



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
15.06.94 Bulletin 94/24

⑤① Int. Cl.⁵ : **B24B 9/20**, B24B 7/30,
B24B 9/16

②① Numéro de dépôt : **91401829.6**

②② Date de dépôt : **03.07.91**

⑤④ **Appareil d'usinage de contours en matériau tendre et procédé d'usinage automatique utilisant un tel appareil.**

③① Priorité : **04.07.90 FR 9008472**

④③ Date de publication de la demande :
08.01.92 Bulletin 92/02

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
15.06.94 Bulletin 94/24

⑧④ Etats contractants désignés :
CH DE ES GB IT LI SE

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 032 102
DE-A- 3 542 817
FR-A- 2 374 137
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no.
333 (M-534)(2389) 12 novembre 1986, &
JP-A-61 136761 (HINODE ENG K.K.) 24 juin
1986,
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no.
142 (M-481)(2199) 24 mai 1986, & JP-A-60
263665 (HOTANI K.K.) 27 décembre 1985,

⑦③ Titulaire : **COMMISSARIAT A L'ENERGIE**
ATOMIQUE
31-33, rue de la Fédération
F-75015 Paris (FR)

⑦② Inventeur : **Ferard, Michel**
80 bis avenue de Tobrouk
F-78500 Sartrouville (FR)
Inventeur : **Jouan de Kervenouel, Tanguy**
9, rue de la Gouttierre
F-78640 Neauphle le Chateau (FR)
Inventeur : **Sgarbi, Frédéric**
6 bis, rue de l'Assomption
F-75016 Paris (FR)

⑦④ Mandataire : **Mongrédien, André et al**
c/o BREVATOME
25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)

EP 0 465 357 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention se rapporte à un appareil d'usinage de contours en matériau tendre tel que du polyuréthane ou d'autres matériaux plastiques, ainsi qu'à un procédé d'usinage automatique adapté à de tels appareils.

On cherche avant tout à obtenir un contour usiné lisse et propre, ce qui est difficile en raison de la tendreté du matériau sur lequel les à-coups de l'usinage, dus notamment aux irrégularités de la vitesse de coupe, de l'avance et de la profondeur de passe et qui sont assez importants dans le cas de procédés automatiques, se répercutent immédiatement et provoquent un mauvais état de surface ou des ondulations. L'objet primordial de l'invention est donc la fourniture d'un outil, et plus généralement d'un appareil, qui permet de réaliser un contour usiné de bonne qualité sur de tels matériaux, et ceci même si le contour usiné est souple, quand par exemple on procède à la suppression de bavures en nervures très fines de quelques dixièmes de millimètres.

Un autre objet de l'invention est surtout intéressant pour les procédés automatiques et concerne l'asservissement de la position de l'outil, c'est-à-dire de sa profondeur de passe. Sur des matériaux tendres, l'effort de coupe qui peut fournir une estimation de la profondeur de passe recherchée est en effet très faible et ne peut guère être capté correctement. On a donc prévu un autre système pour arriver à un bon résultat.

Sous sa forme la plus générale, l'appareil d'usinage selon l'invention, voir la revendication 1, comprend un outil agissant sur le contour et constitué de lamelles élastiques encastrées à une extrémité dans un bloc rotatif entraîné par un dispositif moteur. Les lamelles sont éventuellement constituées d'une toile élastique recouverte d'abrasif.

On utilise de plus, ce qui est avantageux pour des bavures souples sur le contour, un système de brosses non abrasives appuyant sur deux faces opposées du contour afin de maintenir les bavures aux alentours de l'outil à un état où elles se prêtent bien à l'ébavurage. On évite ainsi le repliement des bavures que l'outil pourrait provoquer et qui compromettrait son efficacité en rejetant les bavures hors de portée des lamelles. Ce système consiste en deux brosses portant des éléments radiaux élastiques constituant des ressorts de flexion ; les brosses tournent alors autour d'axes plus ou moins parallèles aux faces du contour.

Il est avantageux que le dispositif moteur soit pneumatique et que l'appareil comprenne un capteur de la vitesse de rotation de l'outil. Il est alors possible de régler la profondeur de passe de l'outil en asservissement la vitesse de rotation à une valeur déterminée, qui peut être périodiquement recalculée en fonction de la vitesse de rotation à vide et de ses va-

riations avec le temps.

