



CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

① CH 660 084 A5

⑤ Int. Cl.4: G 02 B 6/42
G 02 B 6/06
B 41 B 19/00

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑲ Numéro de la demande: 3262/84

⑳ Date de dépôt: 05.07.1984

⑳ Priorité(s): 08.07.1983 US 512403

㉔ Brevet délivré le: 13.03.1987

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 13.03.1987

⑦③ Titulaire(s):
Itek Corporation, Lexington/MA (US)

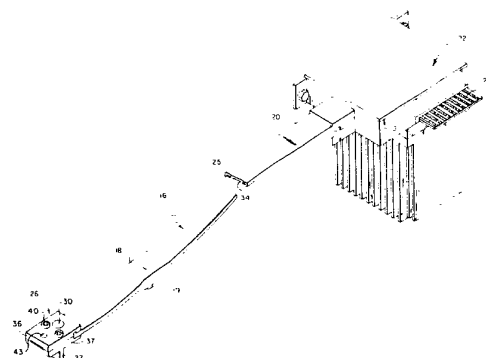
⑦② Inventeur(s):
Ebner, Peter R., Hollis/NH (US)
Ebner, Emanuel C., jun., Hudson/NH (US)
Shaw, John H., Manomet/MA (US)
Miller, John G., South Lyndeborough/NH (US)
Gorelick, Donald E., Nashua/NH (US)

⑦④ Mandataire:
Dr. A. R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

⑤④ Dispositif de transmission électromagnétique, procédé de fabrication de ce dispositif et robot automatisé pour mettre en oeuvre ce procédé.

⑤⑦ Le dispositif comprend un câble à fibres optiques (16) comportant une enveloppe souple faite de préférence en matériau elastomère moulé par injection, un ou plusieurs réseaux de fibres optiques (34) placées sensiblement dans le plan neutre principal de l'enveloppe, une source lumineuse (22) intégrée constituée d'une matrice bi-dimensionnelle de diodes électro-luminescentes formant réseau d'émission pour éclairer les fibres optiques, et une tête d'émission (26) comportant une face d'émission sur laquelle la lumière est transmise par les fibres optiques (34). Les fibres optiques occupent des positions prédéterminées de la face d'émission par rapport aux diodes électro-luminescentes de la source lumineuse (22). De préférence l'enveloppe est maintenue par une ou plusieurs bandes (25) enrobées de façon à pouvoir fléchir uniquement dans une direction perpendiculaire au plan neutre principal. La source lumineuse peut comprendre des moyens de refroidissement thermo-électriques pour réduire la température des diodes électro-luminescentes.

Pour fabriquer le dispositif, on pose dans un moule un premier jeu d'éléments transverses de positionnement sur lesquels on met en place les fibres, on enrobe le tout, on met en place les fibres sur les diodes et l'extrémité des fibres dans la tête d'émission en respectant une relation particulière pour obtenir l'émission d'images lumineuses cohérentes. Ce procédé peut être mis en oeuvre par un robot.



