la figure 4c ;

La figure 6 illustre un exemple de préformation d'un rail de  
siège à traiter ;

25 La figure 7 illustre un exemple de préformation d'un bord  
d'attaque à traiter.

#### DESCRIPTION DES MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

Comme illustré sur les dessins des figures 1 et 2, le  
dispositif référencé D dans son ensemble assure la mise en œuvre  
d'un procédé électrolytique d'oxydation par micro-arcs (OMA ou PEO  
30 Plasma Electrolytic Oxydation) sur une pièce aéronautique de  
structure en alliage d'aluminium P. L'installation comprend une cuve  
de traitement 100 remplie d'une solution aqueuse S dans laquelle est  
immergée la totalité de la pièce P à laquelle est associée une  
alimentation électrique.

35 La solution aqueuse S fait l'objet d'une circulation  
représentée par les flèches F1 par des canalisations à des fins de  
refroidissement. Par ces canalisations, la solution aqueuse S passe  
par un groupe de refroidissement référencé 200 et est réinjectée  
dans la cuve 100.

La pièce P représentée ici par un profilé plat, est fixe et la paire d'électrodes 310 et 320 est mobile le long de la pièce P afin de proposer un dépôt de matière régulier et avec une consommation électrique optimisée.

5 Ces électrodes 310 et 320 se déplacent le long de la pièce à traiter P au moyen d'un module de mise en mouvement pilotable 400. Ce mouvement peut être continu, tronçon par tronçon, alternatif, etc... Sa trajectoire va suivre la pièce (par exemple, trajectoire linéaire pour un rail de siège et trajectoire rotative pour un bord  
10 d'attaque).

Un mode de réalisation d'un tel module 400 est illustré plus en détail par le dessin de la figure 3. Ce module 400 comprend une structure dont au moins la partie basse va être immergée dans la cuve 100 (la partie L représentée en tirets symbolise la limite  
15 d'immersion). Ce module comprend deux cadres latéraux 410 et 420 supportant une poutre longitudinale 430 sur laquelle se déplace en translation un chariot 440 (non immergée) supportant une paire d'électrodes 310 et 320 (ici planes comme illustrées sur le dessin de la figure 4b). La translation est illustrée par la double flèche  
20 F3. Ces électrodes 310 et 320 sont positionnées espacées l'une par rapport à l'autre de façon à pouvoir se déplacer en translation de part et d'autre de la pièce à traiter P. Cette pièce à traiter P est retenue au-dessus du fond de la cuve 100 par des platines 510 et 520 (cf. figures 4a, 4b, 4c).

25 Le chariot 440 supporte également une structure de guidage cinématique 441 selon un axe perpendiculaire à l'axe de déplacement des électrodes le long de la pièce P permettant de positionner les électrodes 310 et 320 non seulement par rapport à la pièce P mais également de régler l'écartement des électrodes 310 et 320. Une  
30 molette permet ce réglage.

La mise en mouvement (double flèche F3) du chariot 440 est réalisée par une liaison hélicoïdale dont la vis sans fin est associée à un motoréducteur.

L'apport de matière M constituée par la céramique résultant du  
35 procédé est illustré par les dessins des figures 5a, 5b et 5c. Ce dépôt M est réalisé de manière régulière au fur et à mesure de l'avancée des électrodes 310' et 320' (flèche F2). Comme illustrées, ces électrodes 310' et 320' également illustrées par le dessin de la figure 4c, adoptent une forme plane avec un bec pointu.

Un autre mode de réalisation illustré par le dessin de la figure 4a illustre des électrodes 310'' et 320 '' de forme cylindrique.

5 Selon un mode de réalisation préféré mais non limitatif, ces électrodes sont en acier inoxydable.

Afin d'optimiser l'apport électrique à la pièce à traiter sans former d'épargne (l'épargne étant une surface de la pièce sans apport de matière du fait de la présence d'une électrode), la pièce peut être préformée d'un ajout de matière non nécessaire à sa 10 fonction. Cette partie ajoutée reçoit alors l'alimentation électrique venant en contact avec la pièce. C'est cette caractéristique qui est illustrée par les dessins des figures 6 et 7.