On va maintenant décrire l'invention plus en détail à l'aide des trois figures suivantes annexées à titre illustratif et non limitatif et qui représentent une réalisation de l'invention :

les figures 1 et 2 sont deux vues de l'ensemble du système d'usinage représentant respectivement l'outil en vue de face et en vue de dessus ; et

- la figure 3 est un organigramme représentant le mode d'asservissement de l'appareil.

On se reporte tout d'abord aux figures 1 et 2. La pièce à usiner 1 comprend une collerette 2, ou une nervure, dont on usine le bord 3 par une opération d'ébavurage, mais l'outil qui va maintenant être décrit est également utilisable pour d'autres types d'usinage, en particulier le chanfreinage.

Il comprend essentiellement un bloc rotatif 4 muni de lamelles 5 disposées de manière rayonnante et qui se trouvent dans des plans par lesquels passe l'axe de rotation 7 de l'outil 6. Le bloc rotatif 4 est assujéti à une broche 8 qui l'entraîne sous l'action d'un moteur pneumatique 9. Les lamelles 5 sont constituées d'une toile élastique dont une extrémité est encastrée dans le bloc rotatif 4 et dont l'autre extrémité vient frotter contre le bord 3, le long duquel elle est déplacée. Cette autre extrémité est recouverte d'une poudre abrasive qui est responsable de l'usinage.

Un tachymètre 10 fixé au moteur pneumatique 9 mesure la vitesse de rotation de la broche 8 et de l'outil 6. Par ailleurs, le carter du moteur pneumatique 9 porte une console 15 prolongée par une poutrelle 16 parallèle à la broche 8 et qui passe à proximité de l'outil 6. La poutrelle 16 porte les axes de deux brosses 17 et 18 parallèles munies de groupes de poils de Nylon 19 que la rotation des brosses 17 et 18 fait frotter sur les deux faces planes et opposées 20 et 21 de la collerette 2 et du bord 3 ; les axes de rotation des brosses 17 et 18 sont parallèles aux faces 20 et 21. La poutrelle 16 est disposée de manière à s'étendre un peu à côté de la collerette 2. Les poils 19 des deux brosses 17 et 18 ont des portées qui se chevauchent ou se confondent partiellement, mais les brosses 17 et 18 sont légèrement décalées axialement et restent ainsi séparées.

Un moteur 22 fixé à la console 15 entraîne, par une première courroie 23, une des brosses 17, et une seconde courroie 24 relie entre eux les axes des brosses 17 et 18 pour que la seconde brosse soit entraînée.

Les poils 19 sont fléchis en frottant sur les faces 20 et 21 et se redressent ensuite grâce à leur élasticité. Les efforts antagonistes que les brosses 17 et 18 exercent ainsi sur la collerette 2 et le bord 3 ont pour effet de courber les bavures souples qui autrement fléchiraient sous l'effort de l'outil 6 et seraient difficile à éliminer. Une telle bavure porte la référence 29. Elle est pliée autour de sa racine (où elle se raccorde à la collerette 2) et collée contre le bord supé-

rieur de la collerette 2 par la brosse 17 supérieure. L'outil 6 l'attaque alors par la racine et la détache ainsi de la collerette 2 plutôt qu'il ne l'élimine. On remarquera que l'outil 6 est placé obliquement par rapport aux surfaces de la collerette 2 et n'enlève de la matière que sur l'arête qui porte la bavure 29, c'est-à-dire qu'il fait du chanfreinage. L'outil 6 à lamelles 5 est bien préférable dans une telle situation à une brosse rotative garnie de poils abrasifs car les structures élastiques abrasives doivent être suffisamment approchées de la région à ébavurer pour exercer un effort d'abrasion suffisant. Des poils seraient donc amenés sur des portions de la surface de la collerette 2 voisines de la région à ébavurer, qui seraient donc rayées, ce qu'on ne peut être accepté pour des raisons d'esthétique dans de nombreux cas, alors que les lamelles 5 sont courbées sur toute leur hauteur.

La brosse 18 inférieure est destinée à soulever la bavure 29 si nécessaire, afin de la mettre à la portée de la brosse 17 supérieure.