REVENDEICATIONS

1. Dispositif de transmission électromagnétique comprenant:
- (a) un câble à fibres optiques (16) comportant:
 - (i) une enveloppe souple
 - (ii) un ou plusieurs réseaux sensiblement planaires de filaments de fibres optiques (34) s'étendant sur la longueur de l'enveloppe, les filaments de fibres optiques étant placés sensiblement dans le plan neutre principal de l'enveloppe,
 - (b) une source lumineuse (22) intégrée constituée d'une matrice bidimensionnelle de diodes électroluminescentes (48) formant un réseau d'émission (180) capable d'éclairer sélectivement les filaments de fibres optiques (34), et
 - (c) une tête d'émission (26) comportant une face d'émission sur laquelle la lumière est transmise par les filaments de fibres optiques (34), ces filaments occupant des positions prédéterminées de la face d'émission par rapport aux diodes électroluminescentes (48) de la source lumineuse (22).
2. Dispositif de transmission électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le câble à fibres optiques (16) comprend encore des éléments transverses (79) de positionnement définissant la position du ou des réseaux planaires dans le plan neutre principal de l'enveloppe (16).
3. Dispositif de transmission électromagnétique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'enveloppe du câble à fibres optiques (16) est maintenue par une ou plusieurs bandes (25) enrobées de façon à pouvoir fléchir uniquement dans une direction perpendiculaire au plan neutre principal.
4. Dispositif de transmission électromagnétique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'enveloppe du câble à fibres optiques (16) est en matériau élastomère moulé par injection.
5. Dispositif de transmission électromagnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la source lumineuse (22) comprend des moyens de refroidissement thermoélectriques (182, 184) capables de réduire la température de la matrice de diodes électroluminescentes (48) pour augmenter l'émission lumineuse.
6. Procédé de fabrication d'un dispositif de transmission électromagnétique selon la revendication 1, comprenant les opérations suivantes:
- (a) pose d'un premier jeu d'éléments transverses (79) de positionnement dans un moule (56),
 - (b) mise en place d'un ou plusieurs filaments de fibres optiques (34) sur les éléments transverses (79) de positionnement, sensiblement dans le plan neutre principal de l'enveloppe du câble à fibres optiques (16),
 - (c) enrobage des filaments de fibres optiques (34) et des éléments transverses (79) de positionnement en une enveloppe souple moulée du câble à fibres optiques (16), les filaments de fibres optiques (34) étant placés sensiblement dans le plan neutre principal de l'enveloppe du câble à fibres optiques (16),
 - (d) mise en place des filaments de fibres optiques (34) de manière ordonnée sur le réseau d'émission (180) des diodes électroluminescentes (48) de la source lumineuse (22) au moyen d'un dispositif de mise en place (80), et
 - (e) mise en place de l'extrémité des filaments de fibres optiques (34) dans la tête d'émission (26) en respectant une relation particulière pour obtenir l'émission d'images lumineuses cohérentes.
7. Procédé de fabrication d'un dispositif de transmission électromagnétique selon la revendication 6, comprenant en outre l'opération d'enrobage de lames rigides (25) parallèles au cheminement des filaments de fibres optiques (34) de façon à limiter la flexion de l'enveloppe du câble à fibres optiques (16) dans l'une des directions perpendiculaires au plan neutre principal.
8. Procédé de fabrication d'un dispositif de transmission électromagnétique selon la revendication 6, comprenant en outre les opérations suivantes:
- (a) repérage précis des emplacements des diodes électrolumines-

2

centes (48) de la source lumineuse (22) et stockage de ces emplacements dans une mémoire à lecture électronique, et

- (b) contrôle électronique du mouvement relatif entre les diodes électroluminescentes (49) et le dispositif de mise en place (80) de façon à effectuer le positionnement de ces deux ensembles en respectant les emplacements stockés dans la mémoire électronique.

9. Procédé de fabrication d'un dispositif de transmission électromagnétique selon la revendication 6, comprenant en outre les opérations suivantes:

- (a) réalisation de rainures de coupe (39) dans le socle de la tête d'émission (26) pour maintenir les filaments de fibres optiques (34),
- (b) mise en place d'une première rangée de filaments de fibres optiques individuellement dans les rainures (39),
- (c) mise en place d'une barrette de serrage (152 ou 154) sur la première rangée de filaments de fibres optiques en un emplacement éloigné des rainures (39),
- (d) mise en place d'au moins une deuxième rangée de filaments de fibres optiques contre la première rangée, et
- (e) enrobage des filaments de fibres optiques dans la tête d'émission (26).

10. Robot automatisé pour la mise en œuvre du procédé de fabrication selon la revendication 6 d'un dispositif de transmission électromagnétique selon la revendication 1, comprenant:

- (a) un moule allongé (56) pour un câble à fibres optiques,
- (b) un poste de mise en place (80) des filaments de fibres optiques sur le réseau d'émission (180),
- (c) un mécanisme d'alimentation en filaments de fibres optiques, permettant de poser un filament le long du moule à partir du réseau d'émission (180), et
- (d) un chariot assurant le mouvement X/Y entre le moule et le mécanisme d'alimentation.

11. Robot automatisé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le poste de mise en place (80) comprend un radiateur (103) placé en une position fixe dans celui-ci afin de liquéfier un adhésif au-dessus d'une diode électroluminescente (48) afin de connecter à celle-ci l'extrémité du filament de fibres optiques.

40

L'invention concerne un dispositif de transmission électromagnétique, un procédé de fabrication de celui-ci et un robot automatisé pour mettre en œuvre ce procédé de fabrication. Ce dispositif de transmission électromagnétique est utilisable dans les systèmes de formation d'images graphiques, tels que des photocomposeuses.

