Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2472883 A1 2005/01/04

(21) 2 472 883

(12) DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) A1

(22) Date de dépôt/Filing Date: 2004/06/30

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2005/01/04

(30) Priorité/Priority: 2003/07/04 (03 08156) FR

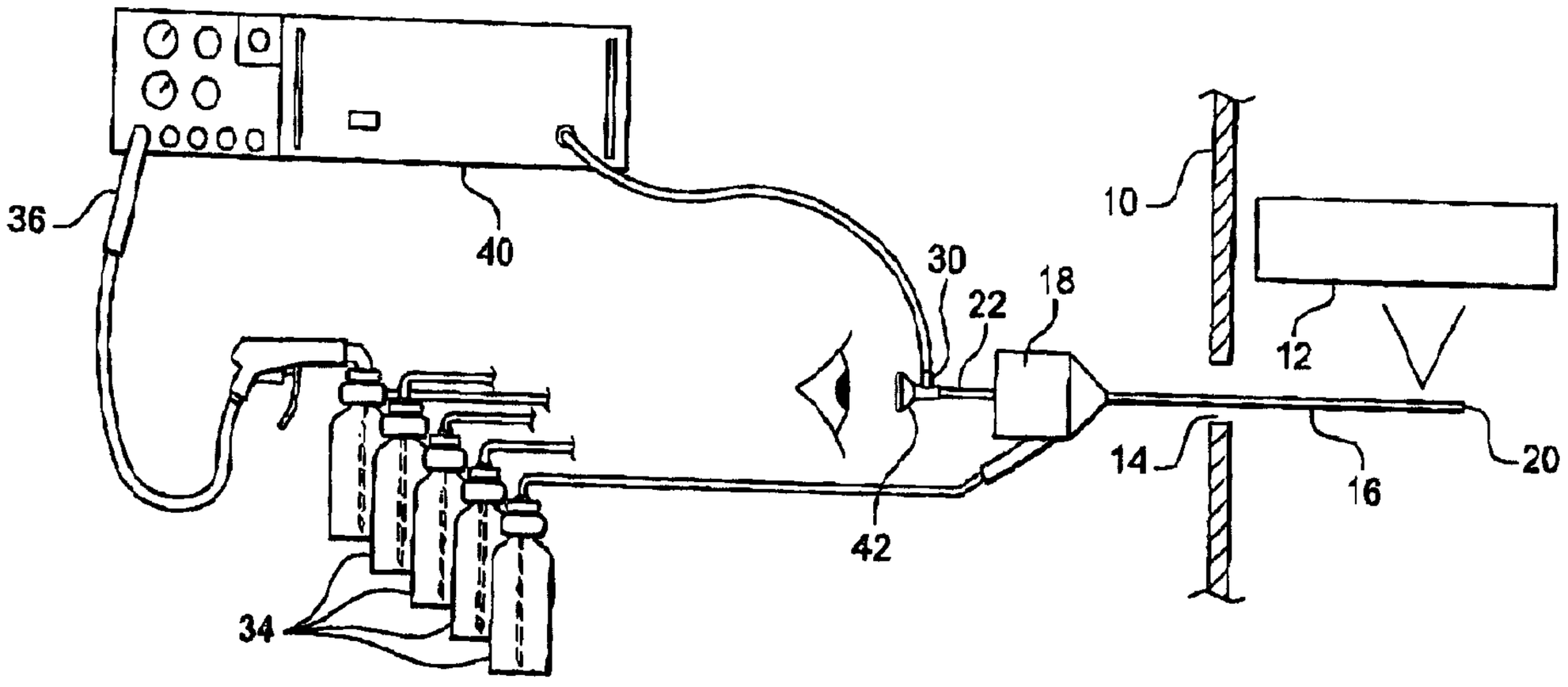
(51) Cl.Int.^{7}/Int.Cl.^{7} G01N 21/88, G01N 21/95

(71) Demandeurs/Applicants:
SNECMA MOTEURS, FR;
SNECMA SERVICES, FR

(72) Inventeurs/Inventors:
BONNINGUE, ISABELLE, FR;
LEQUELLEC, JOHN, FR;
LEMOAL, JEAN-CLAUDE, FR;
BACCELLA, MICHEL, FR

(74) Agent: GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) Titre : DISPOSITIF DE RECHERCHE ET DE DETECTION DE DEFAUTS DE PIECES PAR ENDOSCOPIE
(54) Title: SYSTEM FOR DETECTING PART DEFECTS BY ENDOSCOPY



(57) Abrégé/Abstract:
Dispositif de recherche et de détection de défauts sur des pièces sensiblement inaccessibles se trouvant derrière une paroi, comprenant un premier endoscope (22) d'éclairage en lumière visible et d'observation logé avec des conduits d'amenée et de pulvérisation de produits de ressuage dans une canne (16) que l'on peut faire passer par un orifice (14) de la paroi (10) pour examiner une pièce (12) et un second endoscope indépendant du premier et de la canne (16) pour l'éclairage en lumière ultraviolette et l'observation de la partie de la pièce (12) traitée par les produits de ressuage.