Le dessin de la figure 6 illustre un rail de siège 600 auquel 15 est associée, lors de sa fabrication ou après fabrication (de façon préférée lors de son usinage) une rallonge 610 sur laquelle va se mettre en contact l'électrode (non illustrée). Cette rallonge 610 est ensuite retirée de sorte que le rail de siège 600 reprenne une dimension standard correspondant à sa fonction. Selon un mode de 20 réalisation préféré, cette rallonge n'est que de quelques centimètres carrés.

Le dessin de la figure 7 illustre une portion de bord d'attaque de réacteur 700 à l'extrémité de laquelle sont associées deux 25 oreilles 710 et 720 sur lesquelles vont se mettre en contact une électrode. Selon un autre mode de réalisation non illustré, une seule oreille est associée au bord d'attaque.

Selon un mode de réalisation préféré mais non limitatif, ces pièces à traiter sont en alliage aluminium du type Al7075 ou Al7175 et de la série 2000, 2024, 2219.

30 On comprend que le dispositif, qui vient d'être ci-dessus décrit et représenté, l'a été en vue d'une divulgation plutôt que d'une limitation. Bien entendu, divers aménagements, modifications et améliorations pourront être apportés à l'exemple ci-dessus, sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif (D) mettant en œuvre un procédé électrolytique d'oxydation par micro-arcs, ledit dispositif (D) comprenant une installation et une pièce à traiter (P) en alliage d'aluminium, le traitement étant réalisé par un mouvement relatif entre la pièce à

5 traiter (P) et au moins une électrode (310, 320),  
CARACTÉRISÉ PAR LE FAIT QU'il comprend

- une cuve (100) remplie d'une solution aqueuse (S) dans laquelle est immergée au moins une partie de la pièce à traiter (P) à laquelle est associée une alimentation électrique,

10 - au moins une électrode mobile (310, 320) se déplaçant le long de la pièce à traiter (P) au moyen d'un module de mise en mouvement pilotable (400).

2. Dispositif (D) selon la revendication 1, CARACTÉRISÉ PAR LE FAIT QUE la pièce à traiter (P) est préformée d'un ajout de matière non nécessaire à sa fonction et cette partie ajoutée de matière reçoit l'alimentation électrique venant en contact avec la pièce à

15 FAIT QUE ladite électrode (310, 320) est dans un des matériaux suivants : acier inoxydable, carbone, alliages de titane, platine, alliages d'aluminium.

3. Dispositif (D) selon la revendication 1, CARACTÉRISÉ PAR LE FAIT QUE ladite électrode (310', 320') adopte une forme plane avec un bec pointu.

25 4. Dispositif (D) selon la revendication 1, CARACTÉRISÉ PAR LE FAIT QUE ladite électrode (310'', 320'') adopte une forme plane avec un bec rond ou cylindrique.

5. Dispositif (D) selon la revendication 1, CARACTÉRISÉ PAR LE FAIT QUE ladite solution aqueuse (S) reprend une des bases suivantes :

- à base de silicates ( $\text{NaSiO}_3$  ou  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$ ,  $\text{TiSiO}_4$ ,...),
- à base d'aluminates ( $\text{LiAlO}_2$ ,  $\text{AlCeO}_3$ ,  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ,...),
- à base de phosphates ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{LiPO}_4$ ,  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ,...).

35 7. Dispositif (D) selon la revendication 2 où la pièce à traiter (P) est un rail de siège (600), CARACTÉRISÉ PAR LE FAIT QUE ledit rail de siège (600) est équipé d'une rallonge (610) venant

s'ajouter à une extrémité dudit rail (600) et recevant l'alimentation en électricité.

8. Dispositif (D) selon la revendication 1, CARACTÉRISÉ PAR LE FAIT QUE ladite pièce à traiter (P) présente au moins une des caractéristiques suivantes :

- elle est du domaine aéronautique,
- elle est allongée,
- elle mesure plusieurs mètres,
- elle est une pièce de structure aéronautique.

9. Dispositif (D) selon la revendication 1, CARACTÉRISÉ PAR LE FAIT QU'il comprend deux électrodes (310, 320) disposées symétriquement de part et d'autre de la pièce à traiter (P) le long de laquelle elles se déplacent.

10. Dispositif (D) selon la revendication 2 où ladite pièce est un bord d'attaque (700) de réacteur d'avion, CARACTÉRISÉ PAR LE FAIT QUE ledit bord d'attaque (700) est équipé d'une ou deux oreilles (710, 720) recevant l'alimentation électrique.

