

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 15284

(54) Appareil et procédé de grenailage.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). B 24 C 3/04, 1/10; F 01 D 5/14.

(22) Date de dépôt..... 9 septembre 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : US, 10 septembre 1981, n° 300 726.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 10 du 11-3-1983.

(71) Déposant : UNITED TECHNOLOGIES CORP. — US.

(72) Invention de : James Wesley Neal et Joseph Frederick Loersch.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : R. Baudin,
10, rue de la Pépinière, 75008 Paris.

- 1 -

La présente invention concerne un appareil et un procédé de grenaillage, en particulier, un appareil où les particules de grenaille sont accélérées par gravité.

5 La présente invention a pour but de communiquer des contraintes de surface résiduelles et une texture ou fini de surface contrôlé à des pièces à travailler. D'un intérêt particulier est la réalisation de finis de bonne qualité et de contraintes de surface compressives
10 sur des pièces à travailler telles que des pales d'un moteur à turbine à gaz montées dans la figure 1. Typiquement, de telles pales comportent une surface incurvée 20, des bords minces 19, 19' et des épaulements 26 également appelés plate-formes. Les pales ne peuvent aisément et
15 uniformément subir un grenaillage à moins qu'elles ne soient disposées convenablement par rapport au courant de grenaille. Les particules de grenaille doivent heurter les surfaces de la pièce à travailler à un angle d'impact élevé pour être efficaces. Jusqu'à présent, les pièces à
20 travailler du type pale ont principalement été grenaillées au moyen de machines pneumatiques ou outils du type turbine. De telles machines ne sont pas adaptées pour créer les vitesses uniformes de la grenaille nécessaire pour obtenir les finis de surfaces souhaités. Cependant, en
25 particulier dans le cas des machines pneumatiques, la grenaille peut être dirigée sur la pièce à travailler selon diverses directions différentes et en ce sens elles sont supérieures.

Le grenaillage sous gravité est un procédé où la
30 grenaille tombe librement sous l'accélération de la gravité. Dans le brevet US No. 937 180, on décrit une machine pour le grenaillage par gravité. Des billes en acier tombent d'ouvertures en forme d'entonnoir et le courant est contrôlé par un couvercle coulissant
35 à la base des ouvertures. Dans le brevet US No. 4 067 240 on décrit un appareil quelque peu similaire où un niveau constant de grenailles dans la structure en forme d'entonnoir est maintenue à l'aide d'un tube de trop-plein. Dans le brevet US No. 3 705 511, on décrit
40 un appareil où, après avoir été élevé jusqu'à une certaine

- 2 -

hauteur, les grenailles roulent vers le bas sur un plan incliné, et sont déchargées à partir du bord pour tomber librement sur la pièce à travailler.

5 Bien entendu, une masse de billes dans une trémie se comporteront d'une manière quelque peu analogue à celle d'un liquide. Par conséquent, dans des trémies en forme d'entonnoir, la vitesse de déchargement d'une particule de grenaille dépendra de la dimension et de la
10 hauteur des billes dans l'entonnoir. Lorsque l'entonnoir comporte, comme dans le brevet US No. 3 75 511, un plan incliné, celui-ci donne une composante horizontale significative à la grenaille et par conséquent celle-ci tombe le long d'un parcours curvilinéaire. Dans le procédé selon
15 la présente invention, la direction et la vitesse des billes doit être plus étroitement contrôlée qu'il n'est possible avec l'appareil connu dans la technique. En outre, tous les appareils connus dans la technique de grenailage par gravité semblent convenir et sont
20 utilisés seulement pour le grenailage de feuilles plates. Lorsqu'on cherche à grenailer plus uniformément des formes plus complexes telles que les pales des moteurs à turbine à gaz, un appareil perfectionné est nécessaire. Les pièces à travailler ne sont pas grenillées et la
25 surface ne sera finie avec la précision souhaitable si ces pièces à travailler sont simplement insérées en position statique dans l'appareil connu dans la technique.

Il est un but de la présente invention de réaliser un appareil pour communiquer à la fois des contraintes
30 de compression uniformes et pour réaliser des finis de surface lisses aux pièces à travailler, en particulier celles ayant des formes irrégulières et relativement fragiles comme c'est le cas des pales des moteurs à turbine à gaz.

35 Selon la présente invention un courant de grenailles sensiblement colinéaires est introduit dans une enceinte en déchargeant la grenaille d'abord à une vitesse initiale très faible et uniforme et en accélérant ensuite la grenaille jusqu'à une vitesse uniforme plus
40 élevée par accélération sous gravité. Après qu'elle a

- 3 -

heurté la pièce à travailler, la grenaille tombe au fond de l'enceinte où elle est collectée et retournée à son point de départ.

5 La grenaille est introduite par une ouverture qui atténue toute vitesse de la grenaille recyclée et crée la vitesse verticale initiale faible souhaitée. De préférence, l'ouverture est une plaque plate perforée qui communique à la grenaille, sortant par les points de déchargement multiples une petite composante de vitesse latérale. 10 Donc, un modèle uniforme de grenailles est obtenu à une courte distance en-dessous de la plaque, dans une zone de fixation de la pièce à travailler, et les pièces à travailler peuvent être positionnées n'importe où dans les plans latéraux 15 dans le courant de grenailles uniforme, et elles reçoivent un grenaillage adéquat. Les orifices préférés qui permettent d'obtenir les paramètres de vitesse précis et la répartition uniforme sont des plaques perforées. Dans un mode de réalisation, l'appareil comprend un dispositif pour maintenir 20 une hauteur constante au-dessus d'une seule plaque, dans un intervalle qui permet d'obtenir un débit uniforme de la masse. Dans un autre mode de réalisation, une série de plaques perforées décalées sont prévues pour constituer un labyrinthe au travers duquel la grenaille doit passer. 25 On a trouvé que les deux types d'orifices créent les vitesses initiales faibles et adéquates souhaitées. Ceci, en combinaison avec de la grenaille de dimension très précise ayant un diamètre moyen dans l'intervalle de 1-2,5 mm, permet des énergies uniformes différant de moins de $\pm 25\%$ sur 30 la pièce à travailler. Il est admis qu'une telle uniformité n'est pas obtenue jusqu'à présent et il est nécessaire d'obtenir des surfaces lisses de l'ordre de 30AA (Moyenne Arithmétique) ou mieux, en combinaison avec des contraintes de compression jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 0,13 mm ou 35 davantage.