ABREGE

DISPOSITIF DE RECHERCHE ET DE DETECTION DE DEFAUTS DE PIECES PAR ENDOSCOPIE

Dispositif de recherche et de détection de défauts sur des pièces sensiblement inaccessibles se trouvant derrière une paroi, comprenant un premier endoscope (22) d'éclairage en lumière visible et d'observation logé avec des conduits d'amenée et de pulvérisation de produits de ressuage dans une canne (16) que l'on peut faire passer par un orifice (14) de la paroi (10) pour examiner une pièce (12) et un second endoscope indépendant du premier et de la canne (16) pour l'éclairage en lumière ultraviolette et l'observation de la partie de la pièce (12) traitée par les produits de ressuage.

- Figure 1 -

DISPOSITIF DE RECHERCHE ET DE DETECTION DE DEFAUTS DE PIECES PAR ENDOSCOPIE

L'invention concerne un dispositif de recherche et de détection par endoscopie de défauts de pièces sensiblement inaccessibles se trouvant derrière une paroi.

Il est déjà connu d'inspecter les composants internes d'un matériel ou d'une machine à l'aide d'un endoscope qui est un instrument optique allongé de faible diamètre que l'on fait passer par un petit orifice d'une paroi pour examiner l'aspect des composants se trouvant de l'autre côté de la paroi. On peut ainsi notamment procéder à l'inspection des aubes d'une turbomachine telle qu'un turboréacteur ou un turbopropulseur d'avion, sans démontage de la turbomachine.

Toutefois, la capacité de détection des défauts est limitée par la résolution du système optique de l'endoscope, par l'éclairage, par l'orientation de l'endoscope par rapport à la surface observée et par la nature des défauts, entre autres.

Il est connu par ailleurs de rechercher des défauts sur des composants de machines en utilisant une technique de ressuage, qui consiste à déposer des produits organiques sur la surface examinée d'un composant et à observer le résultat en éclairage ultraviolet. On peut ainsi détecter des discontinuités de surface telles que des criques ou fissures de très faibles dimensions, invisibles en éclairage normal, en déposant sur le composant un produit fluorescent qui pénètre dans les discontinuités de surface, puis en lavant et en étuvant ou en séchant la surface correspondante du composant, et en déposant ensuite un produit révélateur qui met en évidence le produit fluorescent infiltré dans les discontinuités de surface. On éclaire alors le composant par un rayonnement ultraviolet qui excite le produit fluorescent, ce dernier émettant en réponse un rayonnement sur une autre longueur d'onde, par exemple de couleur verte dans le spectre visible.

Cette technique de ressuage nécessite en général de démonter plus ou moins complètement la machine examinée.

On a déjà proposé, dans le document US-A-4 273 110, de combiner les techniques d'endoscopie et de ressuage dans un même instrument qui comprend, dans un fourreau cylindrique allongé de faible diamètre, un tube de quartz pour la transmission de lumière ultraviolette et de lumière visible vers une extrémité de l'instrument voisine du composant à examiner, un conduit optique contenant des lentilles pour l'observation d'une zone éclairée du composant, et trois conduits pour l'amenée et la pulvérisation de produits de ressuage sur le composant à examiner. Un filtre optique arrêtant la lumière visible est monté de façon amovible à l'autre extrémité de l'instrument entre le tube de quartz et une source lumineuse émettant dans le visible et dans l'ultraviolet, pour permettre un éclairage du composant alternativement en lumière visible et en ultraviolet. Le diamètre extérieur du fourreau de l'instrument est suffisamment faible pour permettre son passage par un orifice endoscopique ayant un diamètre de l'ordre de 9 millimètres.

Cet instrument connu présente quelques inconvénients :

L'éclairage du composant en lumière ultraviolette est à sortie axiale pour éviter l'utilisation de miroirs de renvoi qui sont trop pénalisants en termes d'encombrement et d'absorption lumineuse. Les sorties des conduits de pulvérisation sont nécessairement axiales, comme les sorties de l'éclairage et des moyens d'observation, ce qui limite fortement l'utilisation de l'instrument. De plus, la section du conduit optique d'observation est très faible, ce conduit devant laisser dans le fourreau un espace suffisant pour le montage du tube de quartz et des conduits d'amenée et de pulvérisation des produits de ressuage, de sorte que, quand l'instrument est utilisé en éclairage ultraviolet, il ne peut capter qu'une faible partie de la lumière émise par les produits de ressuage et ne permet pas une observation fiable.

L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple,

satisfaisante et peu coûteuse à ce problème.

Elle a pour objet un dispositif qui combine les techniques d'endoscopie et de ressuage tout en évitant les inconvénients des moyens connus.

Elle propose à cet effet un dispositif de recherche et de détection de défauts sur des pièces sensiblement inaccessibles se trouvant derrière une paroi, ce dispositif comprenant une canne cylindrique tubulaire rigide de faible diamètre pour passage par un orifice endoscopique de la paroi, des conduits logés dans la canne pour le dépôt de produits de ressuage sur une partie de pièce à examiner, et des moyens de guidage de lumière et de transmission d'images logés dans la canne pour l'éclairage et l'observation de la partie de pièce à examiner, caractérisé en ce que les moyens de guidage de lumière et de transmission d'images sont constitués par un premier endoscope à lumière visible monté axialement dans la canne et entouré par les conduits de produits de ressuage, cet endoscope comprenant un tube rectiligne rigide dans lequel sont montés en parallèle des moyens de guidage de lumière visible et des moyens de transmission d'images, et en ce que le dispositif comprend un second endoscope à lumière ultraviolette, indépendant du premier endoscope et de la canne précitée pour l'observation des pièces traitées par les produits de ressuage.