20

25

30

35

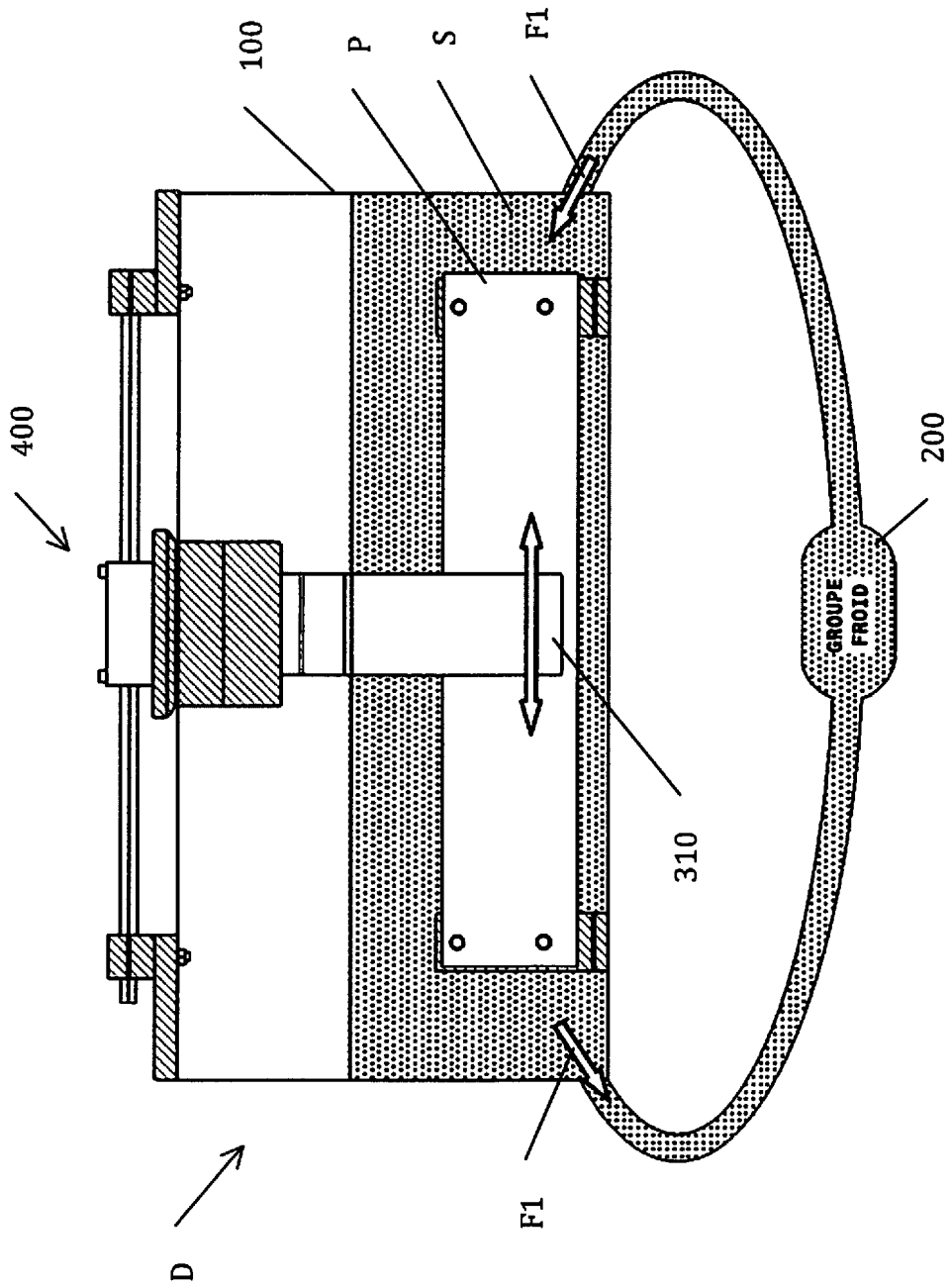


Fig. 1

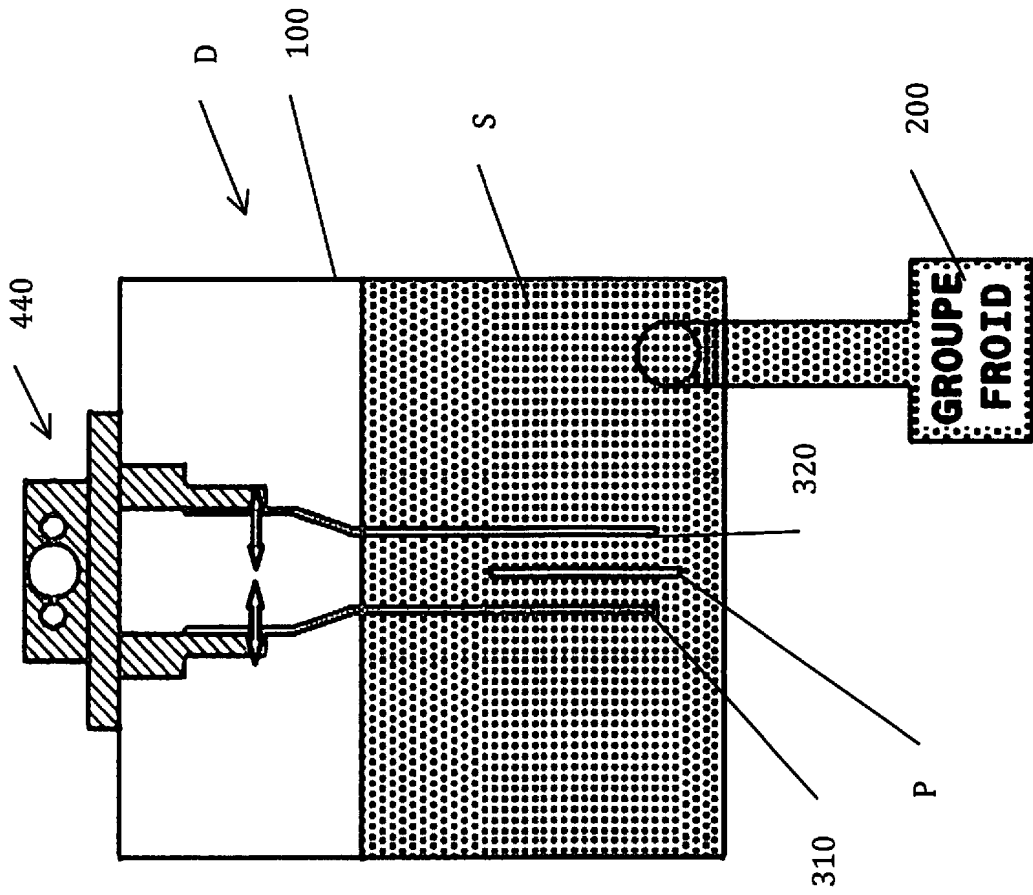