La vitesse à la surface de la pièce à travailler dépend de la hauteur d'où la grenaille tombe et celle-ci peut être changée en déplaçant l'ouverture verticalement. Les vitesses verticales initiales créées par l'ouverture 40 sont faibles, ainsi qu'on l'a indiqué, et sont de l'ordre

- 4 -

de 1 -13% des vitesses d'impact typiques. L'appareil crée des vitesses d'impact de l'ordre de 2,5 - 12 m/sec. , et les vitesses sont uniformes ou différents d'environ 5 moins de $\pm 4\%$. La composante latérale de vitesse initiale, bien que nécessaire, est faible, de l'ordre de 0,1 m/sec. Donc, elle constitue une fraction négligeable de la vitesse verticale à l'impact avec la pièce à travailler, et la grenaille se déplace sensiblement selon un parcours co-
10 linéaire, qui permet un grenaillage précis sur les pièces à travailler qui comportent des contours, des parties fragiles , ou des zones qui nécessitent un soin spécial pour obtenir un fini de surface uniforme et une contrainte compressive.

15 Un dispositif de fixation de la pièce à travailler, monté de façon mobile dans l'enceinte, positionne une pièce à travailler de façon que sa surface soit transversale par rapport au courant de grenaille. La structure du dispositif de fixation permet de faire
20 rotation la pièce à travailler pendant le grenaillage. Une telle oscillation par rotation de la pièce à travailler permet la finition uniforme de pièces assez complexes ayant des caractéristiques semblables à celles des pales. Elle permet un fini uniforme sur la totalité de telles
25 surfaces, alors que l'angle d'impact de la grenaille et la contrainte compressive résultante peuvent être non uniformes en l'absence d'oscillations. Par comparaison à un appareil où l'élément est simplement tourné, le mouvement oscillatoire évite l'impact de la grenaille sur des
30 bords relativement fragiles, etc.

Dans un mode de réalisation, pour finir une pièce à travailler du type pale, l'angle du dispositif de fixation de la pièce à travailler est donc l'angle de l'axe de la pièce à travailler par rapport au courant de grenaille
35 est variable. Donc, lorsqu'on procède à un grenaillage d'articles tels que des éléments aérodynamiques, des finis uniformes peuvent être obtenus même dans des régions où il existe des épaulements etc.

Donc, dans le mode de réalisation préféré, trois
40 modes de rotation de la pièce à travailler aérodynamique

- 5 -

sont possibles: Oscillation autour d'un axe, rotation d'une/ valeur
 définie /autour du même axe principal et bascul de l'axe.

Lorsque la pièce à travailler possède des surfaces fragiles
 5 et deux côtés à grenailler, comme c'est le cas des pales
 de moteurs à turbine à gaz, une plaque de déviation est
 utilisée pour intercepter le courant de grenaille avant
 qu'il ne heurte la pièce à travailler. Lorsque la grenaille
 est ainsi interceptée, il est possible de redisposer la
 10 pièce à travailler sans qu'elle ne soit heurtée ce qui
 pourrait endommager les surfaces fragiles. La plaque de
 déviation permet la poursuite de la chute de grenailles
 au travers de l'ouverture. Donc, lorsqu'elle est réouverte,
 un grenaillage constant est immédiatement obtenu.

15 Pour que l'invention puisse être mieux comprise,
 référence est faite aux figures suivantes où:

La figure 1 montre une pièce à travailler aérodyna-
 mique typique qui peut être traitée dans l'appareil selon
 l'invention.

20 La figure 2 est une élévation en coupe de l'appareil
 montrant l'enceinte principale et un élévateur à godets.

La figure 3 est une vue de côté de l'appareil de
 la figure 2.

La figure 4 est une vue partielle d'une extrémité
 25 de l'appareil pour l'oscillation de la pièce à travailler mon-
 trée dans la figure 3.

La figure 5 représente une pièce à travailler montée
 transversalement par rapport au courant de grenaille dans
 la chambre, positionnée de telle façon que l'angle d'impact
 30 C soit inférieur à 90° .

La figure 6 est une élévation d'une ouverture
 dans la chambre supérieure où l'ouverture est constituée
 par une simple plaque perforée, montrant le modèle des
 grenailles lorsqu'il quitte l'ouverture.

35 La figure 7 est une vue d'en haut d'une partie de
 l'ouverture de la figure 6.

La figure 8 est une vue en élévation similaire à la
 figure 6, montrant une ouverture constituée d'une multiplici-
 té de plaques perforées.

40 La figure 9 est une vue partielle d'en haut de l'ou-

- 6 -

verture de la figure 8.

La figure 10 représente une chambre supérieure qui exerce une pression constante sur l'ouverture.

5 La figure 11 montre le rapport entre la hauteur de chute et la vitesse.

Selon la présente invention des finis de surface lisse et des contraintes résiduelles uniformes sont créés dans les pièces à traiter en utilisant un procédé où
10 des sphères en acier durci, de 1-2,5 mm de diamètre, comprenant des diamètres sensiblement uniformes et des énergies uniformes heurtent une pièce à travailler.

L'appareil de l'invention convient particulièrement pour le grenailage d'éléments aérodynamiques employés
15 dans le compresseur d'un moteur à turbine à gaz.

Un tel élément typique 18 est représenté dans la figure 1. Il comprend une section aérodynamique 20 et une section d'emplanture 22. Il existe une moulure de transition 24 entre la section aérodynamique et la plate-forme 26
20 ou surface supérieure de l'emplanture. L'emplanture 22 est effilée pour permettre la fixation dans un autre élément du moteur. On peut voir que la section aérodynamique 20 a une forme courbée et des bords d'attaque et de fuite minces 19, 19'. Les côtés opposés de la section aérodynamique
25 ont habituellement des courbures légèrement différentes. L'axe principal ou longitudinal 27 de la section aérodynamique traverse sa longueur. Il est à noter que la plate-forme 26 est à un angle approchant 90° par rapport au plan général de la surface de la section aérodynamique
30 20. Pour se comporter convenablement et résister à la fatigue, l'élément doit être grenailé uniformément sur les parties complètes des surfaces 20 et 24. L'appareil selon l'invention convient pour réaliser ceci.

