

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 83 04957

(54) Respirateur comportant un dispositif de refroidissement de l'air respiré.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). A 62 B 7/04, 18/00 // B 63 C 11/16.

(22) Date de dépôt..... 25 mars 1983.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : GB, 26, mars 1982, n° 8208915.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 39 du 30-9-1983.

(71) Déposant : Société dite : COAL INDUSTRY (PATENTS) LIMITED. — GB.

(72) Invention de : Peter Thorp et Roger Manley.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Simonnot,
49, rue de Provence, 75442 Paris Cedex 09.

La présente invention concerne des perfectionnements à un respirateur, plus particulièrement un respirateur comprenant un absorbeur de dioxyde de carbone ou de gaz carbonique. On trouve des absorbeurs de gaz carbonique contenant surtout de la chaux sodée, dans de nombreux types différents de respirateurs en circuit fermé et de respirateurs en circuit semi-fermé, comme le nouveau type illustré et revendiqué dans la demande de brevet britannique publiée sous le n° 2 064 335. La présente invention est particulièrement utile pour ledit respirateur à circuit semi-fermé, mais elle offre des avantages importants lorsqu'elle est appliquée à tous les respirateurs ou appareils de ce genre comportant un absorbeur de gaz carbonique.

L'absorption du gaz carbonique dans la chaux sodée provoque la formation et le dégagement de quantités importantes de chaleur de réaction. Cela provoque l'échauffement du gaz inhalé par l'utilisateur et, bien que ceci puisse s'avérer avantageux dans des milieux environnants extrêmement froids comme dans le cas d'une plongée en mer profonde ou à des altitudes élevées, pour la plupart des utilisations sur le terrain, notamment pour le sauvetage des mines souterraines, on peut obtenir des températures de respiration qui sont élevées au point d'être inconfortables. Cet effet est bien plus notable lorsque la température et l'humidité de l'atmosphère ambiante augmente, ce qui diminue la quantité de chaleur perdue du respirateur vers l'environnement, et l'utilisateur est également moins apte à perdre de la chaleur corporelle dégagée vers son environnement. La norme britannique pour respirateurs, BS 4667 partie 1, 1974, annexe D, spécifie que, dans les conditions suivantes, la température du gaz inhalé ne doit pas être supérieure à 40°C :

Fréquence de la respiration	20 respirations par minute
Volume d'une inhalation	2 litres
volume par minute	40 litres par minute
Air exhalé	5 % de CO ₂ en volume, à 37°C, entièrement saturé de vapeur d'eau

Atmosphère ambiante 30°C, à 85% à 90% d'humidité relative.

En prenant comme exemple le respirateur de ladite demande de brevet britannique, fonctionnant avec 10 litres
5 d'oxygène frais par minute, ce qui implique le renvoi à l'atmosphère d'environ 8,5 litres d'air expiré ou exhalé par minute, on peut calculer qu'il y a production dans l'absorbeur, à chaque minute, d'environ 900 calories (soit 3,76 kJ). Pour maintenir au-dessous de 40°C la température
10 du gaz de respiration, il faut éliminer du respirateur, par minute, au moins 700 calories (au moins 2,93 kJ). De façon classique, il a été supposé qu'on peut y parvenir par des pertes de chaleur vers le milieu ambiant, effet auquel s'ajoute une certaine forme d'action d'une unité de refroidissement impliquant la chaleur latente de fusion de la glace
15 ou d'une autre substance. Pour perdre la quantité requise de chaleur, uniquement par des pertes de chaleur vers l'atmosphère ambiante, il faudrait environ 5500 cm² de surface externe, ce qui jusqu'à présent s'est avéré impossible.
20

On doit comprendre que, dans toutes la description et les revendications, l'utilisation des termes "gaz" ou "oxygène" concerne un gaz ou un mélange gazeux respirable, c'est-à-dire que le respirateur ou appareil peut fonctionner
25 avec de l'oxygène ou avec des mélanges de l'oxygène avec des gaz inertes, par exemple de l'air enrichi en oxygène, (comme de l'air ayant une teneur de 50 % en oxygène), des mélanges d'oxygène et d'azote, et des mélanges d'oxygène et d'hélium, de préférence ceux dans lesquels l'oxygène forme
30 au moins 50 % du mélange en volume.