Fig. 2

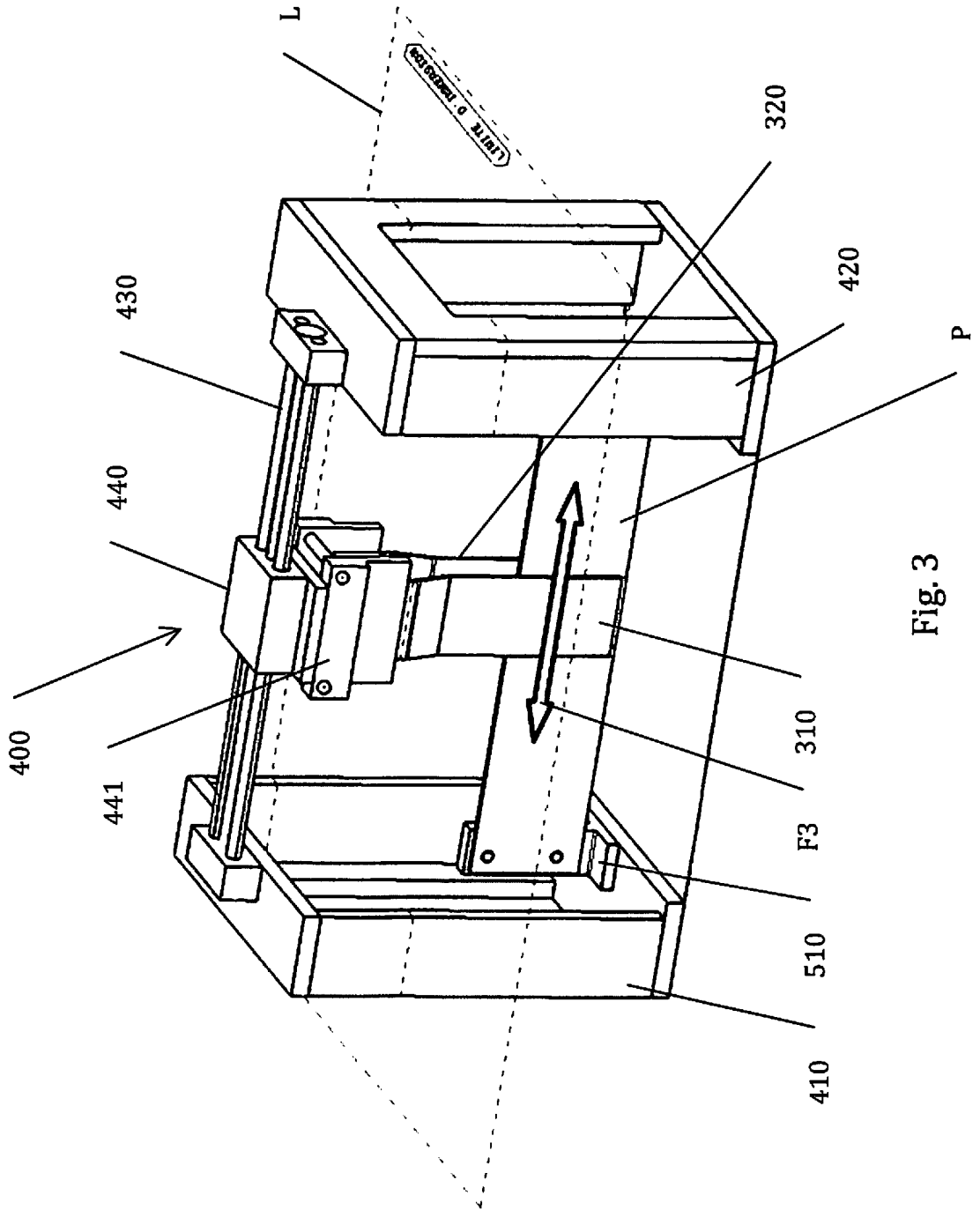


Fig. 3

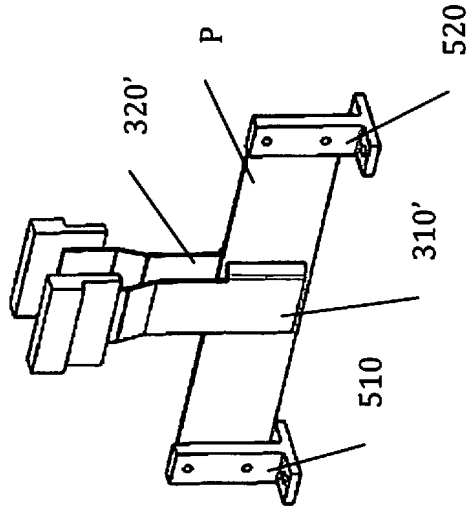


Fig. 4c