Le moteur pneumatique 9 est disposé à une extrémité d'une glissière 30 dont l'autre extrémité est repoussée par un excentrique 31 actionné par un moteur 32. Un système de rappel tel qu'un ressort 35 maintient l'extrémité de la glissière 30 contre l'excentrique 31 ; par ailleurs, l'ensemble de ces pièces est logé dans un organe terminal 33 d'un bras de robot qui n'est pas représenté en détail et qui est programmé pour suivre approximativement le bord 3 à usiner. La glissière 30 est maintenue sensiblement dans une direction où son coulissement lui permet d'approcher ou d'éloigner l'outil 6 du bord 3, et donc de modifier l'effort de coupe ; les passes d'usinage consistent à déplacer l'organe terminal 33 le long du contour 2 tout en réglant la profondeur de passe en faisant coulisser constamment la glissière 30.

Un potentiomètre 34 repère les déplacements du moteur 32 et donc de l'excentrique 31.

On se reporte maintenant à la figure 3 pour examiner comment s'effectue l'asservissement de l'outil 6, mais il est auparavant nécessaire de se livrer à quelques considérations sur les conditions d'usinage dans le contexte technique de l'invention.

On désire, pour garantir une profondeur de passe uniforme, travailler à effort constant, mais si le matériau usiné est tendre, l'effort est très faible, de l'ordre de quelques grammes, et ne pourrait donc être mesuré sans bruitage excessif par un capteur d'effort lié à la broche 8.

Il est en réalité possible d'estimer avec une précision acceptable l'effort de coupe à l'aide de la vitesse de rotation de la broche 8, surtout quand cette broche 8 est entraînée par un moteur pneumatique 9.

On peut en effet écrire l'équation

$$C = J_{\omega'} + B_{\omega} + C_{\text{ext}}$$

où C est le couple moteur, J est l'inertie des parties entraînées autour de l'axe de rotation 7, B est un coefficient représentatif des pertes par frottement

visqueux, C_{ext} est le couple exercé par la matière usinée, qui dépend directement de l'effort de coupe, et ω' et ω désignent la vitesse de rotation de l'outil 6 et son accélération. Comme le couple moteur C est proportionnel à la pression d'alimentation du moteur pneumatique 9, il peut être connu avec une grande précision, et on peut de même estimer J et B avec précision grâce à un calibrage préliminaire.

Le tachymètre 10 est relié par sa sortie à un système de filtrage 40 qui calcule la vitesse réelle ω_1 à chaque instant. Un système de fourniture de vitesse de consigne 41 fournit simultanément la vitesse de consigne ω_c à respecter. Un système de calcul 42 recueille les deux vitesses ω_1 et ω_c et calcule la position angulaire P_c de l'excentrique 31 pour laquelle la vitesse réelle ω_1 deviendrait égale à la vitesse de consigne et qui est égale, à un coefficient près, à

$$P_c = \int_{t_0}^{t_1} A (\omega_1 - \omega_c) dt$$

où t_1 désigne l'instant considéré, t_0 l'instant du début des mesures et A est un correcteur d'avance de phase. Le résultat de ce calcul analogique est fourni à un système d'actionnement 43 qui actionne le moteur 32 et modifie ainsi la position réelle P_r de l'excentrique 31 qu'il connaît grâce au potentiomètre 34 jusqu'à la faire coïncider avec la position angulaire P_c précédemment calculée. La modification de la position de l'outil 6 qui en résulte se traduit par une convergence de la vitesse réelle ω_1 vers la vitesse de consigne ω_c .

Ce système a un temps de réaction très court.

La vitesse de consigne ω_c peut être choisie proportionnelle à la vitesse de rotation à vide de l'outil 6. Comme cette vitesse de rotation à vide varie avec le temps, notamment à la suite de variations de pression d'alimentation, de température ou de conditions de lubrification, la vitesse de consigne ω_c doit être recalculée de temps en temps par le système de fourniture de la vitesse de consigne 41. On peut en pratique effectuer une mesure à chaque fois que l'outil 6 est dégagé pour procéder à une nouvelle passe d'usinage.

A ces instants de dégagement, l'asservissement décrit précédemment est interrompu et l'excentrique 31 est ramené à une position fixe où la glissière 30 est à mi-course. Quand une nouvelle passe d'usinage est effectuée, l'outil 6 est amené à quelques millimètres du bord 3, puis l'organe terminal 33 est rapproché à vitesse lente du bord 3 jusqu'à le toucher (dans la direction de la flèche représentée sur la figure 3), après quoi une diminution de la vitesse de rotation est détectée et la trajectoire qui a été enseignée au robot est parcourue en reprenant l'asservissement.