Dans le dispositif selon l'invention, c'est un endoscope à lumière visible qui est logé avec les conduits de produits de ressuage dans la canne cylindrique et qui sert uniquement à l'observation en lumière visible de la partie de pièce sur laquelle on pulvérise les produits de ressuage. Les effets de ces produits sont observés ensuite au moyen du second endoscope, dont les performances optiques ne sont pas limitées par une réduction de section transversale due à la présence de conduits d'amenée de produits de ressuage dans un tube ayant des dimensions suffisamment petites pour autoriser son passage par un orifice endoscopique.

L'éclairage en lumière visible de la partie de pièce à traiter est suffisant pour bien contrôler le dépôt des produits de ressuage, et

l'éclairage en lumière ultraviolette de cette partie de pièce au moyen du second endoscope permet de bien observer les effets des produits de ressuage et assure donc une détection optimale des défauts des pièces examinées.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les moyens de guidage de lumière du premier endoscope comprennent un câble de fibres optiques s'étendant d'une extrémité à l'autre du tube, ce câble ayant une extrémité coudée de sortie orientée en oblique par rapport à l'axe du tube et destinée à être amenée au voisinage d'une partie de pièce à examiner.

La sortie de l'éclairage n'est donc pas axiale, mais par exemple perpendiculaire à l'axe du tube, et la rotation de la canne autour de son axe, combinée avec une translation axiale de cette canne permet d'éclairer et d'observer de grandes surfaces de pièces.

Les moyens de transmission d'images du premier endoscope comprennent un ensemble rectiligne de composants optiques, comportant un objectif de formation d'image et des lentilles de transfert d'image, cet ensemble s'étendant d'une extrémité à l'autre du tube et comportant également des moyens optiques de renvoi, montés à l'extrémité de cet ensemble sur l'axe optique de celui-ci et orientés en oblique par rapport à cet axe optique.

Ces moyens optiques de renvoi et l'extrémité coudée de sortie du câble d'éclairage sont voisins et orientés de façon correspondante pour éclairer et observer une même partie de pièce.

De préférence, les moyens optiques de renvoi sont formés par un prisme.

La face réfléchissante de ce prisme est orientée avantageusement à 45 degrés sur l'axe optique des moyens de transmission d'images et l'extrémité coudée du câble d'éclairage s'étend perpendiculairement à l'axe du tube.

Les conduits qui sont logés dans la canne autour du premier endoscope comprennent un conduit d'air, un conduit de poudre et un

conduit de liquide, qui s'étendent d'une extrémité à l'autre de la canne, et qui comportent une première extrémité destinée à être reliée à des moyens d'alimentation. Les secondes extrémités des conduits de poudre et de liquide débouchent à l'extrémité correspondante de la canne dans la même direction que les moyens d'éclairage et les moyens de transmission d'images du premier endoscope tandis que la seconde extrémité du conduit d'air débouche axialement à l'extrémité de la canne pour protéger le premier endoscope et éviter le dépôt de poudre et de liquide à son extrémité.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, le tube du premier endoscope a un diamètre de l'ordre de 4 millimètres et la canne a un diamètre de l'ordre de 8 millimètres.

Le second endoscope d'éclairage en lumière ultraviolette peut avoir un diamètre extérieur sensiblement égal à celui de la canne précitée, ce qui assure de bonnes performances d'éclairage en lumière ultraviolette et d'observation des défauts de pièce.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques, détails et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite à titre d'exemple en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique du dispositif selon l'invention pour l'éclairage en lumière visible et le dépôt de produits de ressuage sur une pièce à examiner ;

- la figure 2 est une vue schématique du second endoscope pour l'éclairage en lumière ultraviolette de la pièce examinée ;

- les figures 3 et 4 sont des vues schématiques en plan de la canne d'éclairage en lumière visible et de dépôt de produits de ressuage ;

- la figure 5 est une vue schématique en coupe axiale de l'endoscope à lumière visible utilisé dans cette canne.

En figure 1, la référence 10 désigne une paroi telle qu'un carter de turbomachine derrière laquelle se trouvent des pièces 12 à examiner, telles

que des aubes de rotor de la turbomachine.

La paroi 10 comprend un orifice endoscopique 14 de faible dimension (typiquement ayant un diamètre de 9 millimètres), par lequel on peut introduire une canne 16 d'éclairage en lumière visible et de pulvérisation de produits de ressuage, dont une extrémité est munie d'un bloc 18 de connexion à des moyens d'alimentation en produits de ressuage et en air comprimé, et dont l'autre extrémité 20 est destinée à être amenée en regard d'une surface de la pièce 12 à examiner.

La canne 16 est représentée plus en détail aux figures 3 et 4. Cette canne est cylindrique tubulaire rigide, par exemple métallique, et contient un premier endoscope 22 d'éclairage et d'observation en lumière visible, un conduit 24 d'amenée et de pulvérisation d'une poudre sur la surface de la pièce 12 à examiner, un conduit 26 d'amenée d'air comprimé et un conduit 28 d'amenée et de pulvérisation d'un liquide qui peut être successivement de l'acétone, un pénétrant, un émulsifiant et de l'eau. Le premier endoscope 22 et les conduits 24, 26, 28 s'étendent longitudinalement dans la canne 16 d'une extrémité à l'autre de celle-ci, l'endoscope étant disposé sur l'axe de la canne 16 et les conduits 24, 26 et 28 étant autour de l'endoscope.