Une photocomposeuse sur laquelle le présent câble peut être utilisé est décrite dans le brevet des Etats-Unis N° 181.312 déposé le 25 août 1980 par Peter Ebner, pour une imprimante de caractères à fibres optiques et à diodes électroluminescentes. Cette composeuse de la quatrième génération peut être commercialisée pour environ \$ 10 000, mais elle offre cependant la vitesse et la souplesse des machines de la troisième génération. Ces résultats ont pu être obtenus en prévoyant un ruban souple constitué d'un petit nombre de filaments de fibres optiques. Chaque filament est illuminé par l'une des diodes électroluminescentes (LED) d'une matrice et son extrémité de sortie est située à l'intérieur d'une tête d'impression. La tête d'impression comprend au moins un réseau linéaire relativement court de filaments de fibres optiques noyés dans la tête. Des moyens permettent de faire suivre à la tête un mouvement de balayage au travers du matériau photosensible et d'enregistrer sur ce matériau une ligne de caractères formée par la lumière provenant de l'excitation sélective des diodes électroluminescentes. L'invention de l'application ci-dessus utilise une boucle en câble de fibres optiques constituée de filaments de fibres optiques montés sur un support analogue à une courroie. Cette boucle optique en fibres souples permet un balayage rapide par la tête d'impression avec un câble optique comprenant un nombre considérablement réduit de filaments de fibres optiques, par

exemple 128, contrairement aux milliers de filaments qui étaient nécessaires pour les câbles antérieurs d'usage général. A l'usage, il s'est avéré que le pliage permanent du câble de fibres optiques exerçait des efforts sur les filaments de fibres optiques.

La construction d'un ensemble constitué d'un câble à fibres optiques et d'une matrice de diodes électroluminescentes dans lequel des filaments microscopiques de fibres optiques sont connectés à des diodes électroluminescentes très petites est extrêmement difficile. Les filaments sont eux-mêmes fragiles et risquent de se casser. Les diodes électroluminescentes ont une intensité limitée, et c'est pourquoi il est extrêmement important de placer l'extrémité d'entrée de chaque filament de fibres optiques aussi près que possible de la zone d'émission la plus intense d'une diode. La mise en place de l'extrémité d'un filament de fibres de 0,0507 mm environ sur une zone émettrice carrée ou circulaire mesurant environ 0,1267 mm exige une précision de moins de 0,0253 mm de la cible.

La photocomposeuse de la quatrième génération doit être une machine de série et, comme toutes les machines de série économiquement viables, ses composants doivent aussi être produits en série et identiques du point de vue fonctionnel. Un câble photo-optique à utiliser sur une telle machine et comprenant un petit nombre de filaments de fibres optiques et de diodes électroluminescentes doit répondre de la même manière que la pièce qu'il remplace.

Le dispositif de transmission électromagnétique selon l'invention est caractérisé par la combinaison des éléments indiqués dans la revendication 1. Des modes préférés de réalisation de ce dispositif résultent des revendications dépendantes 2 à 5. Un procédé de fabrication de ce dispositif est caractérisé par la combinaison des éléments indiqués dans la revendication 6. Des modes préférés de mise en œuvre de ce procédé résultent des revendications dépendantes 7 à 9. Un robot automatisé pour la mise en œuvre de ce procédé est caractérisé par la combinaison des éléments indiqués dans la revendication 10. Un mode préféré de réalisation de ce robot résulte de la revendication dépendante 11.

Les objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description qui va suivre de formes de réalisation préférées de l'invention faite en regard des dessins annexés qui utilisent les mêmes références pour désigner les mêmes pièces sur des vues différentes, qui ne sont pas nécessairement à l'échelle mais qui insistent sur l'illustration des principes de l'invention et dans lesquels:

la figure 1 est une vue isométrique d'un dispositif de transmission électromagnétique représentant un câble léger à fibres optiques, réalisant l'invention avec une tête d'émission intégrée et une source lumineuse constituée par un réseau de diodes électroluminescentes;

la figure 2 est une vue dans le plan frontal de la tête d'émission à fibres optiques sur la surface d'émission avec une vue agrandie des filaments de fibres optiques;

la figure 3 est une vue latérale en élévation de la tête d'émission à fibres optiques;

la figure 4 est une vue isométrique du réseau intégré de diodes électroluminescentes constituant la source lumineuse de la figure 1 avec une partie arrachée;

la figure 5 est une coupe transversale de la source lumineuse;

la figure 6 est une vue isométrique éclatée du moule utilisé pour fabriquer le câble à fibres optiques de la figure 1;

la figure 7 est une vue isométrique représentant le cheminement des filaments de fibres optiques sur la coquille inférieure du moule de la figure 3. Les filaments cheminent entre le réseau de la source lumineuse à diodes électroluminescentes de la figure 4 et la tête d'émission de la figure 3;