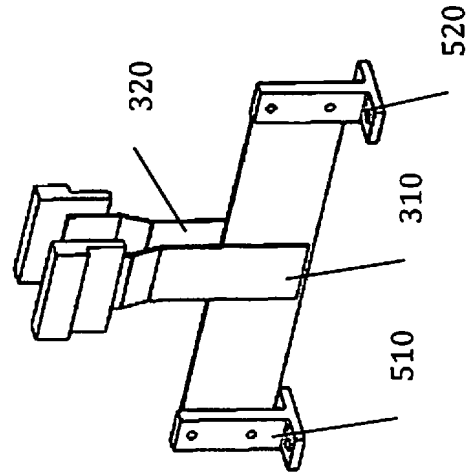


Fig. 4b

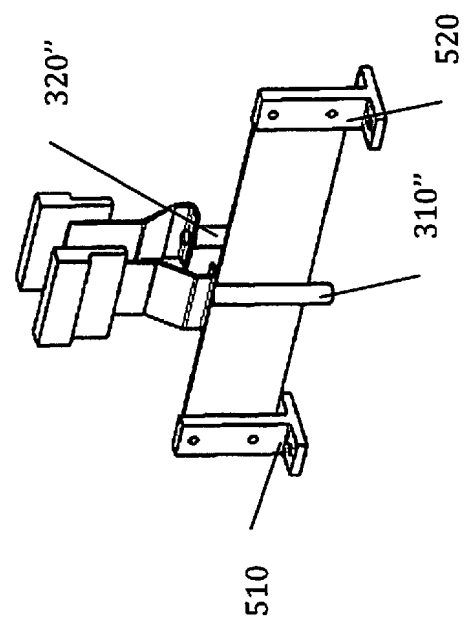