Les présents inventeurs se sont rendu compte du fait qu'un refroidissement adéquat peut au moins être obtenu par une combinaison d'un écoulement forcé d'air et d'un refroidissement par évaporation. Donc, la présente invention propose
35 un respirateur ayant un circuit de respiration comprenant une source de gaz respirable comprimé, un épurateur capable d'enlever le gaz carbonique de l'air expiré passant à travers

le purificateur ou l'épurateur, une unité de refroidissement ayant une surface destinée à retenir une pellicule d'un liquide évaporable et un ensemble formant poche de respiration, de sorte qu'une certaine quantité d'air atmosphérique
5 ambiant est aspirée de l'atmosphère ambiante et expulsée à travers cette surface de l'unité de refroidissement, par la contraction et la dilatation de la poche de respiration due à la respiration de la personne portant ce respirateur, de sorte que l'air expiré et purifié est refroidi par passage
10 à travers l'unité de refroidissement.

L'invention utilise le mouvement de la poche de respiration, que l'on trouve dans tous les appareils de respiration, ou respirateurs à circuit fermé et à circuit semi-fermé, pour déplacer l'atmosphère ambiante sur le refroidisseur. Si la poche de respiration est montée dans une enveloppe de façon que le mouvement de cette poche déplace une proportion raisonnable de son volume interne, il peut en
15 résulter un effet de pompe simple, qui peut être aisément rendu plus positif à l'aide de valves. La poche de respiration peut être une vessie mais l'on préfère que la poche comporte un diaphragme déplaçable qui peut être en métal ou en une matière analogue, et l'on peut obtenir un appareil à pression positive si le diaphragme est chargé par un
20 ressort ou sollicité d'une autre façon de manière à réaliser une pression positive par rapport à l'atmosphère ambiante à tout moment du cycle de respiration. Une telle poche de respiration est particulièrement préférée, puisque le diaphragme joue le rôle d'un piston dans le logement et exerce un bon effet de pompage. Cela ne provoque en soi pas d'augmentation
30 importante de la résistance à la respiration. Avantageusement, le trajet de la quantité d'air atmosphérique ambiant comprend le passage sur la source de gaz respirable comprimé, laquelle source refroidit le gaz en raison d'une dilatation adiabatique, avant que cette quantité d'air ne soit expulsée sur
35 la surface de l'unité de refroidissement.

L'unité de refroidissement par évaporation utilise de préférence une surface d'une étoffe mouillable, constituée

d'une fibre naturelle ou, de préférence, synthétique, de structure tissée ou non tissée. De telles étoffes sont facilement disponibles et elles peuvent être fixées de façons diverses à la surface de l'unité de refroidissement.

5 L'étoffe peut être mouillée par n'importe quel liquide convenable, capable de s'évaporer aux températures de fonctionnement, qui est non toxique et non inflammable dans les conditions ambiantes et qui possède une chaleur adéquate d'évaporation. L'eau est un liquide particulièrement préféré

10 mais, sous certaines pressions ambiantes élevées de vapeur, elle peut ne donner qu'un refroidissement inadéquat, et d'autres liquides peuvent être plus intéressants. On peut faire appel à d'autres liquides, y compris des liquides de réfrigération, dans des conditions différentes risquant

15 d'être rencontrées. De préférence, on utilise un réservoir pour compléter et remplacer la pellicule de liquide évaporable, et le remplacement peut être réalisé à l'aide d'un effet de mèche ou effet capillaire, à partir d'un réservoir, ou par une alimentation goutte à goutte par gravité à partir

20 d'un réservoir, bien que, si l'on envisage de grandes variations d'orientation de l'appareil de respiration ou respirateur, une alimentation par capillarité puisse s'avérer plus fiable. Si l'on utilise de l'eau, un volume de 200 ml semble adéquat pour assurer un refroidissement pendant

25 une durée pouvant aller jusqu'à 3 heures. La quantité de liquide peut être complétée de temps à autre. Le réservoir peut être un simple conteneur de liquide ou, commodément, peut être constitué d'une matière à grandes propriétés d'absorption des liquides, comme une éponge synthétique.

30 Du liquide peut aussi être fourni, en provenance du réservoir, à l'aide d'une pompe, qui peut être manoeuvrée manuellement ou manoeuvrée par mouvement de la poche de respiration ; on a trouvé que des diodes fluidiques, actionnées par le mouvement de la poche, sont utiles.