Revendications

1. Appareil d'usinage de contours en matériau tendre et notamment de contours souples (2), comprenant un outil (6) agissant sur le bord desdits contours et constitué de lamelles élastiques (5) encastrées à une extrémité dans un bloc rotatif (4) entraîné par un dispositif moteur (9) et un système élastique appuyant sur deux faces opposées (20, 21) du contour et consistant en deux brosses (17, 18) portant des éléments radiaux (19) élastiques, les brosses tournant autour d'axes sensiblement parallèles aux faces du contour. 5 10 15
2. Appareil d'usinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que les lamelles sont constituées d'une toile élastique recouverte d'abrasif. 20
3. Appareil d'usinage selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de réglage (30, 31) de la position de l'outil (6) dans la direction du contour (2) selon les indications d'un capteur (10) d'une grandeur représentative de l'effort d'usinage. 25
4. Appareil d'usinage selon la revendication 3, caractérisé en ce que le capteur (10) est un capteur mesurant la vitesse de rotation de l'outil (6). 30
5. Appareil d'usinage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le dispositif moteur est pneumatique. 35
6. Procédé d'usinage automatique de contours en matériau tendre utilisant un appareil d'usinage selon les revendications 4 et 5, caractérisé en ce que l'appareil d'usinage est déplacé le long du contour, l'outil (6) étant approché et éloigné du contour avec des mouvements déterminés en asservissant la vitesse de rotation de l'outil à une valeur déterminée. 40
7. Procédé d'usinage automatique selon la revendication 6, caractérisé en ce que la valeur déterminée est périodiquement recalculée en fonction de la vitesse de rotation à vide de l'outil. 45
8. Procédé d'usinage automatique selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il se décompose en passes d'usinage entre lesquelles la valeur déterminée est recalculée, chaque passe étant ensuite précédée par une approche lente de l'outil (6) du contour jusqu'à ce qu'une diminution de la vitesse de rotation de l'outil (6) soit détectée. 50 55

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bearbeiten von Konturen aus weichem Material und vor allem von biegsamen Konturen (2), umfassend ein Werkzeug (6), auf den Rand der genannten Konturen wirkend und gebildet durch elastischen Lamellen (5), eingespannt mit einem Ende in einen Drehblock (4), angetrieben durch eine Antriebseinrichtung (9), und ein elastisches System, das auf zwei entgegengesetzte Seiten (20, 21) der Kontur drückt und gebildet wird durch zwei Bürsten (17, 18), die elastische Radialelemente (19) tragen, wobei sich die Bürsten um Achsen drehen, die im wesentlichen parallel sind zu den Seiten der Kontur.
2. Bearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen gebildet werden durch ein mit Schleifmittel bedecktes elastisches Leinen bzw. Gewebe.
3. Bearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Einstelleinrichtung (30, 31) für die Stellung des Werkzeugs (6) in Richtung der Kontur (2) umfaßt, entsprechend den Angaben eines Aufnehmers (10) einer Größe, die repräsentativ ist für die Bearbeitungskraft.
4. Bearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Aufnehmer (10) ein Aufnehmer ist, der die Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeugs (6) mißt.
5. Bearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung pneumatisch ist.
6. Automatisches Bearbeitungsverfahren von Konturen aus weichem Material, das eine Bearbeitungsvorrichtung nach den Ansprüchen 4 bis 5 verwendet, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitungsvorrichtung der Kontur entlang verschoben wird, wobei das Werkzeug (6) mit bestimmten bzw. festgelegten Bewegungen der Kontur angenähert und von ihr entfernt wird, indem die Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeugs auf einen festgelegten Wert geregelt wird.
7. Automatisches Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der festgelegte Wert periodisch neu berechnet wird in Abhängigkeit von der Leerlauf-Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeugs.
8. Automatisches Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß es sich zergliedert in Arbeitsgänge, zwischen denen der

festgelegte Wert neu berechnet wird, wobei anschließend jeder neue Arbeitsgang eingeleitet wird durch eine langsame Annäherung des Werkzeugs (6) an die Kontur, bis eine Abnahme der Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeugs (6) festgestellt wird.

5

chining passes between which the given value is recalculated, each pass then being preceded by a slow approach by the tool (6) to the contour until reduction in the rotation speed of the tool (6) is detected.