la figure 8 est une vue schématique représentant le cheminement des filaments de fibres optiques sur les éléments transverses;

la figure 9 est une vue schématique en élévation de face d'un robot de fabrication automatisé d'un câble à fibres optiques réalisant l'invention;

la figure 10 représente une vue schématique de dessus du robot de fabrication automatisé du câble à fibres optiques de la figure 9, et

la figure 11 est une vue de face isométrique du robot de fabrication du câble à fibres optiques représenté sur les schémas des figures 9 et 10;

la figure 12 est une vue de face isométrique du poste de mise en place des fibres optiques avec le transporteur de filaments de fibres optiques plaçant un filament sur une diode électroluminescente;

la figure 13 est une vue de face isométrique du poste de mise en place des fibres optiques du robot sur laquelle un certain nombre de filaments sont placés sur les diodes électroluminescentes et dont on a supprimé le transporteur de mise en place des fibres;

la figure 14 est une vue de face isométrique du poste de mise en place des fibres optiques de la figure 13 avec une pince maintenant une fibre en place et le transporteur des filaments de fibres optiques en train de placer des filaments de fibres optiques à partir du poste de mise en place des fibres le long du moule du câble à fibres optiques;

la figure 15 est une vue isométrique agrandie du poste de mise en place des fibres représentant un mandrin sous vide qui maintient la fibre pour la placer et un élément chauffant une surface précise;

la figure 16 est une vue en coupe transversale du chauffage d'une zone précise;

la figure 17 est une vue isométrique du côté droit du transporteur des filaments de fibres optiques partiellement visible depuis la gauche des figures 12 et 14;

la figure 18 est un gros plan isométrique d'un poste de coupe des fibres optiques;

la figure 18A est une vue latérale de la bobine du poste de coupe;

la figure 19 est une vue isométrique en gros plan du poste de coupe des fibres optiques de la figure 18 au moment de la coupe d'un filament de fibres optiques;

la figure 20 est une vue en coupe transversale en gros plan représentant la mise en place d'un filament de fibres optiques au moment où il est bourré contre une surface adhésive par le pilon du transporteur de fibres avant d'être placé dans la tête d'émission;

la figure 21 est une vue en coupe transversale et en gros plan représentant le bourrage d'un filament de fibres sur une surface adhésive par le pilon du transporteur de fibres lorsque le filament a été placé dans la tête d'émission;

la figure 22 est une vue isométrique éclatée de la tête d'émission à fibres optiques et du cylindre de fixation et de guidage représentant l'ordre de l'assemblage, et

la figure 23 est une représentation schématique du robot de fabrication et de son système de commande.

Un câble à fibres optiques 16 réalisant la présente invention est représenté sur la figure 1. Le câble souple 16 en matière plastique

souple moulée est intégralement relié à une source lumineuse 22 et à une tête d'émission 26. L'enveloppe en forme de courroie souple peut être installée sur une photocomposeuse de la quatrième génération de façon à être utilisée selon le procédé exposé dans le brevet des Etats-Unis N° 181.312 déjà mentionné ci-dessus. L'extrémité

d'entrée est éclairée par une matrice de diodes électroluminescentes (LED) constituant la source 22 et l'extrémité de sortie est positionnée à l'intérieur d'une tête d'émission comprenant au moins un réseau linéaire de filaments de fibres optiques enrobés 34. Dans le

système de photocomposition (non représenté), des moyens sont prévus pour faire balayer la tête d'émission en travers du matériau photosensible et enregistrer une ligne de caractères sur ce matériau. Le film est ensuite avancé par un moteur pas-à-pas et le balayage

répété pour une autre ligne de caractères. La courroie comprend un nombre de filaments de fibres optiques considérablement réduit par rapport aux milliers de filaments nécessaires aux câbles de fibres optiques de l'art antérieur. En outre, les fibres sont soigneusement disposées pour former une image de lumière cohérente grâce à l'illumination sélective des diodes électroluminescentes individuelles.

La souplesse de la courroie de fibres optiques permet un balayage rapide de la tête d'impression en travers du matériau photosensible. La suppression des efforts est assurée dans les zones 18 et

20 par des épaisseurs supérieures de la courroie. Cela réduit au

minimum la flexion et les contraintes dans les zones de montage où la courroie à fibres optiques est connectée au mécanisme de la photocomposeuse. La courroie est installée dans la photocomposeuse sur la source lumineuse 22, la bride de la tête d'émission 27 et l'équerre de fixation 19. La tête d'émission est boulonnée en place sur la photocomposeuse en utilisant les trous 41 de la bride 27.