35 L'unité de refroidissement peut comprendre un canal pour le passage de l'air expiré purifié, qui a été chauffé par passage à travers l'épurateur, et une paroi du canal peut former une

surface d'échange de chaleur, ayant, du côté éloigné de l'air expiré purifié, une surface destinée à retenir une pellicule de liquide évaporable, la surface étant ventilée par le mouvement de la poche de respiration. L'unité de refroidissement comprend de préférence un premier canal destiné au passage de l'air exhalé épuré et un second canal destiné au passage de la quantité expulsée d'air atmosphérique ambiant, le second canal ayant au moins une surface destinée à retenir la pellicule de liquide évaporable. De préférence, le premier canal comporte un dispositif pour allonger la longueur du trajet de l'air expiré purifié et/ou pour encourager la formation d'un écoulement turbulent de l'air expiré purifié, puisque cela améliore la transmission de chaleur de l'air expiré purifié et chaud, et un tel dispositif est constitué de façon appropriée par des chicanes ou par un garnissage de fils métalliques, de préférence en bon contact thermique avec la surface d'évaporation. L'unité du refroidisseur peut être une unité sensiblement rectangulaire montée près de l'épurateur, avec une cloison centrale portant de chaque côté des chicanes destinées à augmenter la longueur du trajet et aussi à conduire la chaleur dégagée de l'air expiré, purifié et chaud, et éventuellement de la masse d'agent d'absorption du gaz carbonique se trouvant dans l'épurateur, vers la partie de l'appareil traversée par la quantité d'air atmosphérique expulsée. De façon appropriée, une proportion aussi grande que possible de la surface du second canal doit être destinée à servir de support au liquide évaporable. L'unité de refroidissement peut comprendre un échangeur de chaleur sensiblement cylindrique, monté à l'intérieur d'une enveloppe, l'échangeur de chaleur formant un premier canal, et le second canal étant délimité par ou entre les parois de l'échangeur de chaleur et de l'enveloppe. Dans une unité que l'on préfère davantage, l'échangeur cylindrique de chaleur comprend deux tubes concentriques délimitant entre eux un premier canal annulaire, le second canal comprenant alors le passage central ainsi que l'espace entre la paroi externe et l'enveloppe. Cette unité, que l'on

préfère davantage, comporte avantageusement des fils radiaux s'étendant entre les parois des tubes dans le premier canal annulaire, et l'on peut réaliser une bonne transmission de chaleur vers les surfaces internes et externes de l'échangeur
5 de chaleur ; les parois interne et externe sont de préférence toutes deux entièrement revêtues d'une étoffe absorbante, en contact avec un réservoir de liquide, du type éponge. Il est clair qu'il ne doit pas y avoir de possibilité, dans le circuit de respiration, de contamination du gaz par
10 l'air atmosphérique ambiant, et les trajets des gaz doivent être maintenus entièrement séparés.

Pour diminuer le gain de chaleur acquise par le gaz de respiration, on préfère isoler thermiquement, autant que possible, l'épurateur des autres parties de l'appareil de
15 respiration ou du respirateur, bien que la réalisation d'un appareil compact impose des contraintes sur la structure de celui-ci. Un respirateur préféré comporte une enveloppe incorporant une poche de respiration et une pompe pour déplacer l'air et, monté du côté éloigné de l'utilisateur,
20 un épurateur en grande partie plan, séparé de l'enveloppe et formant un espace entre lui et cette enveloppe. De préférence, l'épurateur est également refroidi par des courants de convection ou par ventilation provoquée par le mouvement de la poche de respiration. Le circuit de respiration com-
25 prendra une soupape de sécurité, s'ouvrant à l'atmosphère, et l'appareil de respiration ou respirateur peut être conçu de façon à garantir le départ vers l'atmosphère de la vapeur d'eau et de l'excès d'eau liquide, et l'on peut préférer garantir le départ de toute l'eau éventuellement liquide
30 d'une position dans laquelle elle peut compléter l'alimentation en eau de l'unité de refroidissement par évaporation.