Comme représenté schématiquement aux figures 1 et 3, le premier endoscope 22 comprend une première extrémité 30 de connexion à une source de lumière visible et une seconde extrémité qui sera décrite plus en détail ultérieurement et qui débouche à l'extrémité 20 de la canne 16.

Les conduits 24, 28 d'amenée des produits de ressuage ont des premières extrémités 32 de connexion à des réservoirs 34 contenant les produits de ressuage, eux-mêmes reliés à une alimentation 36 en air comprimé. et des secondes extrémités 38 qui débouchent à l'extrémité 20 de la canne 16 perpendiculairement à l'axe de cette canne.

De préférence, les moyens d'alimentation en air comprimé et les sources de lumière visible et ultraviolette sont regroupés dans un module d'alimentation 40 comportant lui-même des moyens d'alimentation en

énergie électrique et en air comprimé.

L'extrémité 30 du premier endoscope 22 comporte un oculaire 42 pour une vision directe par un observateur de la surface de la pièce 12 examinée qui se trouve en regard de l'extrémité 20 de la canne.

L'endoscope 22 est représenté plus en détail en figure 5 et comprend essentiellement un tube cylindrique rigide 44, par exemple métallique, dans lequel sont disposés un câble 46 de fibres optiques pour le guidage de la lumière visible d'une extrémité à l'autre de l'endoscope, ce câble 46 ayant une première extrémité destinée à être reliée à la source de lumière visible prévue dans le module d'alimentation 40 et une seconde extrémité 48 de sortie de lumière, qui s'étend par exemple perpendiculairement à l'axe du tube 44 à l'extrémité de l'endoscope opposée à celle équipée de l'oculaire 42. Des moyens de transmission d'images 50 sont également disposés à l'intérieur du tube 44 et s'étendent longitudinalement d'une extrémité à l'autre dans celui-ci, ces moyens 50 de transmission d'images étant constitués par un ensemble rectiligne de composants optiques comprenant notamment un objectif 52 de formation d'image et une ou des lentilles de transfert 54. Des moyens de renvoi 56 sont placés dans le tube 44 au voisinage de l'objectif 52, entre cet objectif et la seconde extrémité 48 des moyens 46 de guidage de lumière, les moyens optiques de renvoi 56 étant formés d'un prisme qui est disposé sur l'axe optique des moyens de transmission d'images 50 et qui a une face réfléchissante inclinée à 45 degrés par exemple sur cet axe, pour l'observation dans une direction perpendiculaire audit axe optique et parallèle à la direction dans laquelle s'étend l'extrémité 48 du guide de lumière 46.

Comme on le voit bien en figure 5, le guide de lumière 46 s'étend le long de la paroi du tube 44 et les moyens 50 de transmission d'images occupent la quasi-totalité du reste du tube, ce qui permet d'utiliser une section aussi grande que possible pour les moyens de transmission d'images 50 aux fins d'une meilleure observation.

Dans un mode particulier de l'invention, donné ici à titre d'exemple, le tube rigide 44 a un diamètre extérieur de 4 millimètres environ et une longueur d'environ 40 centimètres. Il est destiné à une visée à 90 degrés de son axe et a un champ d'observation de 55 degrés.

Le dispositif selon l'invention comprend un second endoscope 60, représenté schématiquement en figure 2, qui est indépendant de la canne 16 et du premier endoscope 22 et qui est destiné à être introduit par l'orifice endoscopique 14 de la paroi 10 pour observer la surface de la pièce 12 qui a été traitée par les produits de ressuage.

Cet endoscope 60 comporte une première extrémité munie d'un oculaire 62 et d'un moyen 64 de connexion à une source de lumière ultraviolette faisant partie du module d'alimentation 40, et une seconde extrémité 66 à sortie lumineuse perpendiculaire à l'axe de l'endoscope pour l'éclairage en lumière ultraviolette et l'observation de la surface traitée de la pièce 12.

Cet endoscope 60 peut être d'un type classique ou de préférence du type décrit dans une autre demande de brevet de la demanderesse. Comme cet endoscope 60 est utilisé seul, il peut avoir des dimensions transversales plus importantes que s'il était utilisé avec ou à la place du premier endoscope 22 dans la canne 16, ce qui de façon générale permet un meilleur éclairage en ultraviolet de la surface de la pièce 12 et une meilleure observation des résultats de ressuage.

Le dispositif selon l'invention est utilisé de la façon suivante :

Dans un premier temps, la canne 16 est introduite par l'orifice 14 de la paroi 10 et son extrémité 20 est déplacée, par translation axiale et par rotation autour de l'axe, en regard de la surface d'une pièce 12 à examiner.

Pour vérifier si un défaut apparent de la pièce 12 est ou non un défaut réel telle qu'une crique ou une fissure, des produits de ressuage sont successivement pulvérisés sur la partie correspondante de la pièce 12, ces produits comprenant un produit fluorescent liquide qui va pénétrer dans les discontinuités de surface, un liquide de lavage et une poudre

formant révélateur, grâce à laquelle on met en évidence la présence du produit pénétrant infiltré dans une discontinuité de surface même de très faibles dimensions.

