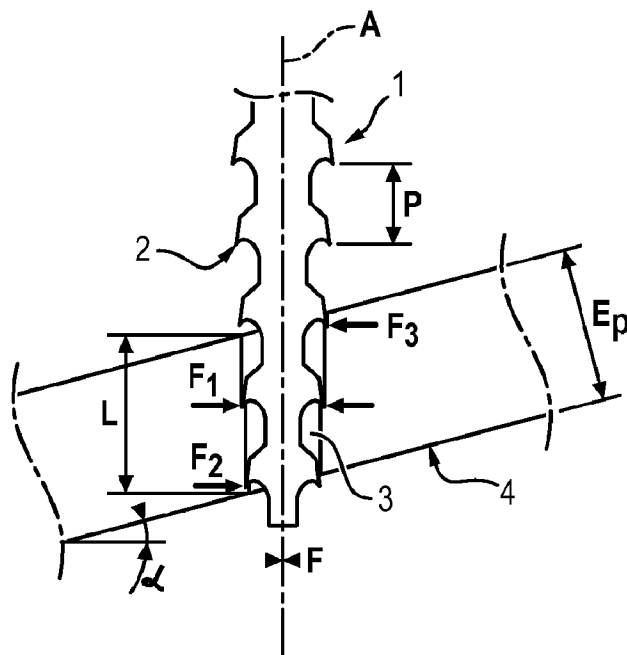




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2014/01/27
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2014/08/07
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2020/11/10
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2015/07/28
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2014/050144
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2014/118459
(30) Priorité/Priority: 2013/02/01 (FR1350893)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B23D 37/00* (2006.01),
B23D 43/02 (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
MANDRILE, SEBASTIEN, FR;
CAZENAVE-LARROCHE, GILLES, FR;
VERNAULT, CYRIL, FR;
DESSEIN, GILLES, FR;
DENAPE, JEAN, FR;
PARIS, JEAN-YVES, FR
(73) Propriétaire/Owner:
TURBOMECA, FR
(74) Agent: LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) Titre : BROCHE ET PROCEDE DE BROCHAGE D'ALVEOLES POUR DES PIECES TELLES QUE DES DISQUES DE ROTOR DE TURBINE OU DES DISQUES DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE
(54) Title: BROACH AND METHOD FOR BROACHING SLOTS FOR PARTS SUCH AS TURBINE ROTOR DISKS OR TURBOMACHINE COMPRESSOR DISKS



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne le brochage d'au moins une alvéole (3) dans une pièce telle qu'un disque de rotor de turbine (4) ou d'un disque de compresseur de turbomachine, ladite alvéole (3) étant usinée à l'aide d'une broche (1) inclinée avec un angle de brochage (a). Ladite broche (1) présente un pas inter-dents (P) sous-multiple de la longueur à brocher (L).

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
7 août 2014 (07.08.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/118459 A1