L'invention sera maintenant décrite, à titre illustratif nullement limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels :

35 la figure 1 est une vue arrière de l'agencement général d'un respirateur selon l'invention ;

la figure 2 est une vue latérale du respirateur de

la figure 1 ;

la figure 3 est une vue de face du respirateur de la figure 1, avec enlèvement d'une partie de l'appareil,

la figure 4 est une coupe le long de l'appareil, le long de la ligne A-A de la figure 3 ;

la figure 5 est une coupe verticale de l'absorbeur de l'appareil, le long de la ligne C-C de la figure 2 ; et

la figure 6 est une coupe de l'absorbeur de la figure 5, le long d'une ligne B-B, et comprend un conteneur de poche de respiration.

En se référant tout d'abord aux figures 1,2 et 5, on voit que le respirateur est sous forme d'un appareil porté sur le dos, qui comprend une bouteille ou cylindre 1, contenant du gaz comprimé, une partie d'appareil 2 destinée à l'épuration, et une partie d'appareil 3 comportant l'assemblage comprenant la poche de respiration. La bouteille 1 délivre du gaz frais à un débit volumétrique prédéterminé, par exemple 6 ou 12 litres d'oxygène par minute, du côté inhalation de l'appareil, où cet oxygène est mélangé à du gaz purifié recyclé qui est formé par une partie de l'air expiré par le porteur de l'appareil (ou utilisateur), air qui a traversé l'épurateur et dont le gaz carbonique a été enlevé. La quantité totale de gaz d'alimentation excède nettement la quantité requise par le porteur de l'appareil, et l'excès est envoyé vers l'atmosphère par une soupape de sécurité 4, placée du côté expiration du respirateur. Le gaz est fourni au porteur de l'appareil par un tube flexible classique de respiration (non représenté) fixé à un tuyau 5, et l'appareil peut comporter un embout, un masque de respiration ou un autre organe personnel pour alimenter en gaz la personne portant l'appareil. Le gaz ou l'air expiré par le porteur de l'appareil est pris par un autre tube souple classique de respiration (non représenté) pour être acheminé par un tuyau 6 vers le côté expiration de l'appareil. Le gaz frais peut être introduit dans la poche de respiration, par exemple au voisinage de la sortie de la poche de respiration vers le tuyau 5, ou dans le tuyau 5 lui-même.

La partie de l'air expiré qui n'est pas envoyée à l'atmosphère passe dans la partie 2 de l'appareil, destinée à l'épuration, et ce gaz est distribué à l'aide d'un collecteur ou manifold 7 à deux masses 8 constituant un absorbeur en chaux sodée maintenu entre des morceaux 9 de toile métallique. Une partie 11 de l'appareil est destinée à collecter l'humidité ; celle-ci peut être libérée à l'extérieur de l'appareil par manoeuvre manuelle d'un évent 10. Le gaz purifié, qui quitte les masses d'épuration, passe dans un collecteur 12 et sort par un tuyau 13 de la partie de l'appareil destinée à l'épuration. Le tuyau 13 communique avec une poche 14 circulaire de respiration, qui est formée par un diaphragme 15 à montage élastique, fixé à l'aide d'un ressort 16, soumis à une tension mécanique préliminaire, au corps de l'ensemble formant ou comportant la poche de respiration. Le ressort garantit que le gaz se trouvant dans le circuit de respiration est toujours sous pression positive par rapport à l'atmosphère environnante, même pendant une inhalation, ce qui diminue grandement le risque de la pénétration de substances toxiques dans le circuit de respiration. Lorsque le porteur de l'appareil expire du gaz, la poche de respiration joue un rôle opposé à celui du poumon, en se remplissant et en se dilatant ; de même, lorsque le porteur de l'appareil inhale de l'air, la poche se vide.

La poche de respiration est montée dans une enveloppe 17 équipée de simples soupapes 18 à clapet d'admission, communiquant avec l'atmosphère, et de soupapes 19 semblables à clapet de sortie communiquant avec une unité 20 de refroidissement par évaporation. Le mouvement du diaphragme 15 de la poche de respiration agit ainsi pour transformer l'ensemble formé par ou comprenant la poche de respiration en une pompe alternative, qui aspire de l'air de l'atmosphère ambiante dans l'unité 20 de refroidissement et en expulse cet air. Les masses 8 de l'épurateur sont espacées de part et d'autre de la poche de respiration, en formant un espace ventilé 21. L'unité 20 du refroidisseur par évaporation comporte un certain nombre de chicanes 22 revêtues d'une