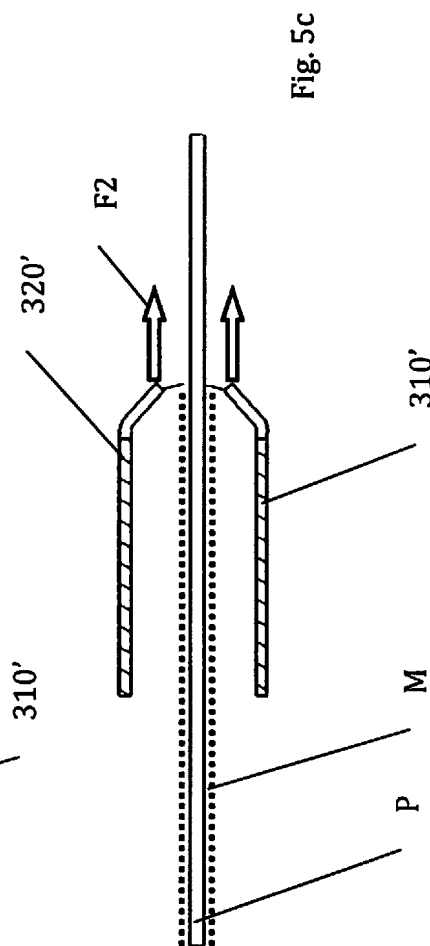
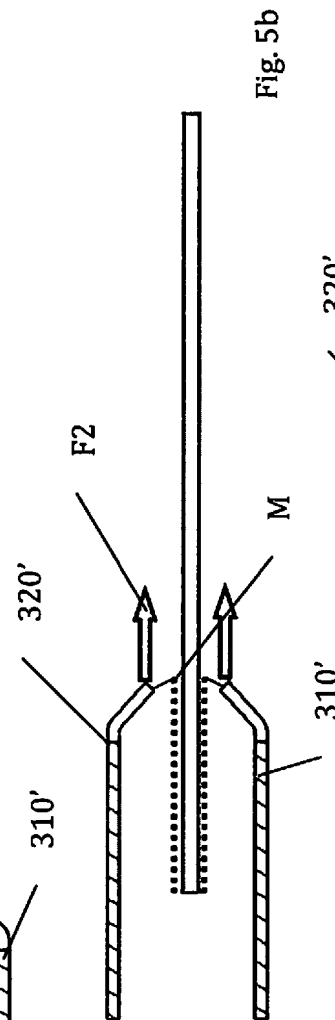
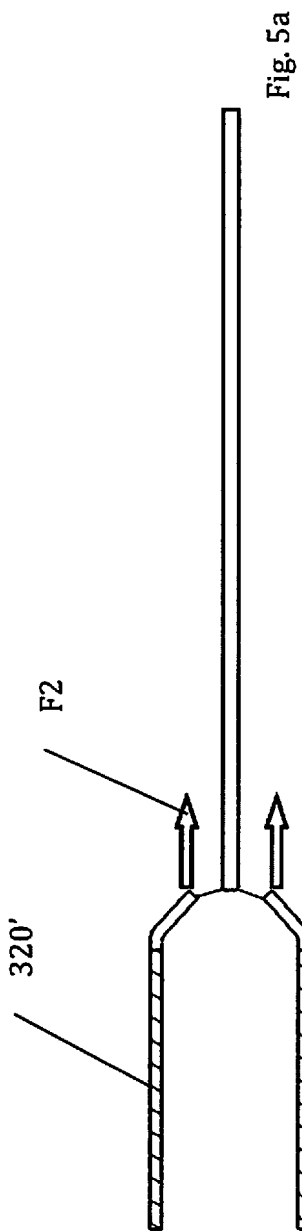