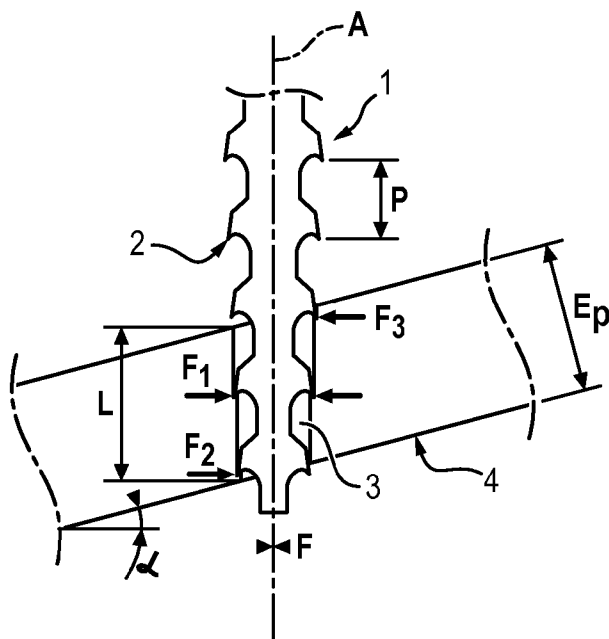
- (51) Classification internationale des brevets :
B23D 37/00 (2006.01) *B23D 43/02* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2014/050144
- (22) Date de dépôt international :
27 janvier 2014 (27.01.2014)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1350893 1 février 2013 (01.02.2013) FR
- (71) Déposant : TURBOMECA [FR/FR]; F-64510 Bordes (FR).
- (72) Inventeurs : MANDRILE, Sébastien; La Chapelle, F-83340 Le THORONET (FR). CAZENAVE-LAROCHE, Gilles; 16, rue BETH SOUREILH, F-64320 Idron (FR). VERNAULT, Cyril; 24 rue du Pic du Midi, F-64510 Boeil-Bezing (FR). DESSEIN, Gilles; 3 chemin des Mélèzes, F-65320 Gardères (FR). DENAPE, Jean; 4 impasse Clairefontaine, F-64140 Lons (FR). PARIS, Jean-Yves; 5 rue des mimosas, F-65490 Oursbelille (FR).
- (74) Mandataire : REGIMBEAU; 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : BROACH AND METHOD FOR BROACHING SLOTS FOR PARTS SUCH AS TURBINE ROTOR DISKS OR TURBOMACHINE COMPRESSOR DISKS

(54) Titre : BROCHE ET PROCÉDÉ DE BROCHAGE D'ALVÉOLES POUR DES PIÈCES TELLES QUE DES DISQUES DE ROTOR DE TURBINE OU DES DISQUES DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE

FIG. 5A



(57) Abstract : The invention relates to the broaching of at least one slot (3) in a part such as a turbine rotor disk (4) or a turbomachine compressor disk, said slot (3) being machined by means of a broach (1) inclined at a broaching angle (α). Said broach (1) has an inter-tooth pitch (P) that is a sub-multiple of the length to be broached (L).

(57) Abrégé : L'invention concerne le brochage d'au moins une alvéole (3) dans une pièce telle qu'un disque de rotor de turbine (4) ou d'un disque de compresseur de turbomachine, ladite alvéole (3) étant usinée à l'aide d'une broche (1) inclinée avec un angle de brochage (α). Ladite broche (1) présente un pas inter-dents (P) sous-multiple de la longueur à brocher (L).

WO 2014/118459 A1 

UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, **Publiée :**
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, — *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**BROCHE ET PROCÉDÉ DE BROCHAGE D'ALVÉOLES POUR DES PIÈCES
TELLES QUE DES DISQUES DE ROTOR DE TURBINE OU DES
DISQUES DE COMPRESSEUR DE TURBOMACHINE**

DOMAINE TECHNIQUE GÉNÉRAL ET ART ANTÉRIEUR

5 La présente invention est relative au brochage d'alvéoles pour des pièces telles que des disques de rotors de turbines ou des disques de compresseurs de turbomachine.

Elle trouve notamment application pour le brochage d'alvéoles du type « pieds de sapin » ou de « bulbes » pour des disques de rotors ou de
10 compresseurs de turbomoteur ou turbopropulseur d'aéronef.

Classiquement, un turbomoteur ou turbopropulseur d'aéronef comprend une partie compresseur et une turbine rotative. Cette turbine comprend elle-même un disque de rotor qui présente des attaches périphériques (alvéoles dites en forme de « pieds de sapin » ou de
15 « bulbes ») qui sont réparties sur sa circonférence et qui reçoivent et maintiennent les pieds des pales de ladite turbine. Certains disques de compresseurs comportent également de telles attaches.

Ces attaches sont généralement usinées par brochage.

A cet effet, ainsi qu'illustré sur la figure 1A, on réalise, au moyen
20 d'un jeu de broches 1, plusieurs passes dans une alvéole 3 à usiner.