étouffe (non représentée) qui est une étouffe capillaire capable de distribuer du liquide sur sa surface. Les chicanes sont en contact thermique avec les chicanes métalliques 26 sur lesquelles passe le gaz épuré, et elles sont également
5 en contact avec la toile 9. Les chicanes sont également montées de manière à être en contact avec un réservoir d'un agent de refroidissement sous forme d'une masse spongieuse 24, qui est imprégnée d'un liquide exerçant par évaporation un effet de refroidissement, et qui commodément est de l'eau.
10 L'air de l'atmosphère ambiante expulsé sur les chicanes absorbe de la chaleur sensible et de la vapeur de liquide, ce qui refroidit les chicanes de la quantité appropriée de chaleur d'évaporation, et cet air quitte par des sorties
25 l'unité 20 de refroidissement pour parvenir à l'atmosphère
15 extérieure.

La combinaison du mouvement de l'air et du refroidissement par évaporation s'avère donner un refroidissement adéquat que l'on ne pouvait obtenir jusqu'à présent. Dans les conditions de la norme britannique et en utilisant
20 litres de gaz frais par minute, on peut pomper à travers la partie de l'appareil destiné au refroidissement environ 35 litres d'air par minute, et l'effet global de refroidissement peut se calculer comme suit.

Avec l'atmosphère externe à 30°C et 90 % d'humidité
25 relative, et avec un débit d'introduction de 10 litres de gaz frais par minute dans l'appareil, il y aura expulsion vers l'unité de refroidissement de 35 litres d'air par minute. Si cet air expulsé est chauffé à 42°C, il va absorber, par minute, 125 calories (523 joules) de chaleur sensible.

Pour évaluer l'effet de refroidissement exercé par
30 l'évaporation, on peut estimer que les 35 litres d'air par minute vont absorber 0,85 g d'eau par minute, en supposant que l'air sortant de l'appareil est saturé, ce qui correspond à 459 calories (1,92 kJ) par minute de chaleur d'évaporation.
35 Ainsi, la chaleur totale enlevée par le refroidissement par évaporation forcée est de 584 calories (2,44 kJ) par minute. En supposant que la chaleur engendrée au sein du respirateur

et qu'il faut éliminer est de 700 calories (2,93 kJ) par minute, il ne faut enlever qu'un supplément de 116 calories (485 joules) par minute pour obtenir le refroidissement nécessaire et la température requise du gaz de respiration ,
5 et l'on peut y parvenir sans difficulté par rayonnement puisque l'aire de la surface nécessaire, de 760 cm², est inférieure à la surface exposée de l'épurateur.

On pense que l'invention peut s'appliquer à n'importe quel respirateur dans lequel la production de chaleur pose
10 un problème. Il est particulièrement intéressant de noter que lorsque le porteur de l'appareil respire plus fréquemment, par exemple dans des situations de travail difficiles ou de fortes contraintes exercées par l'environnement ou de contraintes psychologiques, et lorsqu'il produit plus de
15 gaz carbonique (ce qui entraîne à son tour une plus grande production de chaleur dans l'absorbeur), l'action de pompage s'exerçant dans le conteneur en forme de poche de respiration augmente, ce qui augmente la ventilation de l'unité de refroidissement et augmente l'effet global de refroidissement.

20 Il va de soi que, sans sortir du cadre de l'invention, de nombreuses modifications peuvent être apportées aux respirateurs décrits et représentés.

REVENDEICATIONS

1. Respirateur comportant une source (1) de gaz respirables comprimés, un épurateur (2) capable d'enlever le gaz carbonique de l'air expiré, une poche (3) de respiration
5 et une unité (20) de refroidissement, appareil caractérisé en ce que, l'unité (20) de refroidissement présente une surface destinée à retenir une pellicule d'un liquide évaporable, et la poche (20) de respiration fait partie d'un ensemble dans lequel la contraction et la dilatation de la
10 poche, provoquées par la respiration de la personne portant le respirateur, aspire une certaine quantité de l'air atmosphérique ambiant et la refoule sur ladite surface de l'unité (20) de refroidissement.

2. Respirateur selon la revendication 1, caractérisé
15 en ce que l'ensemble (3) formé par ou comprenant la poche de respiration comporte un diaphragme (15) déplaçable.

3. Respirateur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le diaphragme (15) est sollicité de manière à produire dans le circuit de respiration une pression positive
20 par rapport à l'atmosphère ambiante.

4. Respirateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ensemble (3) comprend une poche de respiration montée au sein d'une enveloppe (17) équipée d'un dispositif (18) destiné à permettre
25 l'introduction d'une certaine quantité d'air atmosphérique ambiant lors de la contraction de la poche de respiration et d'un dispositif (19) destiné à permettre le refoulement de cette quantité expulsée vers la surface de l'unité (20) de refroidissement.

30 5. Respirateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité (20) de refroidissement comprend un premier canal destiné à laisser passer l'air expiré et purifié et un second canal destiné à laisser passer la quantité d'air atmosphérique ambiant
35 refoulée, ce second canal présentant au moins une surface destinée à retenir la pellicule du liquide évaporable.

6. Respirateur selon la revendication 5, caractérisé

en ce que le premier canal comporte un dispositif destiné à augmenter la longueur du trajet parcouru par l'air expiré et purifié ou à encourager la formation d'un écoulement turbulent de cet air expiré et purifié ou destiné à la fois
5 à augmenter ce trajet et à encourager la formation de l'écoulement turbulent.

7. Respirateur selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif destiné à augmenter la longueur du trajet ou à encourager la formation d'un écoulement turbulent
10 est constitué par des chicanes (22,26) ou par un garnissage de fils métalliques.

8. Respirateur selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que l'unité (20) de refroidissement comprend un échangeur de chaleur sensiblement cylindrique monté à l'intérieur d'une enveloppe, cet échangeur
15 de chaleur délimitant un premier canal, le second canal étant délimité ou situé entre les parois de l'échangeur de chaleur et de l'enveloppe.

9. Respirateur selon la revendication 8, caractérisé
20 en ce que le premier canal est annulaire, et le second canal comprend un passage ménagé à travers le centre de l'échangeur de chaleur.

10. Respirateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un
25 réservoir (24) de liquide destiné à compléter ou remplacer la pellicule de liquide évaporable.

11. Respirateur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le trajet de la
30 quantité d'air atmosphérique ambiant dans l'appareil comprend un passage sur la source (1) de gaz respirables comprimés avant que cette quantité d'air atmosphérique ambiant ne soit refoulée à la surface de l'unité (20) de refroidissement.