L'examen de la pièce 12 et l'observation de la pulvérisation des produits de ressuage sur cette pièce sont effectués en lumière visible, la surface de la pièce 12 étant éclairée par le flux lumineux sortant de l'extrémité coudée 48 du guide de lumière 46 du premier endoscope, cette lumière étant réfléchie et/ou rétrodiffusée par la surface de la pièce et reprise par le miroir 56 qui la renvoie dans l'axe des moyens 50 de transmission d'images vers l'oculaire 42 monté à l'autre extrémité du premier endoscope.

La canne 16 est ensuite retirée de l'orifice endoscopique 14 puis le second endoscope 60 connecté à la source de lumière ultraviolette du module d'alimentation 40 est introduit à son tour par l'orifice 14 et son extrémité 66 est amenée en regard de la surface traitée de la pièce 12. L'éclairage en lumière ultraviolette de la surface traitée de la pièce 12 provoque une excitation du produit pénétrant infiltré dans une discontinuité de surface et qui a diffusé dans le révélateur, le produit pénétrant émettant en réponse à cette excitation une fluorescence par exemple de couleur verte, bien visible dans l'obscurité et que l'utilisateur peut observer au moyen de l'oculaire 62.

De façon générale, la séparation de l'éclairage en lumière ultraviolette et de l'éclairage en lumière visible dans le dispositif selon l'invention permet d'améliorer les performances de ces deux éclairages et de l'observation des résultats correspondants.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de recherche et de détection de défauts sur des pièces sensiblement inaccessibles se trouvant derrière une paroi, ce dispositif comprenant une canne cylindrique tubulaire rigide (16) de faible diamètre pour passage par un orifice endoscopique (14) de la paroi (10), des conduits (24, 28) logés dans la canne (16) pour le dépôt de produits de ressuage sur une partie de pièce (12) à examiner et des moyens de guidage de lumière et de transmission d'images logés dans la canne (16) pour l'éclairage et l'observation de la partie de pièce à examiner, caractérisé en ce que les moyens de guidage de lumière et de transmission d'images sont constitués par un premier endoscope (22) à lumière visible monté axialement dans la canne (16) et entouré par des conduits (24,26,28) de produits de ressuage et d'air, cet endoscope (22) comprenant un tube rectiligne (44) dans lequel sont montés en parallèle des moyens (46) de guidage de lumière visible et des moyens (50) de transmission d'images, et en ce que le dispositif comprend un second endoscope (60) à lumière ultraviolette, indépendant du premier endoscope et de la canne (16) précitée pour l'observation des parties de pièce traitées par les produits de ressuage.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (46) de guidage de lumière du premier endoscope comprennent un câble de fibres optiques s'étendant d'une extrémité à l'autre du tube (44).

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le câble (46) de fibres optiques comprend une extrémité de sortie coudée (48) orientée en oblique par rapport à l'axe du tube et destinée à être amenée au voisinage d'une partie de pièce (12) à éclairer en lumière visible.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les moyens de transmission d'images comprennent un ensemble rectiligne de composants optiques comportant un objectif (52) de formation d'image et des lentilles (54) de transfert d'image et s'étendant sensiblement

d'une extrémité à l'autre du tube (44).

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les moyens (50) de transmission d'images du premier endoscope comprennent également des moyens optiques de renvoi (56) montés à l'extrémité du tube (44) sur l'axe optique des moyens (50) de transmission d'images et orientés en oblique par rapport à cet axe optique.

6. Dispositif selon l'ensemble des revendications 3 et 5, caractérisé en ce que les moyens optiques de renvoi (56) et l'extrémité coudée de sortie du câble (46) de fibres optiques sont voisins et orientés de façon à éclairer et observer respectivement une même partie de pièce.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens optiques de renvoi (56) sont situés entre l'extrémité de l'ensemble rectiligne de composants optiques et l'extrémité coudée (48) de sortie du câble (46) de fibres optiques.

8. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que les moyens optiques de renvoi (56) sont formés par un prisme.

9. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que les moyens optiques de renvoi (56) ont une surface réfléchissante orientée à 45 degrés sur l'axe optique des moyens (50) de transmission d'images et l'extrémité coudée (48) de sortie du câble 46 s'étend perpendiculairement à l'axe du tube 44.

10. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 9, caractérisé en ce que le câble de fibres optiques (46) s'étend le long de la paroi du tube (44) et les moyens (50) de transmission d'images occupent sensiblement le reste du tube.

11. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les conduits logés dans la canne (16) autour du premier endoscope (22) comprennent un conduit d'air (26), un conduit de poudre (24) et un conduit de liquide (28), qui s'étendent d'une extrémité à l'autre de ladite canne et qui ont une première extrémité destinée à être reliée à des moyens (40) d'alimentation , les conduits (24, 28) de poudre et

de liquide ayant une autre extrémité débouchant à l'extérieur de la canne (16) dans la même direction que les moyens d'éclairage et les moyens de transmission d'images, et le conduit d'air (26) ayant une autre extrémité débouchant axialement à l'extrémité de la canne (16) pour générer une circulation d'air protégeant l'extrémité du premier endoscope (22).