Dans le cas des alvéoles 3 en « pieds de sapin » ou en forme de « bulbes » à la périphérie d'un disque de rotor 4 de turbine de turbomachine ou d'un disque de compresseur, le brochage est souvent réalisé avec une certaine inclinaison (angle α de brochage sur la figure 1A).
25 De ce fait, pour une broche 1 donnée que l'on fait progresser dans l'alvéole 3 pour l'usiner, les dents 2 de cette broche 1 (espacées avec un pas P donné) exercent sur les parois de l'alvéole 3 en formation des efforts alternatifs dus à l'entrée et à la sortie des dents dans cette alvéole 3.

Ces efforts alternatifs (flèches F1, F2, F3 sur la figure 1A) entraînent
30 une variation de la direction des efforts appliqués sur la broche 1 (flèche

résultante F), ainsi qu'illustré sur la figure 1B. Il en résulte une déformée de l'alvéole brochée.

Ce problème est particulièrement exacerbé dans le cas des pièces de petites dimensions.

5 Un but de l'invention est de résoudre cette problématique.

De nombreuses méthodes générales d'optimisation multicritères des outils de brochage ont déjà été proposées.

Généralement, les fabricants de broches s'interdisent d'utiliser des pas sous-multiple de l'épaisseur à brocher. Dans le cas en effet le plus
10 courant où les pièces à brocher sont empilées, l'utilisation d'un pas sous-multiple de l'épaisseur à brocher est susceptible de générer des déformations importantes sur les pièces. Par généralisation, cette règle est également appliquée dans le cas où une seule pièce est brochée.

Il a par ailleurs déjà été envisagé dans l'article :

15 Ozturk, O. & Budak, '*Modeling of broaching process for improved tool design*'. Proceedings IEMCE'03, Washington, D. C., Nov.16-21 2003, p.1-11.

d'utiliser des outils de brochage avec un pas sous-multiple de l'épaisseur de la pièce.

20 Les auteurs indiquent dans cet article que même avec cette solution, il est extrêmement difficile d'obtenir une variation d'effort nulle entre l'entrée et la sortie d'une pièce.

Par ailleurs, cet article ne s'intéresse aucunement aux problématiques du brochage incliné.

25 **PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'INVENTION**

Un but de l'invention est notamment de réduire la variation des efforts de coupe et de réduire la déformée des alvéoles.

A cet effet, il est proposé un procédé de brochage d'au moins une alvéole dans une pièce telle qu'un disque de rotor de turbine ou un disque
30 de compresseur de turbomachine, ladite alvéole étant usinée à l'aide d'une

broche inclinée avec un angle de brochage par rapport à la pièce. Ladite broche présente un pas inter-dents sous-multiple de la longueur à brocher.

Ainsi, en prenant en compte la différence entre l'épaisseur de la pièce à brocher et la longueur à brocher qui est due à l'inclinaison du brochage, le pas inter-dents de la broche est optimisé en vue de minimiser la déformée des alvéoles.

Il est également proposé une broche pour la mise en œuvre de ce procédé.

PRÉSENTATION DES FIGURES

10 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 figures annexées sur lesquelles :

- les figures 1A et 1B illustrent schématiquement le brochage d'une alvéole et la variation des efforts de coupe lors de la descente de l'outil de brochage conforme à un état de la technique connue ;

15 - la figure 2 illustre en vue de côté un disque de rotor et une broche d'usinage d'une alvéole de type « pieds de sapin » en périphérie de ce disque ;

- la figure 3 est une vue de détail de la figure 2 ;

20 - la figure 4 est une vue de détail qui illustre une dent de la broche des figures 2 et 3 dans une alvéole usinée sur le disque de rotor ;

- les figures 5A et 5B illustrent un brochage d'alvéole conforme à un mode de mise en œuvre possible de l'invention, ainsi que la variation des efforts de coupe lors de la descente de l'outil de brochage, la figure 5A étant une vue similaire à celle de la figure 1, selon la ligne A-A de la figure 4.

EXEMPLES MISE EN ŒUVRE ET DE RÉALISATION

Les figures 2 à 4 représentent un disque de rotor 4 comportant une pluralité d'alvéoles 3, ainsi qu'une broche 1 utilisée pour l'usinage des alvéoles 3. Les alvéoles 3 sont en l'occurrence de forme en « pieds de

30

sapin », d'autres formes d'alvéoles d'attache étant bien entendu possibles (formes de « bulbes » par exemple).