La figure 2 est une vue en coupe de l'appareil
35 selon l'invention montrant une pièce à travailler aérodynamique 18 montée dans l'enceinte 28. En fonctionnement, la grenaille en acier, telle que des billes d'acier durci de diamètre uniforme ^{de} 1,8 mm, tombent d'une hauteur et heurtent la pièce à travailler en se déplaçant le long
40 d'un parcours 31. Le fond de l'enceinte 32 est adapté

- 7 -

pour recevoir la grenaille après qu'elle ait rebondi de la pièce à travailler, et l'amène vers le fond d'un élévateur 34 à godets ou un dispositif similaire qui est
5 adapté pour élever la grenaille jusqu'à une hauteur au-dessus de la machine. La rigole de déchargement 36/^{de} l'élévateur à godets est raccordée à une chambre supérieure 38 montée au sommet de l'enceinte. Dans cette chambre supérieure se trouve une ouverture 40 telle qu'une plaque perforée,
10 au travers de laquelle la grenaille en acier doit tomber dans le but de pénétrer dans l'enceinte. La fonction de l'ouverture est d'amener la grenaille jusqu'à une vitesse essentiellement 0 et de permettre à la grenaille d'être déchargée ensuite à une vitesse relativement faible. Les
15 particularités de l'ouverture sont décrites davantage ci-après. Un dispositif de vibration 42 est éventuellement fixé à la chambre supérieure pour favoriser le passage de la grenaille au travers de l'ouverture; dans la plupart des cas il n'est pas nécessaire. L'ouverture est montée
20 verticalement au-dessus de la pièce à travailler et elle a des dimensions telles que la pièce à travailler est uniformément recouverte par la grenaille lorsque celle-ci sort de l'ouverture. (Éventuellement, on peut utiliser un dispositif pour déplacer la pièce à travailler latéralement
25 sous une ouverture plus petite). L'ouverture 40 est mobile dans la direction verticale de sorte que la distance de chute libre entre la surface inférieure de l'ouverture et la pièce à travailler puisse être changée, pour changer l'énergie cinétique que possède la grenaille
30 lorsqu'elle heurte la pièce à travailler.

Montée dans la partie supérieure de l'enceinte
28 se trouve une plaque de déviation 44. Cette plaque est montée en rotation sur un pivot 45 de sorte qu'on peut la tourner pour la mettre en travers du parcours de la grenaille
35 31 pour intercepter cette grenaille dans son parcours vers la pièce à travailler. La plaque de déviation est déplacée en moyen d'un dispositif de commande tel qu'un cylindre 26 lorsque son utilisation est souhaitée. Lorsque la plaque de déviation est dans sa position fonctionnelle, représentée par les traits interrompus, la
40

- 8 -

grenaille est déviée dans la direction également représentée en traits interrompus, de sorte qu'au lieu de suivre le parcours 31 vers la pièce à travailler, elle se déplace
 5 dans un parcours où elle ne vient pas en contact avec la pièce à travailler. Bien entendu, la plaque de déviation peut avoir toute autre configuration et la grenaille peut se déplacer au fond de l'élévateur à godets selon d'autres parcours qu'au travers de la chambre. La commande de la
 10 plaque de déviation n'a pas pour effet de retenir la grenaille sur l'ouverture ainsi que cela se produirait dans le cas d'un élément glissant bloquant simplement les orifices de l'ouverture. Cet aspect particulier est utile pour éviter l'accumulation d'une hauteur de grenaille sur l'ouverture
 15 ou en-dessous de l'ouverture lorsqu'on désire arrêter le grenailage de la pièce à travailler. Si de tels autres modes de fonctionnement étaient possibles lorsque la plaque de déviation (ou un dispositif analogue) était dans sa position de repos, la grenaille qui sort d'abord et se
 20 déplace vers la pièce à travailler n'aura pas la même énergie et vitesse que celle fournie par l'appareil dans son fonctionnement à l'état constant. Avec l'appareil selon la présente invention toute grenaille heurtant la pièce a constamment une énergie uniforme fournie par l'ouver-
 25 ture.

La figure 3 représente d'autres détails de l'appareil. La pièce à travailler 18 est montée par son emplan-
 ture 22 dans un dispositif de fixation 48 fixé à un arbre rotatif 50 monté dans un support 52 qui est retenu sur la
 30 console principale 54 du dispositif de fixation de la pièce à travailler. La console 54 est capable d'un mouvement rotatif, lorsqu'on commande le cylindre 56, autour de ses pivots de montage 58. Donc, lorsque la console 54 tourne, positivement ou négativement, on peut voir que l'angle
 35 entre le parcours de la grenaille et l'axe 50 de la pièce à travailler (et l'axe longitudinal 27 de la pièce 18) variera. La pièce à travailler est montrée dans la figure 5 dans une position obtenue par une rotation négative de son axe longitudinal. On peut voir d'après la figure 5
 40 que l'angle d'impact C avec la surface aérodynamique a donc

- 9 -

diminué , alors que celui avec la plate-forme a augmenté.
(Les angles d'impact sont par définition ceux inférieurs
à 90° , entre la surface de la pièce à travailler et le
parcours de la grenaille). Lorsque le support 54 tourne,
il y a un mouvement vertical de l'arbre 50. Pour empêcher
la grenaille de s'échapper , une plaque coulissante 60
entour l'arbre 50 et se déplace le long d'une ouverture
61 dans la paroi de l'enceinte 28.

L'angle d'impact de la grenaille sur une pièce
à travailler variera habituellement dans l'intervalle de
plus ou moins 20° ; cependant des degrés plus grands de
rotation, jusqu'à 45° peuvent être souhaitables dans
certains cas. Pratiquement, de grands changements d'angles
d'impact sont seulement souhaités lorsqu'il est nécessaire
de heurter convenablement une zone telle que la moulure
intermédiaire ou la plate-forme. A des vitesses de rotation
élevée, des angles d'impact faibles résultant sur la
surface aérodynamique ne produiront pas un grenaillage
efficace.

Ainsi qu'on peut le voir dans la figure 2,
l'appareil permet un mouvement de rotation de la pièce
à travailler autour de son axe longitudinal , par un
mouvement de rotation de l'arbre 50. Il existe deux
modes d'un tel mouvement de rotation. Tout d'abord,
il y a un mouvement oscillatoire, créé par un système de
commande excentrique illustré dans les figures 3 et 4.
Deuxièmement, il existe une rotation unitaire pour permettre
une rotation complète de la pièce à travailler. Pour le
mouvement oscillatoire , on peut voir qu'un moteur 62
commande un bras excentrique 64 qui, par l'intermédiaire
de la cheville 65 provoque le mouvement oscillatoire
d'une tringle 66. La tringle à son tour provoque un mouve-
ment oscillatoire par l'intermédiaire d'une cheville 69
vers le collier 68 qui est fixé à l'arbre 50. Donc on peut
voir que le mouvement oscillatoire de la pièce à travail-
ler sera obtenu. L'amplitude de cette oscillation peut
être changée en changeant la distance des chevilles 65,
69 de leur centre respectif de rotation . Le second
mode de rotation de l'arbre 50 et de la pièce à travailler