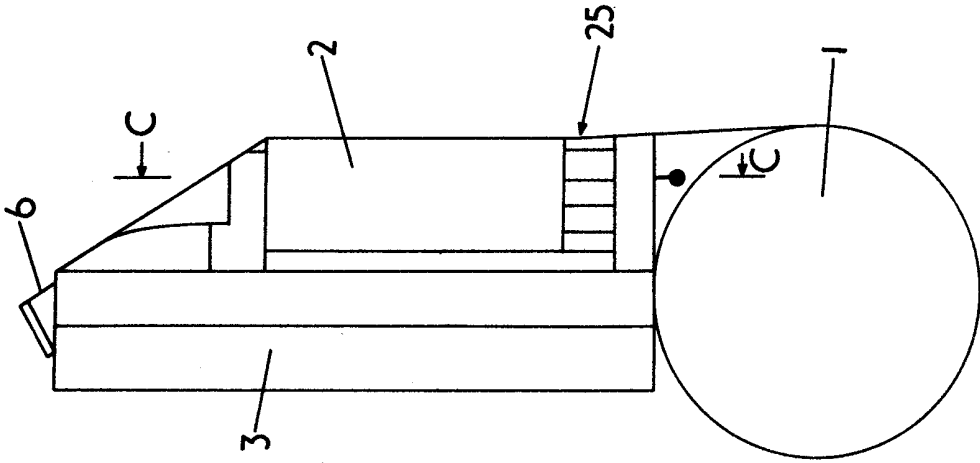


FIG. 2

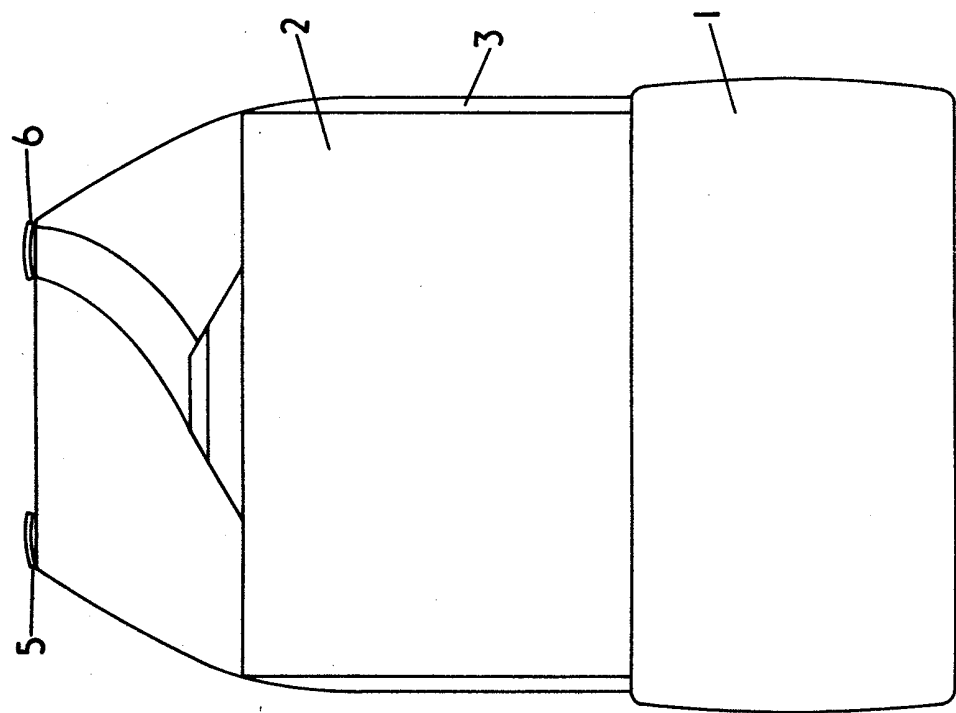


FIG. 1

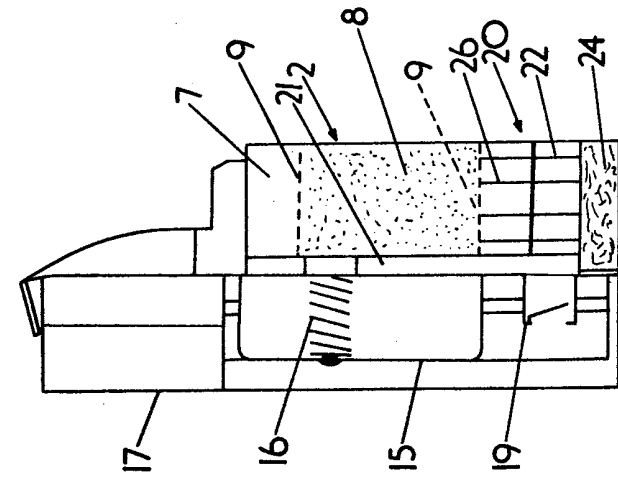


FIG.4