La broche 1 comporte une pluralité de dents 2. Deux dents successives sont séparées deux à deux par une âme 5, l'espace vide entre l'âme et le sommet de la dent constituant la chambre à copeau.

L'usinage qu'elle réalise est incliné (angle α de brochage), de sorte que l'épaisseur E_p de la pièce à brocher que constitue le disque de rotor 4 est différente de la longueur à brocher L .

Comme l'illustre la figure 5A, la broche proposée utilise un pas de broche P sous-multiple de la longueur à brocher L .

De cette façon, une dent 2 entre dans l'alvéole 3 en formation à la périphérie de la pièce usinée (disque de rotor 4) au moment où une autre dent 2 en sort.

Les efforts (flèches F_1 à F_4 sur la figure 5A) des dents de coupe 2 en prise avec les parois de l'alvéole 3 usinée s'équilibrent d'un côté et de l'autre de l'alvéole 3. La variation des efforts de coupe (résultante F) est donc limitée et la composante alternative des efforts est éliminée.

Ce principe est illustré par la figure 5B qui représente le différentiel des efforts des coupes en fonction du déplacement.

En prenant en compte les intervalles de tolérance admis pour les pièces ainsi usinées, la valeur du pas est avantageusement choisi comme égal à :

$$P = \frac{\left(\frac{ep^{\max} + ep^{\min}}{2} \right)}{\left(n * \cos \left(\frac{\alpha^{\max} + \alpha^{\min}}{2} \right) \right)}$$

où :

- E_p^{\max} et E_p^{\min} sont les épaisseurs maximum et minimum de la pièce disque compte tenu du tolérancement,
- α^{\max} et α^{\min} sont les angles de brochage maximum et minimum compte tenu du tolérancement,

- n est le nombre de dents en prise voulu et étant un nombre entier positif.

Il est à noter que l'épaisseur E_p est déterminée pour une passe de broche 1 donnée.

5 Elle se calcule de jante à jante entre bords de brochage en entrée et en sortie de l'alvéole 3 usinée.

Elle est susceptible de varier selon la profondeur de l'alvéole à laquelle correspond la passe de la broche 1, un disque de rotor pouvant présenter une épaisseur variable, notamment au niveau de sa périphérie.

10 Les angles de brochage α sont également déterminés pour chaque passe. Ils correspondent à l'angle entre l'axe A de descente de la broche 1 et l'épaisseur de la pièce 4 au niveau de la zone brocher.

Le brochage qui vient d'être décrit est particulièrement intéressant dans le cas de disques de rotors de turbine de petites dimensions et en
15 particulier disques avec un inter-pale réduit.

A titre d'exemple, ce brochage peut être avantageusement utilisé dans le cas de disques de turbine ou de compresseurs avec des épaisseurs inférieures à 20 mm, une profondeur maximale d'alvéole (P_{max} sur la figure 4) de l'ordre de 10 à 15mm et une largeur minimale d'alvéole (c sur la figure 4) de 2 à 3 mm.

20 Le nombre de dents n est alors préférentiellement égal à 2 mais pourra également être égal à 3 ou 4.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de brochage d'au moins une alvéole dans une pièce, l'alvéole étant usinée à l'aide d'une broche inclinée avec un angle de brochage par rapport à la pièce, dans lequel la broche présente un pas inter-dents (P) sous-multiple d'une longueur à brocher (L).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le pas inter-dents P de broche est égal à

$$P = \frac{\left(\frac{ep^{\max} + ep^{\min}}{2} \right)}{\left(n + \cos \left(\frac{\alpha^{\max} + \alpha^{\min}}{2} \right) \right)}$$

où :

- Ep^{\max} et Ep^{\min} sont des épaisseurs maximum et minimum de la pièce compte tenu du tolérancement,
 - α^{\max} et α^{\min} sont des angles de brochage maximum et minimum compte tenu du tolérancement,
 - n est un nombre entier positif.
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel n est compris entre 1 et 4.
 4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel n est égal à 2.
 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel une alvéole est une alvéole en forme de « pieds de sapin » ou en forme de « bulbes » usinée à la périphérie d'un disque de rotor de turbine ou d'un disque de compresseur de turbomachine.
 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la pièce est l'une de : i) un disque de rotor de turbine et ii) un disque de compresseur de turbomachine