- 10 -

est facilité par l'engagement de l'arbre 50 dans le collier 68. D'après la figure 4 on peut voir que l'arbre est maintenu au collier dans lequel il glisse au moyen d'une vis de fixation 71. L'arbre 50 est pourvu de deux creux 73 à 180° l'un de l'autre. Donc, la libération de la vis de fixation et la rotation de l'arbre de 180° présenteront le côté opposé de la pièce à travailler au courant de grenaille. Par conséquent, on peut voir qu'en fonctionnement, le moteur aura pour effet d'osciller la pièce à travailler ainsi que cela est nécessaire pour exposer convenablement la surface courbe de la partie aérodynamique ; et lorsqu'un grenaillage suffisant a été obtenu d'un côté de la pièce à travailler, le moteur est arrêté, et l'arbre et la pièce à travailler fixé à celui-ci sont tournés pour exposer le second côté de sorte que le mouvement oscillatoire et le grenaillage peuvent être recommencés. Il sera évident que d'autres appareils mécaniques plus raffinés peuvent être mis en oeuvre pour les deux modes de rotation précédents.

En revenant de nouveau à l'ouverture, la figure 2 montre une simple plaque à orifice telle qu'une plaque perforée comprenant des ouvertures rondes ou rectangulaires. Une ouverture 40a de ce modèle, réalisée à partir d'une plaque 76 circulaire est montrée dans les figures 6 et 7. Il est évident que les ouvertures 78 doivent être plus grandes que le diamètre des grenailles. Pour une grenaille qui a un diamètre de 1,8 mm, des plaques ont été utilisées ayant des ouvertures circulaires d'environ 6 mm avec des distances entre les centres des ouvertures de 7,5 - 9 mm, et avec 59% de surface ouverte. Une autre plaque utilisable avait des ouvertures de 3,9 mm et des distances entre les centres de 4,7 mm avec 62% de surface ouverte.

Si une seule plaque est utilisée et le courant de grenaille fourni par l'élévateur est inférieur à celui passant au travers de l'ouverture, il est possible pour certaines grenailles de passer directement au travers des orifices sans d'abord heurter la plaque. Ceci signifie que de telles grenailles déchargées depuis l'ouverture auront

- 11 -

une vitesse initiale significative. Ceci est indésirable parce qu'il peut en résulter des variations dans l'énergie de la grenaille sur la pièce à travailler. Il existe une interdépendance entre le fini de la pièce à travailler et la contrainte compressive sur la masse de grenaille et la vitesse. Il est important de pouvoir prédire les périodes de saturation pour obtenir une fabrication convenable; la période de saturation pour chaque masse donnée de grenaille et la vitesse dépendent du courant de la masse. Donc l'ouverture doit fournir un courant uniforme de grenaille. Par conséquent, l'ouverture de l'appareil selon la présente invention ralentit toute la grenaille qui passe au travers de celle-ci et lui communique une vitesse de déchargement faible et relativement uniforme. Un moyen d'obtenir ce qui précède lorsque le courant de grenaille vers un seul écran ou plaque dépasse le courant de grenaille passant au travers de celui-ci, consiste à réaliser un trop plein comme il est montré dans la figure 10. Donc, une hauteur constante H sera obtenue au-dessus de la plaque d'ouverture. Pour les dimensions de grenailles selon la présente invention il est important que la pression de la grenaille soit maintenue à un niveau supérieur à environ 10 cm. L'expérience a montré que le débit de la grenaille ayant une dimension de 1,10 mm au travers d'une plaque simple à orifice telle que la plaque à ouverture de 6 mm mentionnée ci-dessus, augmente significativement lorsque la pression diminue en-dessous de certaines valeurs faibles. Apparemment, il y a une diminution de l'entassement de grenailles et une résistance au mouvement fourni par une hauteur plus grande. Pour des hauteurs supérieures à 10 cm dans l'intervalle de 10-30 cm, il n'y a aucun effet significatif de la pression sur le débit pour la grenaille et les plaques décrites ici.

Une autre façon d'obtenir la vitesse initiale faible souhaitable est le labyrinthe représenté dans les figures 8 et 9. L'ouverture 40b comporte une série de 5 planques perforées écartées l'une de l'autre 80-84 qui sont décalées d'une distance A l'une de l'autre. La dimension des ouvertures 85 dans la plaque perforée peut varier pour toute

- 12 -

dimension particulière des grenailles. Pour une grenaille de 1,8 mm de diamètre, des ouvertures de 12 mm de diamètre conviennent. Les centres des ouvertures sont à 15-22 mm l'un de l'autre et la zone ouverte de la plaque est de 36%.
Les plaques de 1,5 mm d'épaisseur sont écartées l'une de l'autre d'une distance T qui est d'environ 6 mm. L'épaisseur générale de la plaque est d'environ 32 mm. Le décalage A est d'environ 4 mm. Le décalage peut varier en degrés et direction par rapport à celui montré, mais on doit être sûr que la grenaille ne passera pas directement au travers de l'ouverture, et qu'au lieu de cela elle suit une course tortueuse en zig-zag. Le nombre de plaques perforées et leur écartement exact et leur dimension peuvent quelque peu varier, en réalisant ces buts. Bien que des plaques perforées avec des ouvertures circulaires ont été décrites, il doit être évident que d'autres types de plaques avec différentes formes d'ouvertures sont capables de réaliser l'invention.

L'ouverture à labyrinthe est assez insensible à la hauteur sur la première ou plaque la plus élevée, bien qu'il soit généralement préférable qu'il y ait une hauteur 0. Ceci peut être obtenu en ayant une capacité d'élévateur à godets inférieure au courant au travers de l'ouverture. Ainsi qu'il sera évident d'après le dessin, la grenaille ne peut passer directement au travers de l'ouverture en labyrinthe. Elle doit heurter au moins une des trois dernières plaques et avoir un mouvement vertical amené à 0. Il sera également apparent que la grenaille tombant sur et au travers de la dernière plaque aura nécessairement une composante de vitesse latérale. Même avec la plaque perforée unique on a observé que la grenaille avait une vitesse de déchargement latérale, lorsque la grenaille se déplace latéralement au travers de la zone fermée de la plaque et dans les ouvertures. La réalisation d'une composante faible de vitesse latérale pour la grenaille est importante. Si un modèle de courant de grenaille uniforme est réalisé alors la pièce à travailler ne doit pas être déplacée autour du courant de grenaille pour obtenir l'uniformité ainsi que cela serait nécessaire dans le cas de la grenaille sortant d'une série d'entonnoirs ou dans un modèle de dimen-

- 13 -

sion plus petite que la pièce à travailler. Lors de la réalisation pratique de l'invention, la zone de maintien de la pièce à travailler est d'environ 0,15 X 1,5 m, et maintient 20 pièces à travailler du type pale côte à côte, de la manière représentée dans la figure 3. Avec une telle zone de fixation des pièces à travailler, on doit avoir un courant de grenaille uniforme, fourni par une ouverture qui a une aire totale égale à la zone de fixation des pièces.