12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le tube (44) du premier endoscope (22) a un diamètre de l'ordre de 4 millimètres et la canne (16) précitée un diamètre de l'ordre de 8 millimètres.

13. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le second endoscope (60) à lumière ultraviolette a un diamètre extérieur sensiblement égal à celui de la canne (16) précitée.

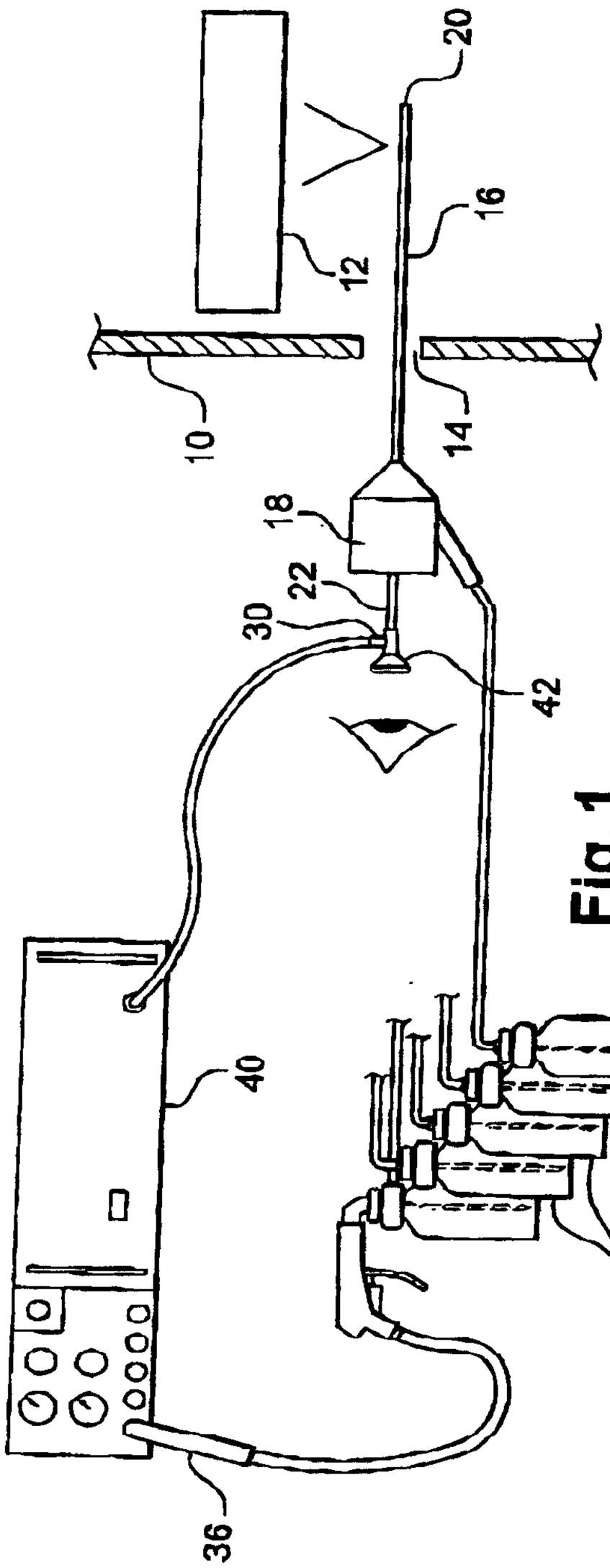


Fig. 1

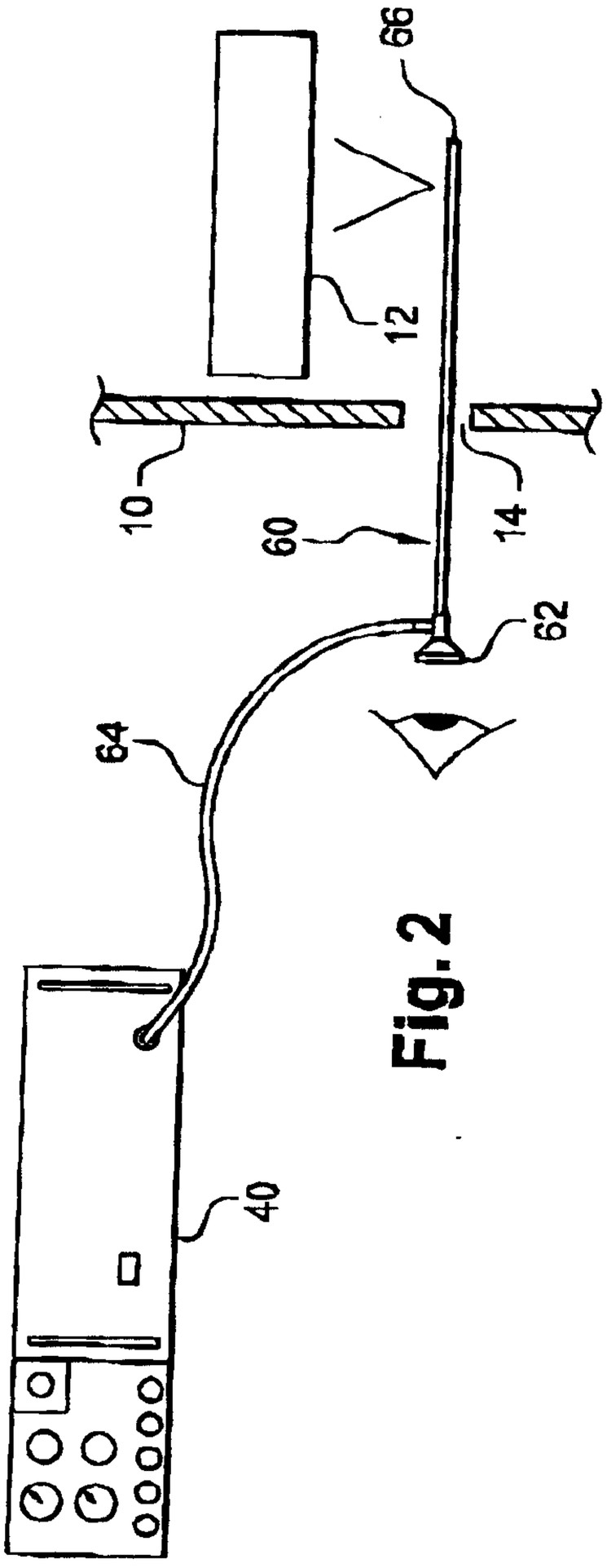