Claims

10

1. Device for machining contours made from a soft material and in particular flexible contours (2) comprising a tool (6) acting on the edge of said contours and constituted by elastic plates (5) embedded at one end in a rotary block (4) driven by a motor device (9) and an electric system bearing on two opposite faces (20, 21) of the contour and consisting of two brushes (17, 18) carrying radial, elastic elements (19), the brushes rotating about axes substantially parallel to the faces of the contour. 15
2. Machining device according to claim 1, characterized in that the plates are constituted by an abrasive-covered elastic cloth. 25
3. Machining device according to either of the claims 1 and 2, characterized in that it comprises a device (30, 31) for regulating the position of the tool (6) in the direction of the contour (2) in accordance with the readings of a sensor (10) with respect to a quantity representing the machining force. 30
4. Machining device according to claim 3, characterized in that the sensor (10) measures the rotation speed of the tool (6). 35
5. Machining device according to any one of the claims 1 to 4, characterized in that the motor device is pneumatic. 40
6. Process for the automatic machining of contours of a soft material using a machining device according to claims 4 and 5, characterized in that the machining device is moved along the contour, the tool (6) being moved towards and away from the contour with given movements, the rotation speed of the tool being dependent on a given value. 45
7. Automatic machining process according to claim 6, characterized in that the given value is periodically recalculated as a function of the off-load rotation speed of the tool. 50
8. Automatic machining process according to claim 7, characterized in that it is broken down into ma-