Les calculs et observations montrent que les vitesses initiales ou de déchargement de l'ouverture de la grenaille indiquées ci-dessous varient entre 0,22 et 0,53 mm/sec. déterminée lorsque le centre de la grenaille passe le plan de la surface inférieure de l'ouverture. Une observation soignée montre que la grenaille de 1,8 mm sortant de l'ouverture séparée ou point de déchargement de la plaque à 6 mm d'ouverture mentionnée ci-dessus se déplace d'environ 0,125 m en-dessous de la plaque comme il est montré dans la figure 6. Ceci constitue une vitesse latérale d'environ 0,08 m/sec. La vitesse latérale initiale est de 15-35% de la vitesse verticale initiale mais lorsqu'elle est liée aux vitesses d'impact finales typiques de l'ordre de 2,4-7,8 mm/sec., on peut voir que la composante latérale (qui hypothétiquement est inchangée) est d'au moins 1-3%, ce qui signifie qu'elle est négligeable et la grenaille se déplace essentiellement le long d'un parcours colinéaire.

La grenaille en acier qui est utilisée selon l'invention a un diamètre dans l'intervalle de 1-2,5 mm. Des considérations de prix et de disponibilité ont amené à utiliser une grenaille qui s'écarte de plus ou moins 0,05 mm de la dimension moyenne. Des particules ayant un diamètre de 1-2,5 mm se situeront en volume entre $0,52-8,2 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ et en masse entre $4-64 \times 10^{-3} \text{ g}$. La masse de particules de grenaille variera jusqu'à environ $\pm 17\%$ dans une dimension particulière, dépendant du diamètre moyen, en dépit de la tolérance étroite de diamètre indiqué ci-dessus. Malgré tout, ces spécialistes en la matière admettront que les tolérances de masses sont en effet étroites.

Des débits pour la mise en oeuvre de la présente invention sont typiquement de l'ordre de $80-110 \text{ kg/sec/m}^2$

- 14 -

d'airs de zone de travail et ceux-ci sont efficaces pour obtenir des temps de saturation de l'ordre de 60-600 secondes, dépendant de l'intensité du grenaillage, de la dimension des grenailles, etc.

L'écartement entre l'ouverture et la pièce à travailler, la hauteur de chute h , déterminent la vitesse v de la grenaille selon l'équation familière $v^2 = 2gh$. La figure 11 montre la vitesse pour diverses hauteurs au cours de l'invention. Pour une intensité de grenaillage donnée, des grenailles plus petites nécessitent une hauteur plus élevée, étant donné que l'intensité de grenaillage est une fonction de l'énergie cinétique de la grenaille au moment de l'impact. Dans le procédé selon l'invention de finissage des surfaces, des dimensions de grenailles relativement grandes et des intensités de grenaillage relativement faibles sont utilisées. Des dimensions de grenailles grandes signifient que l'ouverture doit être disposée relativement près de la pièce à travailler lorsque des intensités de grenaillage modérément faibles sont employées.

Dans les deux cas, il existe des limites pratiques. Un écartement trop grand devient impraticable pour autant que les dimensions de l'appareil sont concernées. On considère des hauteurs dépassant 3-6m comme étant impraticable. Un écartement trop faible crée des variations significatifs dans l'intensité de grenaillage à la fois à cause des différences de vitesse et de déchargement au travers de l'ouverture et des changements d'élévation provoqués par la rotation de l'axe longitudinal de la pièce à travailler. Par exemple, avec une hauteur de 0,30, la variation de vitesse d'impact produit par des vitesses initiales de grenailles variant entre 0,2 ou 0,5 m/sec. sera de 2%; avec une hauteur de 0,6 m la variation sera inférieure à 1%.

Comme on peut le voir dans la figure 11, et en tenant compte des variations de vitesse initiale et de la variation de la hauteur de la pièce à travailler, on considère une hauteur de chute h , inférieure à 0,6 m non préférée et on veut éviter une hauteur inférieure à 0,3 m. Donc,

- 15 -

une hauteur de chute de 0,3-6 m est associée avec des vitesses d'impact de 2,5-12 m/sec. alors que l'intervalle préféré de 0,6-3m sera associée avec des vitesses d'impact d'environ 3,5 -8 m /sec. Ces intervalles de vitesse sont critiques pour obtenir à la fois un bon grenaillage et une bonne surface lisse.

Par analogie avec les tolérances des dimensions des grenailles, il est permis que la vitesse à l'impact puisse varier d'environ plus ou moins 4% (Donc, le carré de la vitesse, qui affecte l'énergie à l'impact sera uniformément dans un intervalle de $\pm 16\%$). La vitesse bien entendue est indépendante de la dimension de la grenaille et selon la présente invention est seulement influencée par les caractéristiques de l'ouverture et la hauteur de la chute.

Avec les tolérances de masse^{et} de vitesse précédentes et les intervalles donnés , on trouvera que la présente invention fournira des énergies d'impact par unité de grenaille de $0,2 \times 10^{-4}$ à 12×10^{-4} J, $\pm 25\%$.

Le fonctionnement de l'invention a en partie été décrit ci-dessus. En résumé, une pièce à travailler est insérée dans une zone de fixation de la pièce à travailler (définie comme étant la région dans laquelle la pièce à travailler peut se déplacer dans un dispositif de fixation et reçoit l'impact des grenailles) au travers d'une porte (non représentée) dans le côté de l'enceinte principale. La pièce à travailler est positionnée de telle façon que l'angle d'impact de la grenaille sera celui que l'expérience a montré nécessaire pour finir convenablement une surface, telle qu'une plate-forme 26. L'axe longitudinale de la pièce peut tourner pendant le grenaillage , pour changer l'angle d'impact . Cependant, pour de nombreuses pales un seul angle fixé dans l'intervalle de 5-15° convient pour grenailler une pale et sa moulure.