7. Broche pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 6, comportant une pluralité de dents réparties dans sa longueur en étant séparées deux à deux avec un pas donné, dans laquelle le pas de la broche est un sous-multiple de la longueur à brocher.
8. Broche selon la revendication 7, le pas de la broche étant égal à

$$p = \frac{\left(\frac{ep^{\max} + ep^{\min}}{2} \right)}{\left(n \cdot \cos \left(\frac{\alpha^{\max} + \alpha^{\min}}{2} \right) \right)}$$

où :

- Ep^{\max} et Ep^{\min} sont les épaisseurs maximum et minimum de la pièce disque compte tenu du tolérancement,
 - α^{\max} et α^{\min} sont les angles de brochage maximum et minimum compte tenu du tolérancement,
 - n est le nombre de dents en prise voulu (étant un nombre entier positif).
9. Broche selon la revendication 8, dans laquelle n est compris entre 1 et 4.
10. Broche selon la revendication 8, dans laquelle n est égal à 2.

FIG. 1A

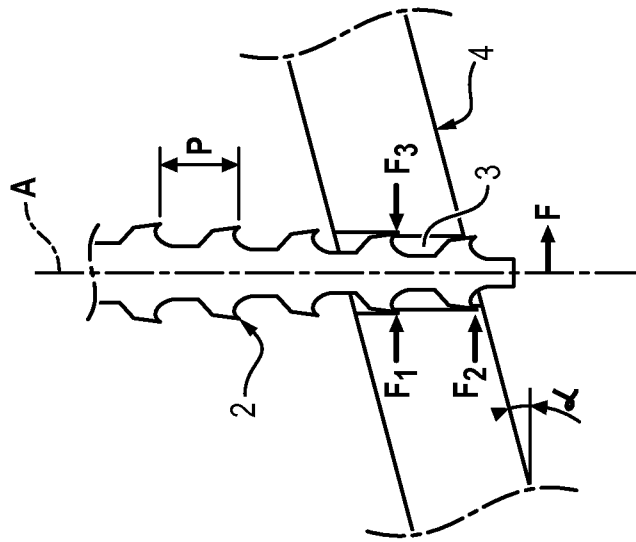
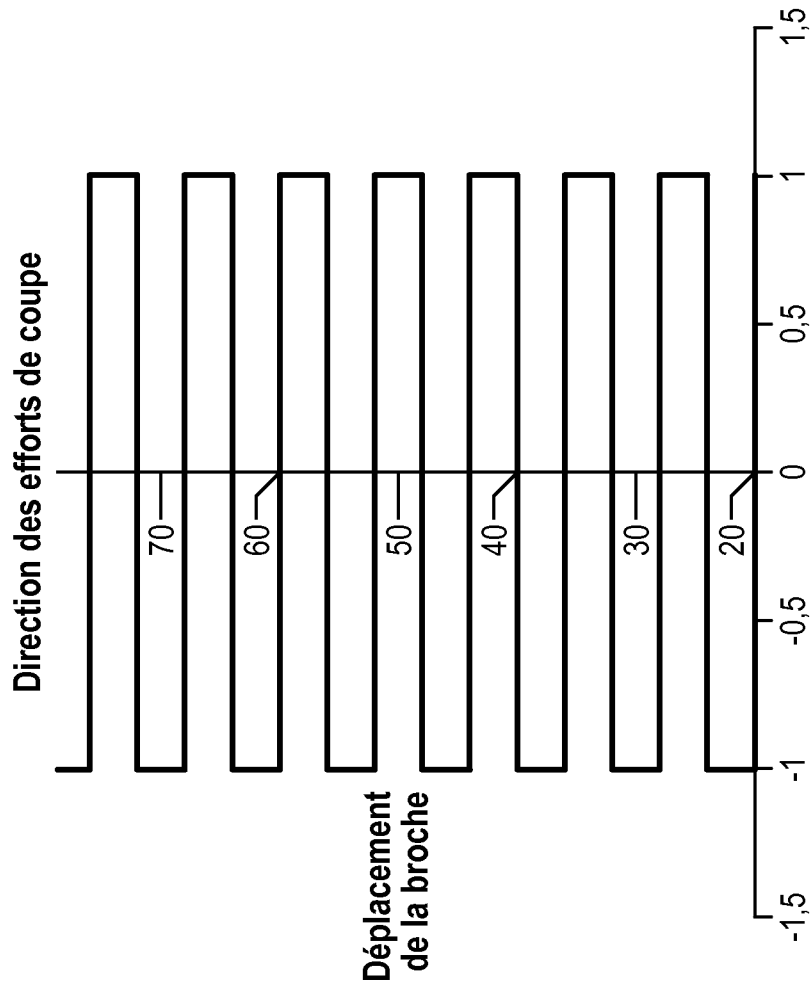