Fig. 4a



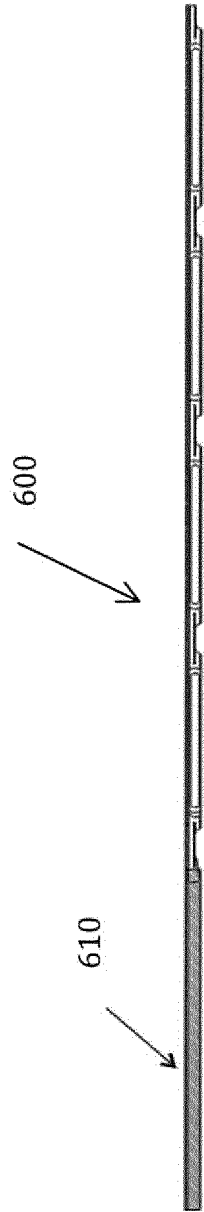


Fig. 6

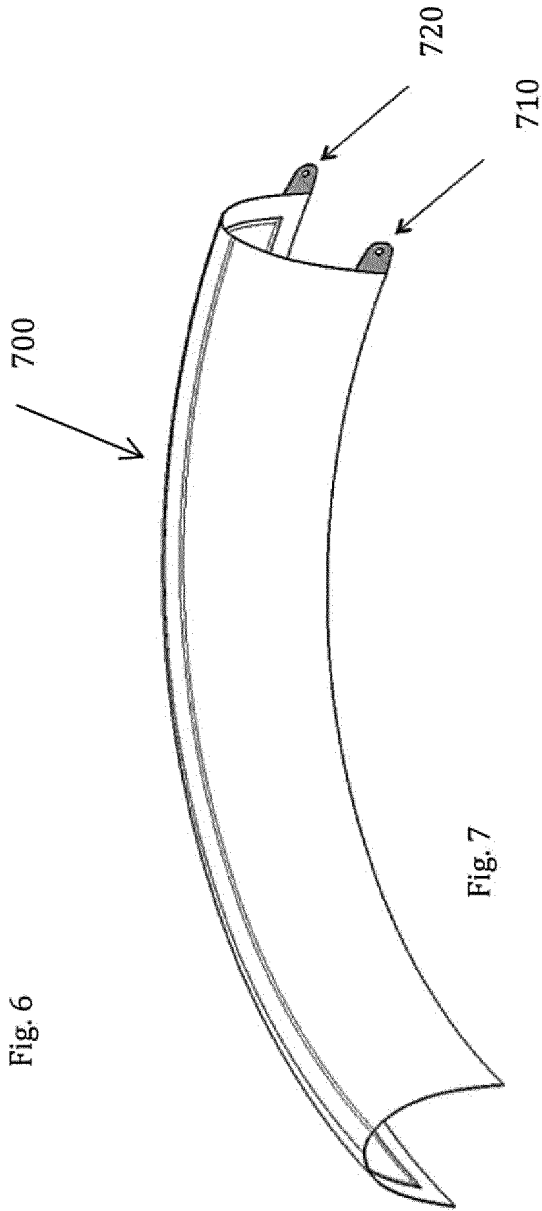


Fig. 7



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 835848  
FR 1662076

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 3 061 853 A1 (BIOMET UK HEALTHCARE LTD [GB]) 31 août 2016 (2016-08-31) * abrégé * * figure 1b * * alinéa [0001] * * alinéas [0050] - [0051] * * alinéas [0066] - [0067] * -----	1-3,6-8, 10	C25D11/04 B64D11/06
X	AU 51891 79 A (MONIER CONCRETE IND) 1 mai 1980 (1980-05-01) * revendication 1 * * page 3, lignes 4-11 * * page 4, lignes 18-24 * * page 8, ligne 13 - page 9, ligne 6 * * page 9, lignes 20-25 * * page 10, lignes 11-16 * * figures * -----	1-3,7,8, 10	
X	FR 1 111 311 A (N. MOURAVIEFF) 24 février 1956 (1956-02-24) * le document en entier * -----	1-3,7-9	
A	JP 2009 013442 A (DENKA HIMAKU KOGYO KK) 22 janvier 2009 (2009-01-22) * abrégé * * figure 1 * * alinéa [0013] * * alinéa [0019]; exemple 1 * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) C25D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 septembre 2017		Picard, Sybille	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		.....	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1662076 FA 835848**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **21-09-2017**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3061853	A1	31-08-2016	EP 3061853 A1 31-08-2016
			GB 2535805 A 31-08-2016
			US 2016251770 A1 01-09-2016
-----			
AU 5189179	A	01-05-1980	AUCUN
-----			
FR 1111311	A	24-02-1956	AUCUN
-----			
JP 2009013442	A	22-01-2009	JP 5176200 B2 03-04-2013
			JP 2009013442 A 22-01-2009
-----			