On commence l'oscillation de la pale; typiquement elle sera de l'ordre de 20 cycles par minute, dans le contexte d'une période de grenaillage typique de l'ordre de 2-3 minutes par côté. Les angles d'oscillation typiquement seront de l'ordre d'environ plus ou moins 20°.

L'élévateur démarre et la grenaille est amenée vers

- 16 -

la chambre supérieure, passe ensuite au travers de l'ouverture, et tombe sur la pièce à travailler. Le courant de grenaille sera celui qui est souhaité pour obtenir une

5 saturation de grenailage en une période de temps économique. Des débits qui sont (trop élevés) doivent être évités étant donné que des "points aveugles" de faibles intensités sont créés dans les centres des pièces à travailler à cause de l'interférence apparente entre des particules de grenail-

10 les tentant d'échapper de la surface à travailler.

L'action de grenailage est poursuivie jusqu'à ce que l'expérience ait montrée que la pièce à travailler ait obtenue la couverture souhaitée. Ensuite, la plaque de déviation est commandée pour arrêter l'écoulement de grenail-

15 les sur la pièce à travailler, et on fait tourner rapidement la pièce à travailler d'une position de 180° depuis sa position de départ, pour exposer son second côté. Le courant de grenaille est dévié pendant la rotation pour éviter un impact indésirable sur les bords fragiles 19, 19'

20 de la pale. Dès que la pièce à travailler a tourné, on remet la plaque de déviation en position de repos et le courant de grenailles recommence le long de la ligne de parcours principal. Bien entendu, au cours de l'étape précédente au lieu d'utiliser une plaque de déviation, on peut

25 arrêter l'élévateur à godets, avec le même effet d'arrêter le courant de grenaille. Cependant, la plaque de déviation constitue un procédé plus rapide et plus efficace et évite la possibilité qu'une grenaille heurte et éventuellement endommage la pièce à travailler. Il doit être évident que

30 la plaque de déviation peut avoir une forme différente et peut être disposée à un autre endroit pour réaliser la fonction décrite. Il est également possible lors de la mise en oeuvre de l'invention de fermer entièrement la plaque de déviation pour arrêter le courant de grenaille.

35 Ceci créera une accumulation de grenailles sur la plaque en-dessous de l'ouverture. Lorsque la plaque est ouverte, elle est ouverte lentement pour permettre à la grenaille accumulée de tomber sans heurter directement la pièce à travailler et pour permettre la réobtention du courant

40 à l'état constant. Après que celui-ci ait été obtenu, on

- 17 -

ouvre entièrement la plaque.

Après un temps similaire à celui utilisé pour le premier côté de la pièce à travailler, on interrompt de nouveau le courant de grenaille au moyen de la plaque de déviation ou on arrête l'élévateur. On enlève alors la pièce à travailler de son dispositif de fixation et une nouvelle pièce est insérée en place.

On verra de ce qui précède qu'à l'exception de la faible composante latérale qui diminue significativement lorsque la vitesse augmente près de la pièce à travailler, la grenaille se déplacera le long d'un courant essentiellement colinéaire tombant verticalement. Que l'appareil convienne pour réaliser un déplacement de grenailles à une vitesse sensiblement uniforme le long d'une ligne droite est de beaucoup préféré au cours du fonctionnement de l'invention, étant donné qu'elle produit des énergies connues et dans le cas d'une grenaille de dimension uniforme, des énergies uniformes. Ainsi qu'on l'a indiqué ci-dessus, la gravité de la terre est le moyen préféré pour accélérer la grenaille. Cependant d'autres moyens d'accélération de la grenaille uniformément ne sont pas éliminés, y compris les dispositifs mécaniques tels que des lances etc., en particulier des turbines rotatives spécialement construits (il est bien connu que des vitesses uniformes ne sont typiquement pas obtenues avec des machines du type turbine disponibles dans le commerce), et des dispositifs magnétiques.

Pour obtenir un bon grenaillage en accord avec les buts de l'invention, l'appareil doit être construit de telle façon qu'il n'endommage pas la grenaille lors de son utilisation. Pour obtenir ceci, il est souhaitable que les parties internes de l'enceinte soient pourvues d'un revêtement thermoplastique pour amortir l'impact de la grenaille, en particulier la grenaille qui passe à côté de la pièce à travailler. Egalement l'élévateur à godets ou autre dispositif au moyen duquel la grenaille est recirculé doit être construit de façon à ne pas endommager la grenaille.

Bien entendu diverses modifications peuvent être apportées par l'homme de l'art à l'appareil et procédé qui

- 18 -

viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples
non limitatifs sans sortir du cadre de l'invention.

Revendications:

1. Appareil pour le grenaillage d'une pièce à travailler comprenant une enceinte (28) pour contenir les
5 grenaillles se déplaçant le long d'un parcours (31),
un dispositif (34) pour la recirculation de la grenaille,
et un dispositif de fixation (48) monté dans l'enceinte
(28) pour positionner une pièce à travailler (18) dans
une zone de fixation de la pièce à travailler dans le
10 parcours (31) de la grenaille, caractérisé par un disposi-
tif (40) pour décharger la grenaille dans l'enceinte (28)
selon une vitesse verticale faible à partir d'une multipli-
cité d'ouvertures disposées verticalement au-dessus de la
zone de fixation de la pièce à travailler, pour permettre
15 à la grenaille déchargée d'être accélérée sous l'effet
de la gravité vers la zone de fixation de la pièce à
travailler; ce dispositif de déchargement (40) communiquant
en outre à la grenaille une faible composante de vitesse
latérale pour avoir pour effet que la grenaille déchargée
20 par les points multiples se déplacent pour former un
courant sensiblement uniforme de sorte qu'une pièce à
travailler (18) est heurtée de façon égale par la grenaille
sans nécessiter un mouvement latéral de celle-ci.
2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé
25 en ce qu'un dispositif de fixation (48) mobile est adapté
pour positionner la pièce à travailler (18) de sorte que
son premier axe est transversal par rapport au courant
de grenaille; et un dispositif (62,64,65,66,69) pour
l'oscillation avec rotation de la pièce à travailler autour
30 de son premier axe.
3. un Appareil selon la revendication 2, caractérisé
par/dispositif (68,71,50) pour la rotation du premier
axe de la pièce à travailler de façon à changer l'angle
entre cet axe et le courant de grenaille.
- 35 4. Appareil selon la revendication 1, caractérisé
en ce que le dispositif (40) pour décharger la grenaille
dans la chambre comprend au moins une plaque perforée
(40a) .
5. Appareil selon la revendication 4, caractérisé
40 en ce que le dispositif (40) pour décharger la grenaille