FIG. 1B



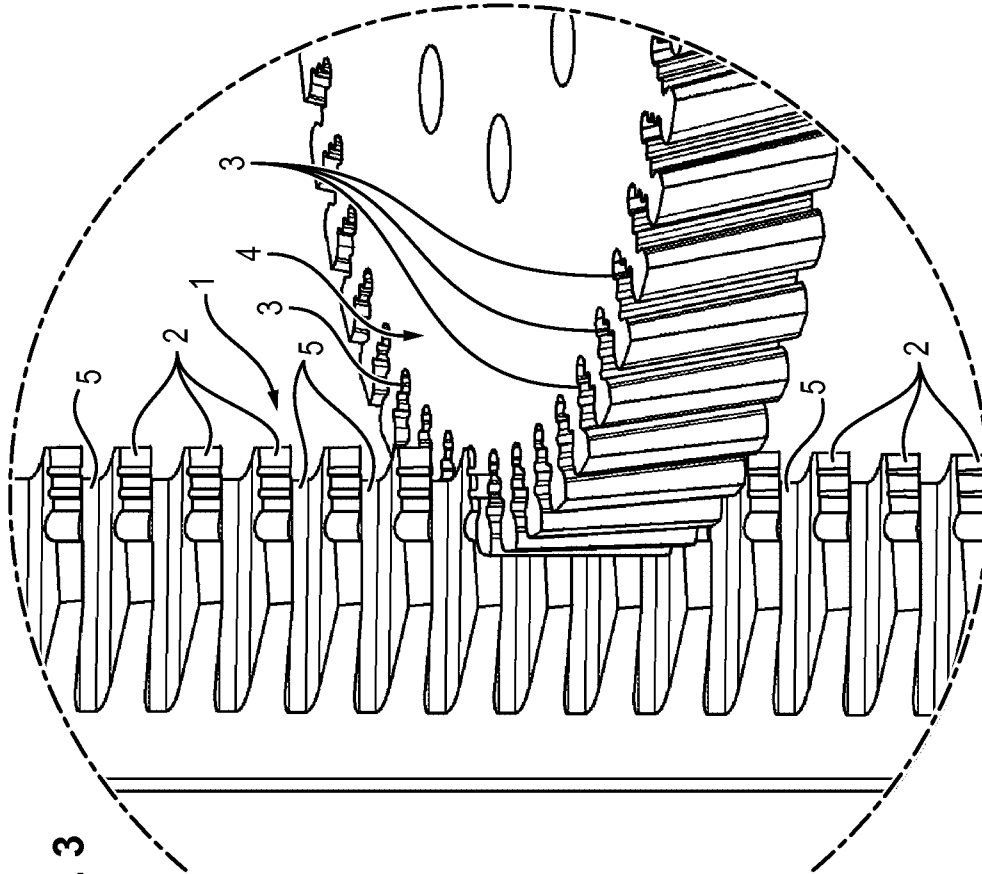


FIG. 3

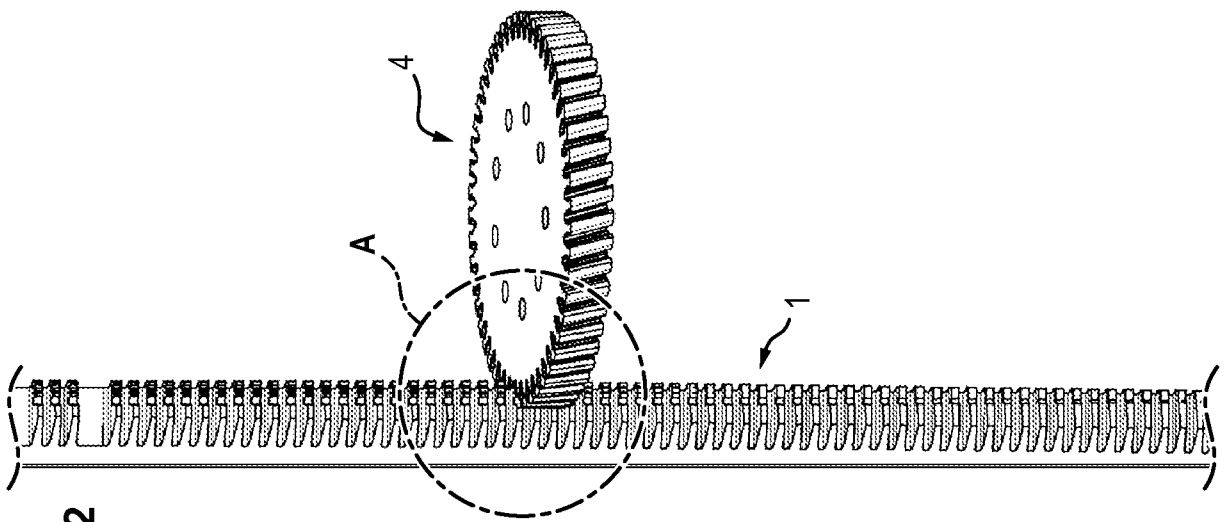