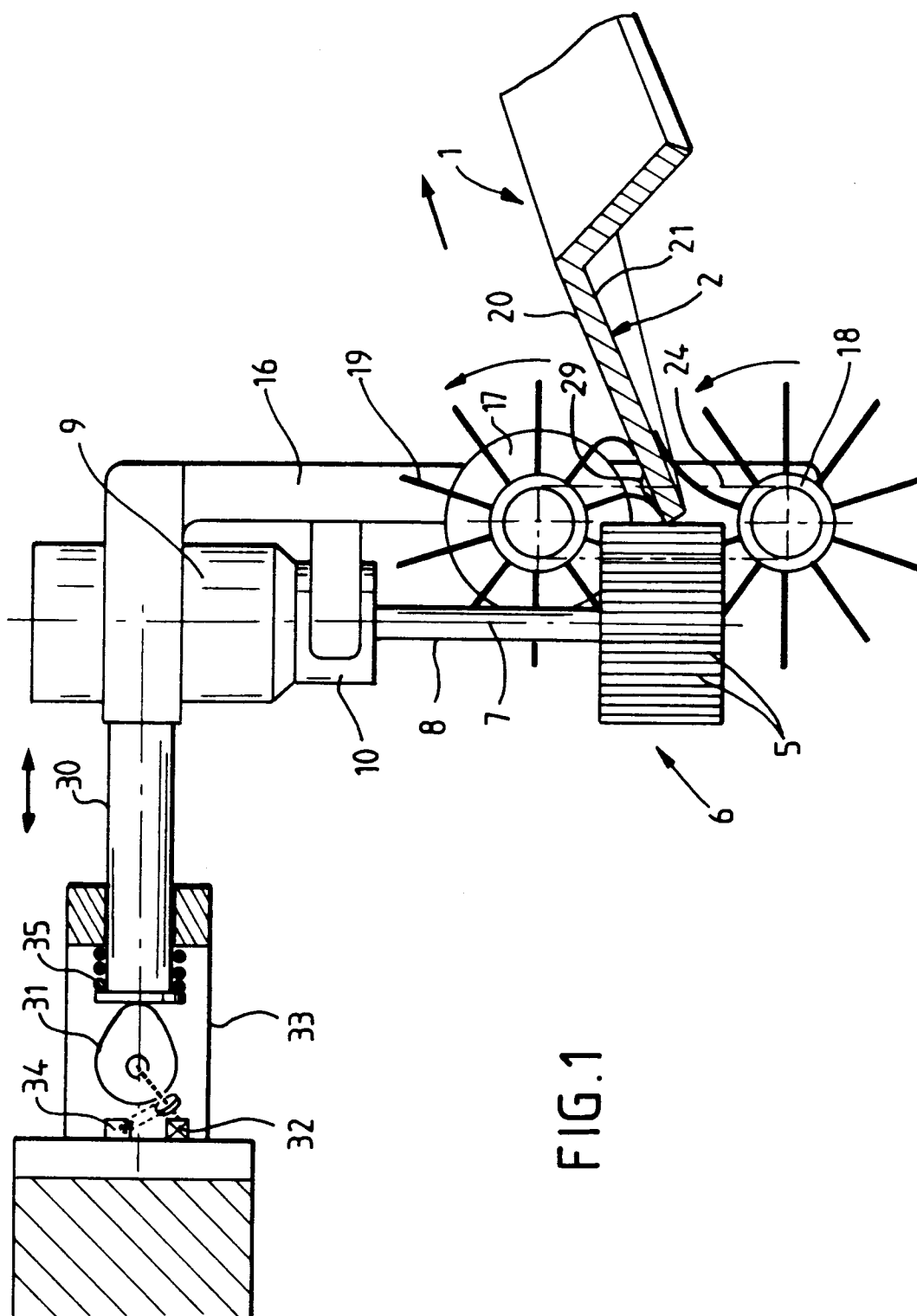


FIG. 1

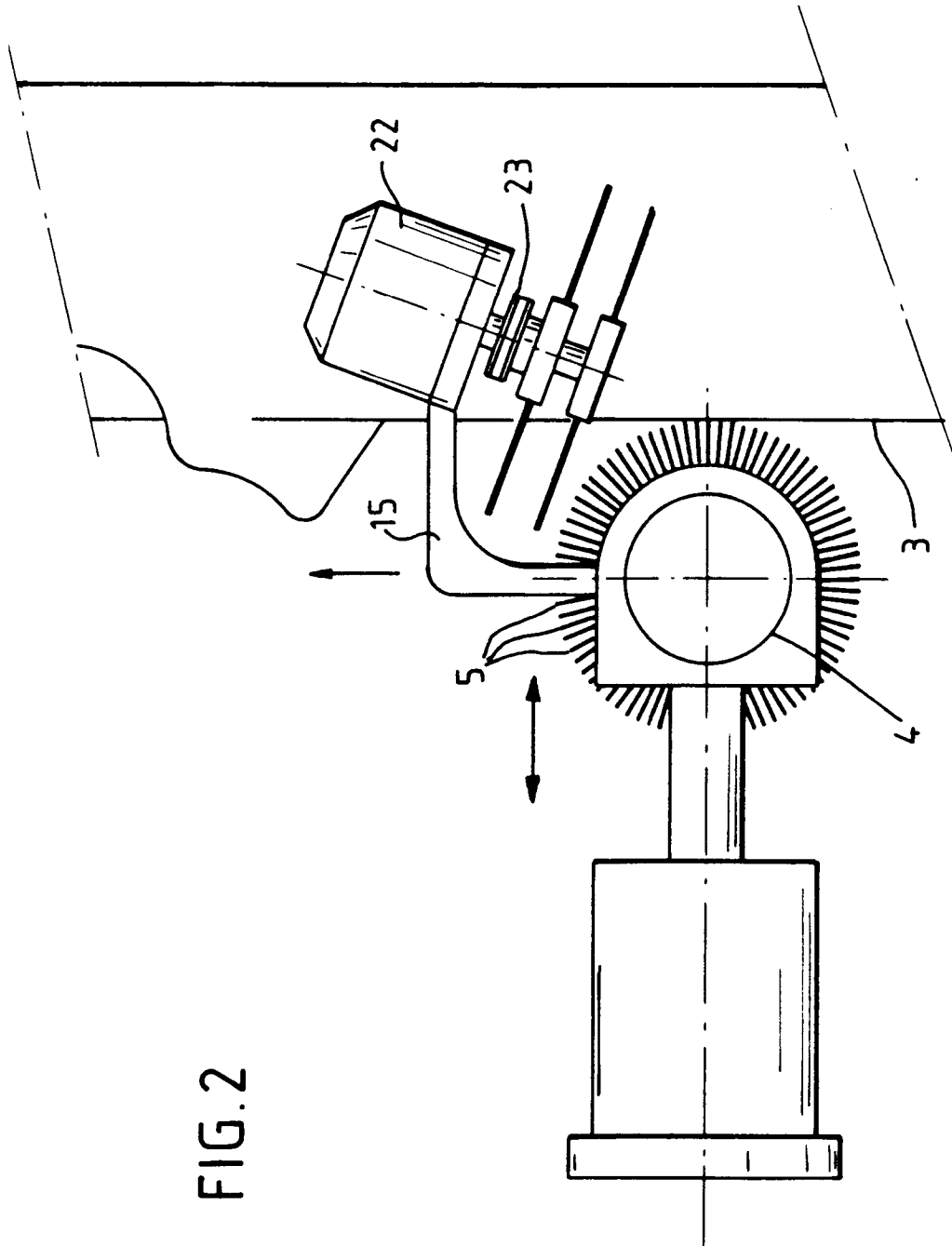