- 20 -

- comprend une plaque perforée horizontale (40a) de sorte qu'un mouvement latéral de la grenaille sur la surface de la plaque perforée (40a) crée la composante de vitesse initiale latérale souhaitée.
- 5 6. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en outre en ce que la plaque perforée (40a) est verticalement réglable en position pour changer la distance au travers de laquelle la grenaille peut tomber avant de
- 10 7. un Appareil selon la revendication 2, caractérisé par/dispositif (44) pour dévier la grenaille de son parcours (31), afin de protéger la pièce à travailler (18) de l'impact avec les grenailles sans arrêter le courant de
- 15 grenaille au travers de l'ouverture (40).
8. Appareil selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé par un dispositif de déchargement de la grenaille qui est constitué d'une série de plaques perforées écartées l'une de l'autre (80-84) comprenant
- 20 des modèles d'orifices latéralement décalés.
9. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif de recirculation de la grenaille (34) a une capacité qui ne dépasse pas celle du dispositif de déchargement de la grenaille (40), pour éviter l'accumu-
- 25 lation de la grenaille au-dessus du dispositif de déchargement (40).
10. Appareil selon la revendication 4, caractérisé par un dispositif pour maintenir une hauteur constante de grenaille au-dessus de la plaque perforée (40a).
- 30 11. Appareil selon la revendication 9 caractérisé en ce qu'il comporte une plaque perforée (40a) convenant pour décharger de la grenaille ayant un diamètre de 1-2,5 mm et un dispositif de maintien de la hauteur constante qui crée une hauteur de grenaille dans l'intervalle de
- 35 10-30 cm.
12. Procédé de grenaillage d'une pièce à travailler comprenant deux surfaces se rencontrant à un bord mince en utilisant un courant sensiblement colinéaire de grenaille déchargée depuis une ouverture et se déplaçant le long
- 40 d'un parcours, caractérisé en ce qu'on expose une première

- 21 -

- surface (20), au courant de grenaille , on dévie momentanément la grenaille sortant de l'ouverture (40) de son parcours (31), et on met la pièce à travailler (18) dans
- 5 une autre position pour exposer une seconde surface (24) au courant de grenaille pour ainsi grenailler les surfaces sans endommager le bord direct par l'exposition à la grenaille.
13. Procédé selon la revendication 11, caractérisé
- 10 en ce que la pièce à travailler (18) subit un mouvement oscillatoire dans ces première et seconde positions.
14. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la chute de la grenaille est momentanément déviée au moyen d'une plaque (44) intercallée dans le
- 15 courant (31).

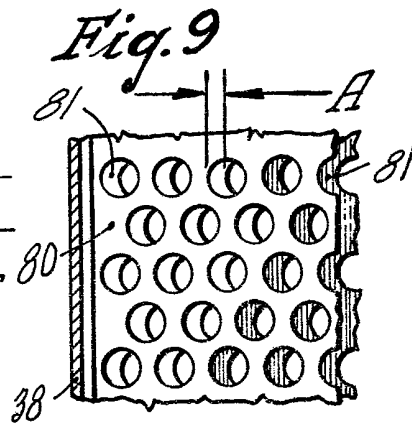
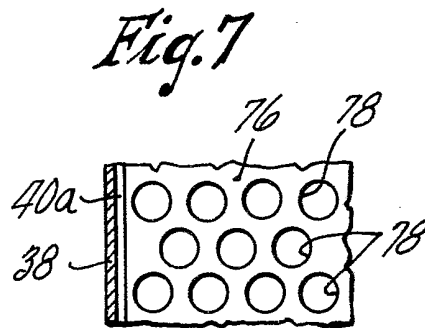
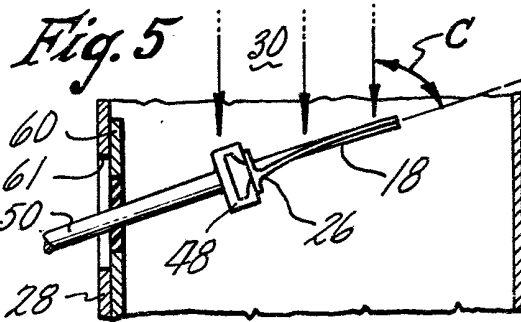