FIG. 2

3/4

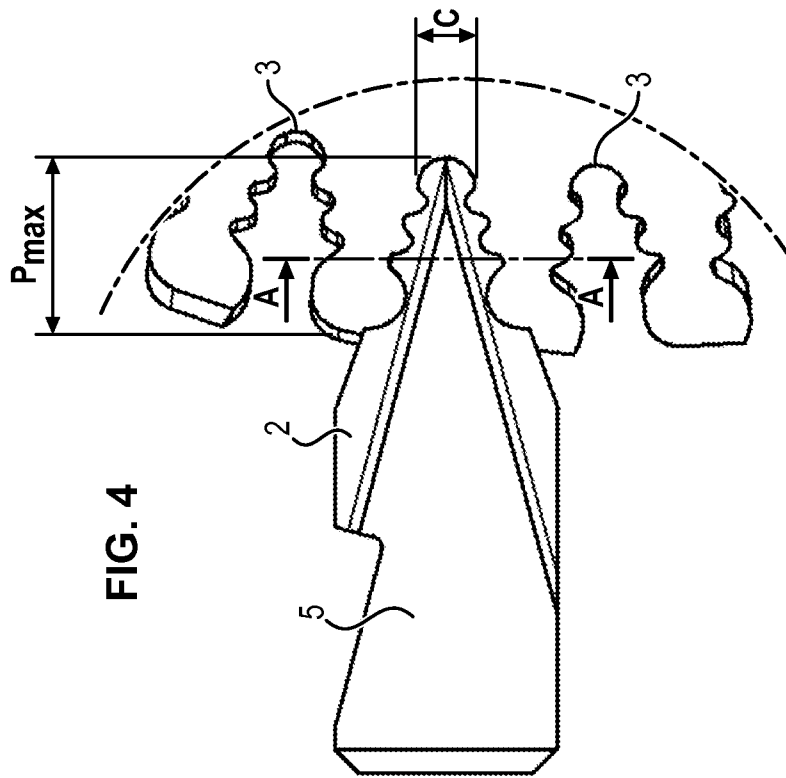


FIG. 4