Fig. 2

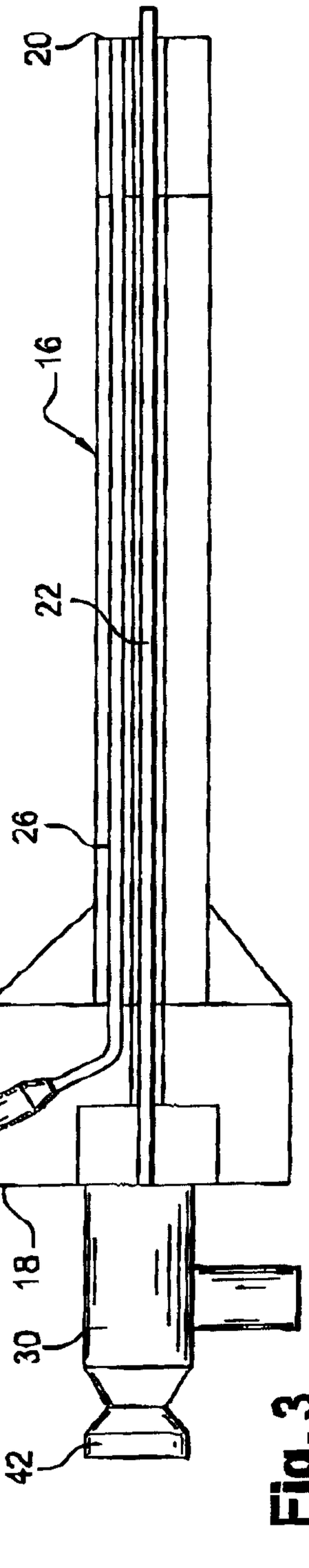


Fig. 3

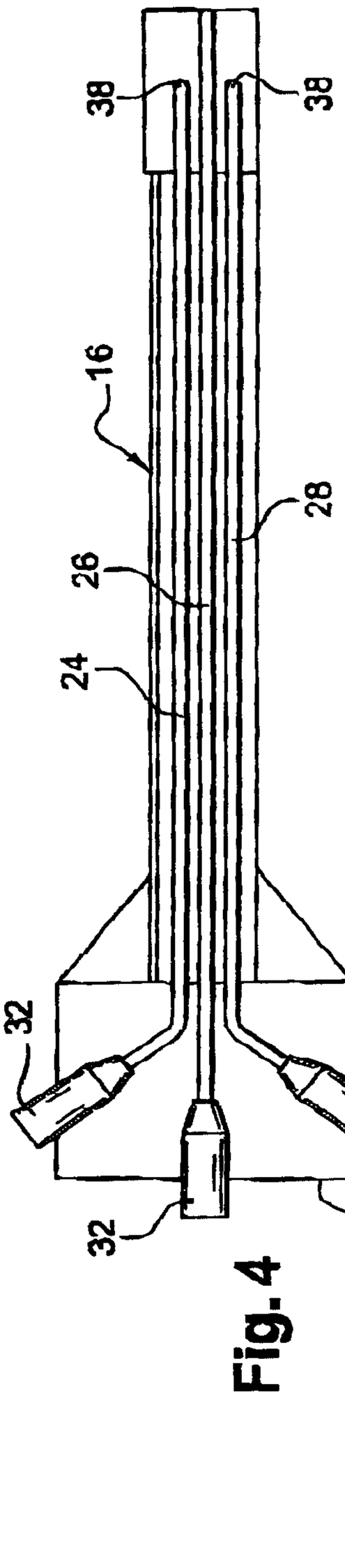


Fig. 4

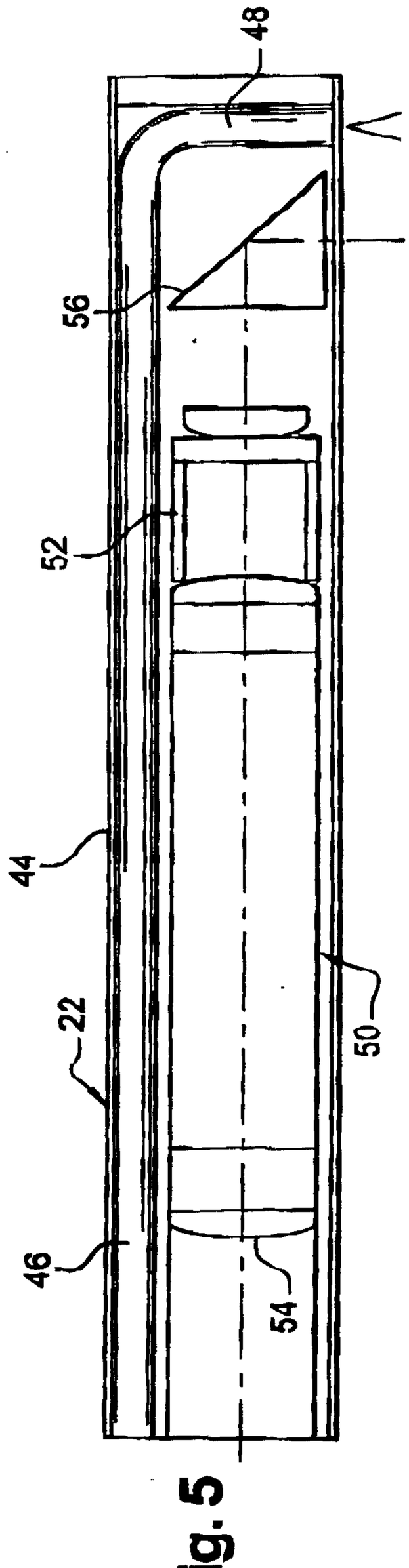
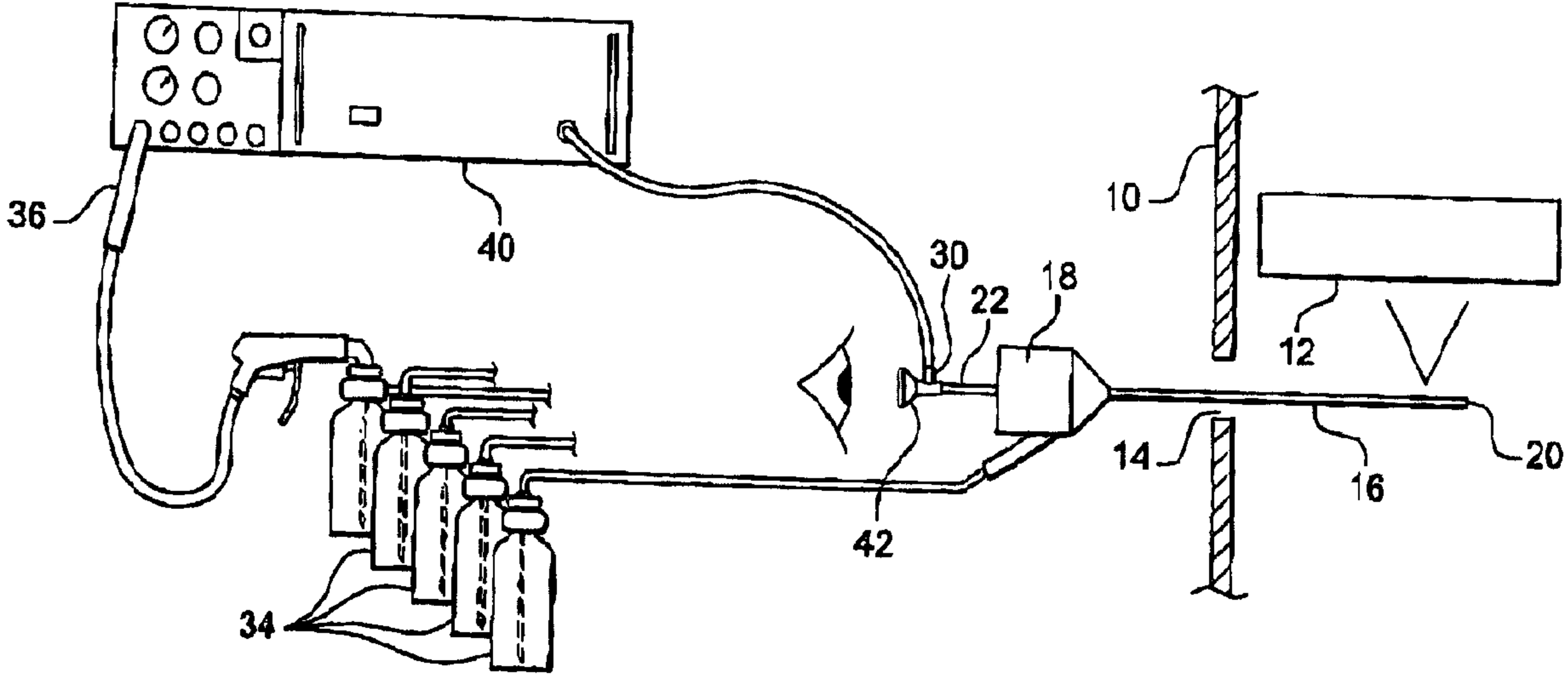


Fig. 5


36
40
30
22
18
10
12
14
16
20
42
34