Fig.2

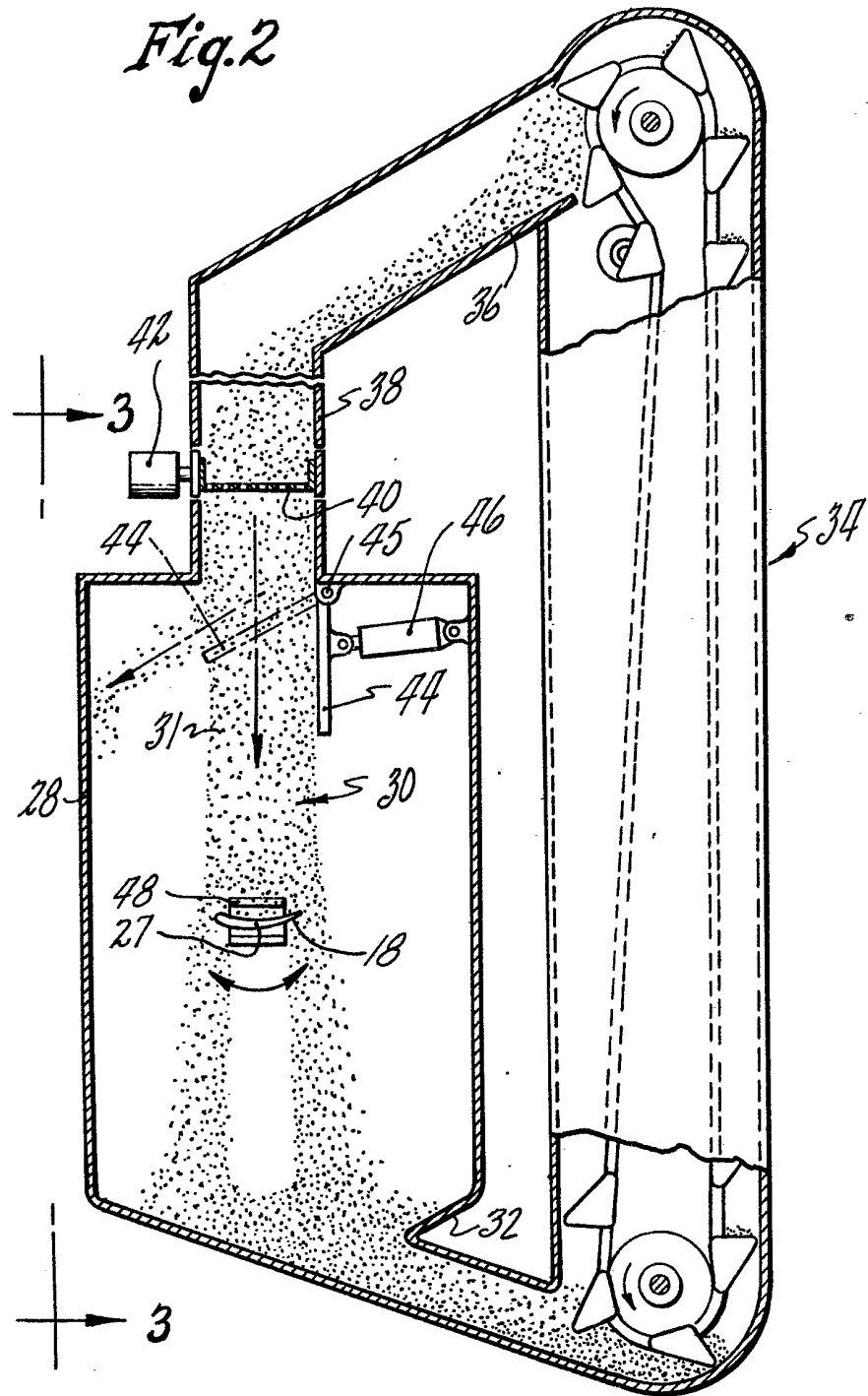


Fig. 3

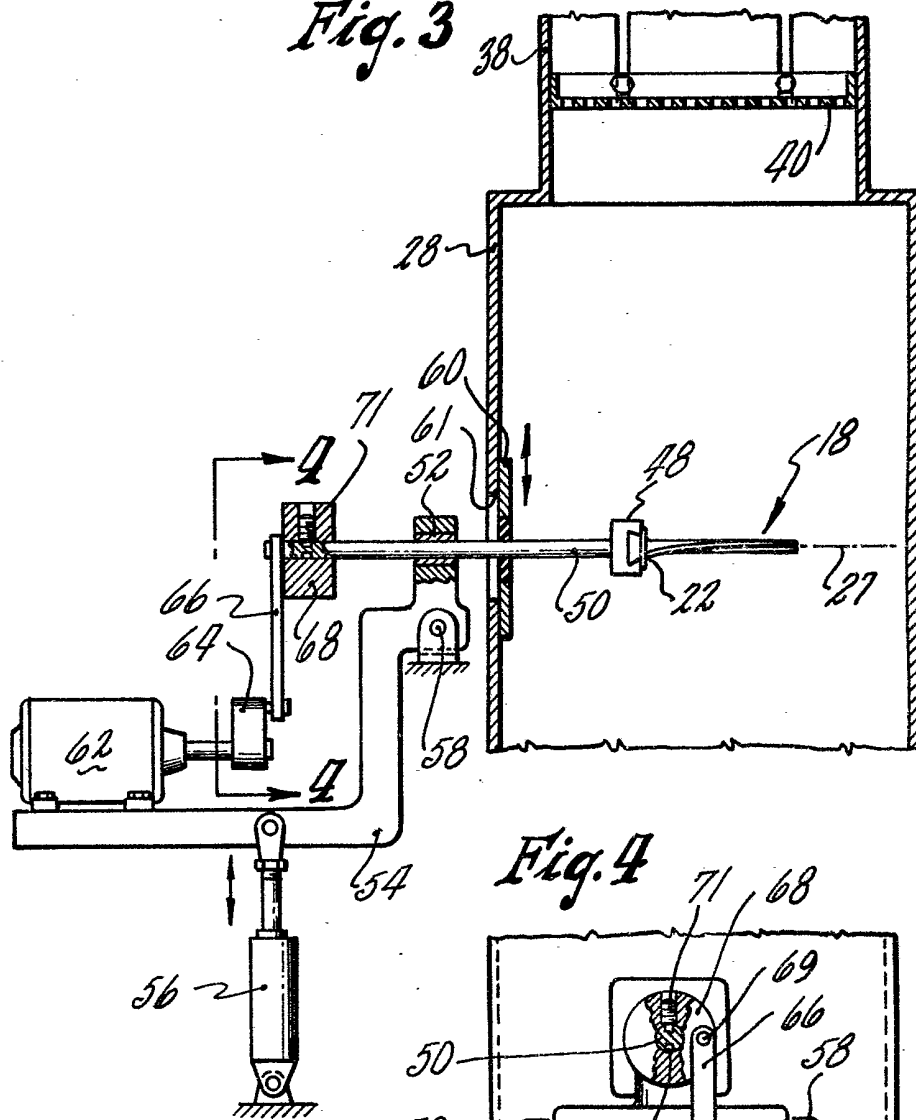


Fig. 4

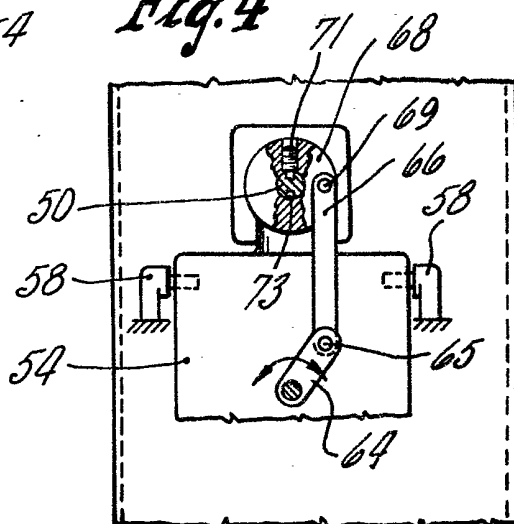


Fig.10

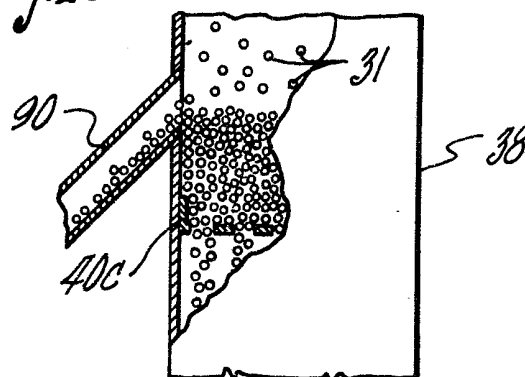


Fig.11