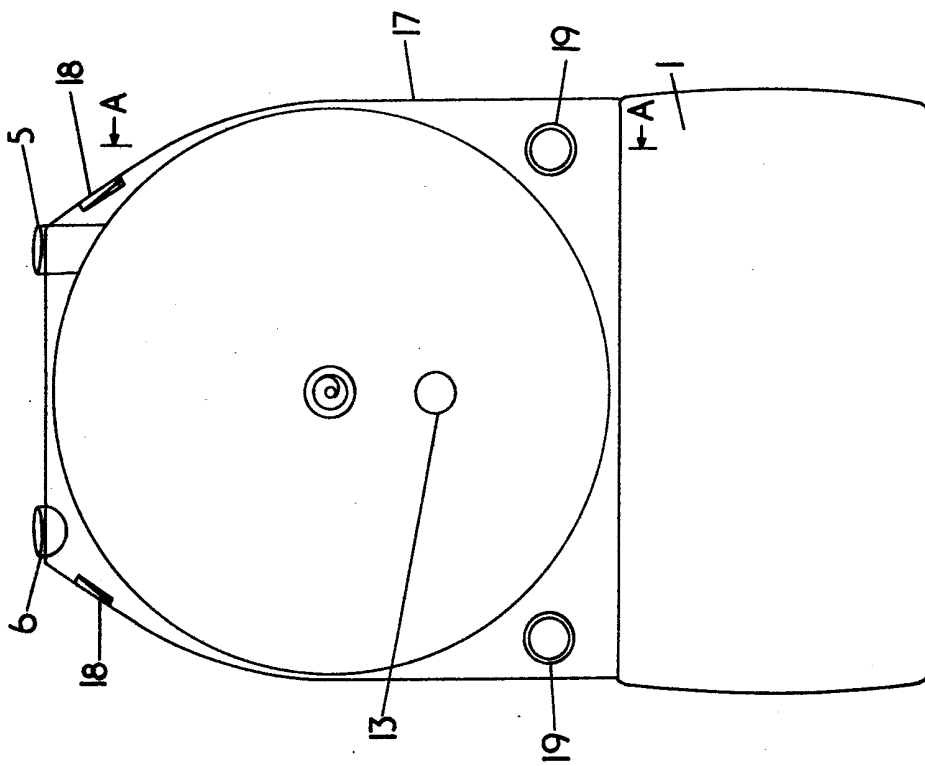


FIG.3

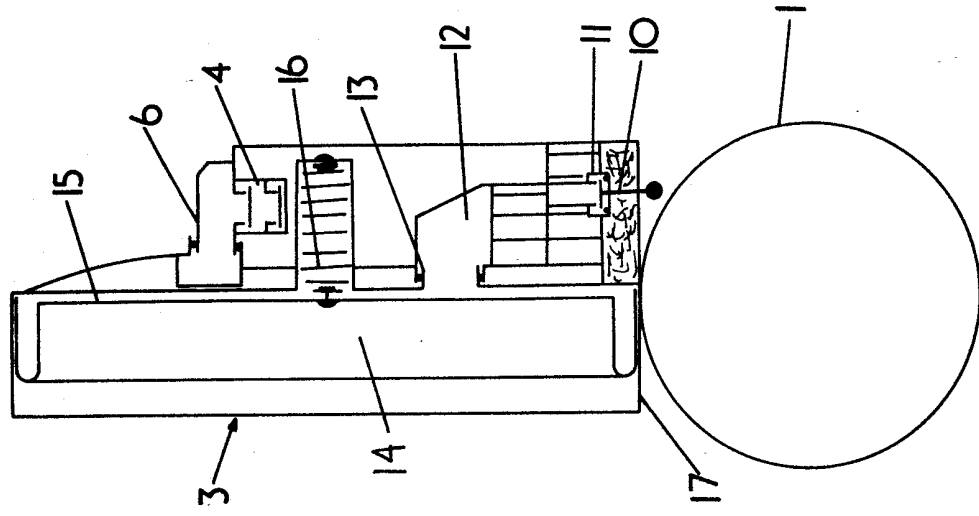


FIG. 6

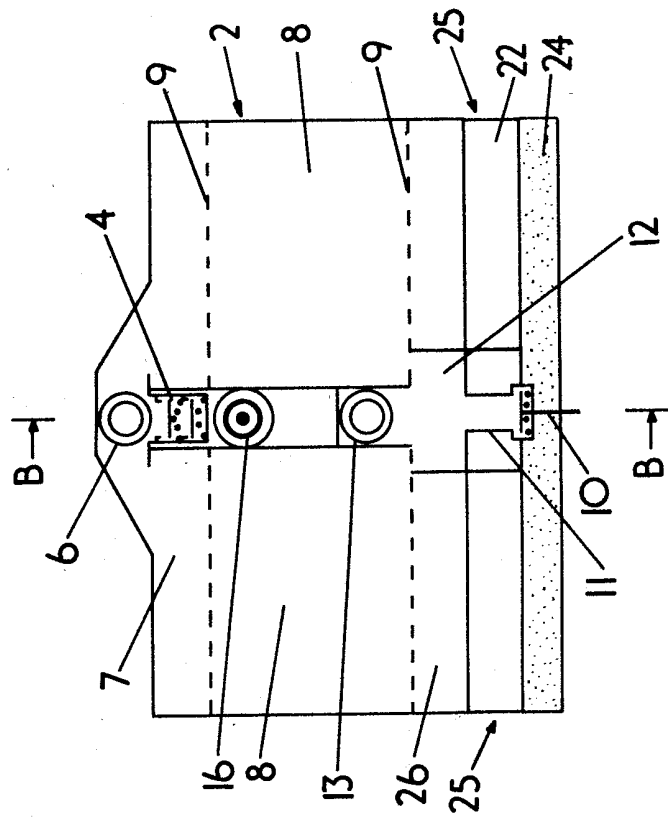


FIG. 5