FIG. 2

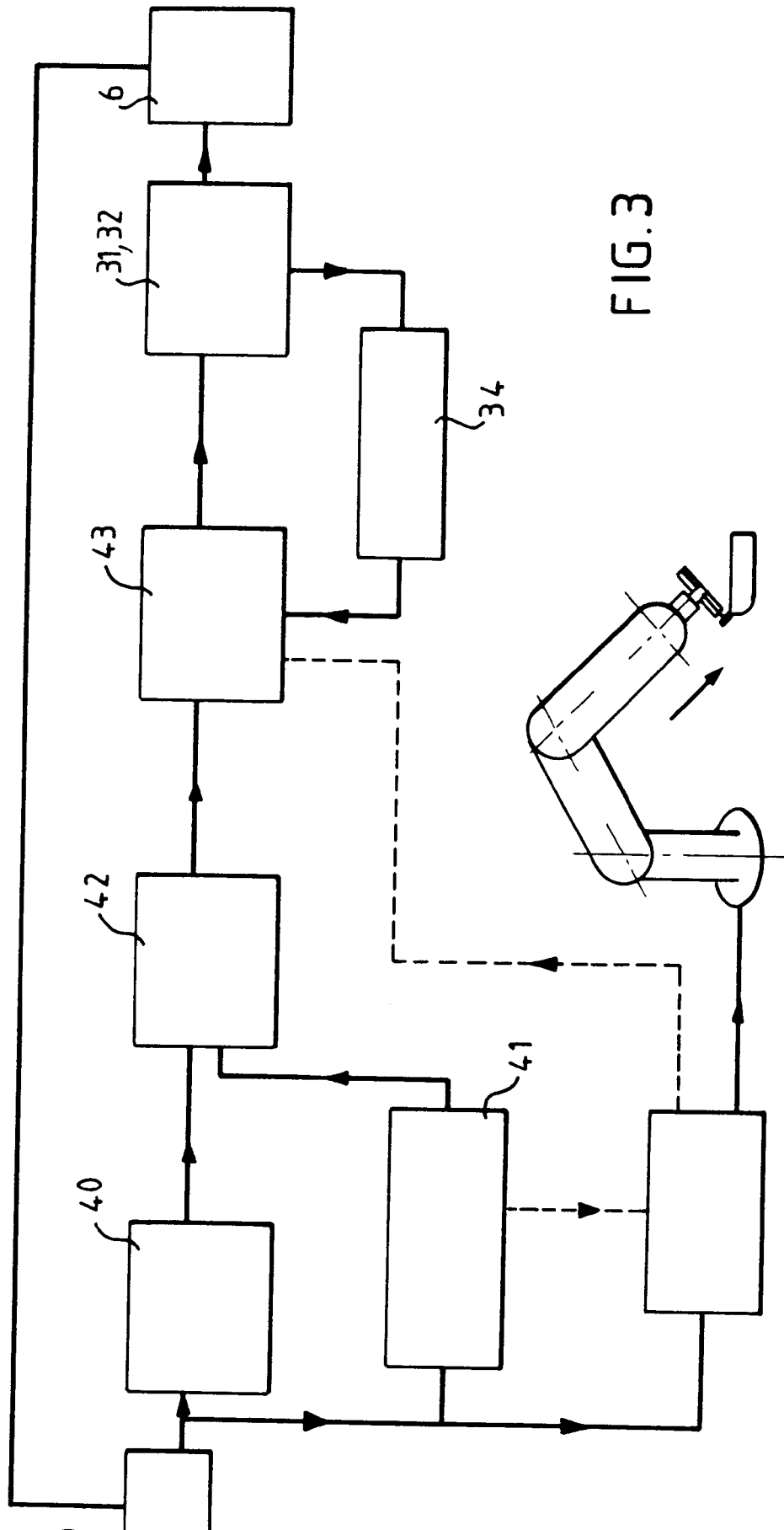


FIG. 3