La vue arrachée d'une portion de courroie de la figure 1 représente une coupe dans le plan neutre principal de la courroie avec les filaments de fibres optiques 34 enrobés dans cette courroie. Les filaments de fibres optiques 34 sont enrobés dans un réseau plat le long du plan neutre, qui est le plan axial et longitudinal de la courroie dans lequel le câble ne subit ni tension ni compression pendant la flexion de la courroie dans une direction perpendiculaire à ce plan. Ce phénomène est dû à la symétrie des contraintes exercées par rapport au plan central de la courroie pendant la flexion; le matériau situé d'un côté de ce plan travaille à la compression tandis que le matériau situé de l'autre côté travaille à la traction. Les filaments de fibres optiques sont enrobés le long du plan neutre de façon à ne subir aucun effort inutile lors de la flexion normale de la courroie pendant les opérations d'impression.

De chaque côté des filaments, des bandes plates en acier rigide 25 sont enrobées dans la courroie. Les bandes d'acier peuvent être perforées de façon à augmenter leur enrobage dans la courroie. Ces bandes ont pour objet de permettre la flexion de la courroie uniquement dans la direction perpendiculaire au plan neutre. Cette flexion est la seule flexion nécessaire à la photocomposeuse. Toute flexion dans d'autres directions exercerait des contraintes sur les filaments de fibres optiques et augmenterait les risques de ruptures des filaments. Les bandes plates 25 sont aussi fixées sur la source lumineuse 22 et la tête d'émission 26 de façon à empêcher l'allongement de la courroie.

La source lumineuse 22 comprend des diodes électroluminescentes (LED) 48 représentées sur la figure 4 et soutient leurs circuits annexes nécessaires, dont un connecteur électrique intégré 24. Les diodes électroluminescentes constituent un réseau de 16 colonnes dont chacune comprend 8 diodes électroluminescentes, ce qui fait au total 128 sources lumineuses individuelles. Les diodes électroluminescentes sont de préférence du type ayant une ouverture centrale centrée sur un plan métallisé. Chaque diode électroluminescente servant de source lumineuse est connectée à l'extrémité d'entrée d'un filament de fibres optiques. Les diodes électroluminescentes sont illuminées de façon sélective pour former l'image visualisée sur la tête d'émission 26. L'illumination sélective et le mouvement de la tête d'émission sont synchronisés pour créer des lignes d'impression lorsque le système est utilisé dans une photocomposeuse.

La figure 2 est une vue planaire de face de la tête d'émission à fibres optiques. Dans le cartouche agrandi, on peut voir le réseau des filaments de fibres optiques 34 utilisé pour la transmission de la lumière. Le réseau de filaments à deux niveaux est enrobé, entre une base 37 et une partie supérieure 36 de la tête 26, dans un matériau d'enrobage au cyanoacrylate 35 qui est versé sur les filaments par le trou d'accès 43. Le cyanoacrylate est un ciment transparent extrêmement dur et rigide. Les filaments de fibres optiques sont montés dans le plan central de la tête en correspondance avec leur position dans la courroie souple. La couche inférieure de filaments est placée dans les rainures 39 du socle 37 de la tête d'émission, ce qui facilite leur mise en place. Les rainures sont également visibles sur la figure 22 qui représente une vue de la tête d'émission démontée. La couche supérieure des filaments est légèrement décalée de façon que les filaments soient posés entre ceux de la couche inférieure. Les filaments tels qu'ils sont placés ici ne laissent aucun écart ni aucune zone non éclairée lorsque la tête effectue son balayage en travers du film photosensible.

Sur la figure 3 qui est une vue latérale de la tête d'émission on peut voir que les deux parties de la tête s'associent pour former une surface d'émission faisant un certain angle et un verrouillage intégré antiarrachement du câble 38 comme représenté sur la figure. Le verrouillage antiarrachement sert à la fois à éviter de séparer la tête et à

supprimer les tensions exercées sur les fibres et le câble lui-même du fait du mouvement de la tête d'émission dans la photocomposeuse. La bride de fixation 27 avec ses trous de boulons 41, qui est solidaire du socle 37, sert au montage de la tête d'émission dans la photocomposeuse. La partie supérieure 36 de la tête d'émission est fixée au socle par des vis 40.

La figure 4 est une vue isométrique du socle de la source lumineuse 22, représentée dans sa totalité sur la figure 1. Les diodes électroluminescentes 48 sont représentées dans une matrice 180. Les lignes situées au-dessus de chaque diode électroluminescente représentent la position des filaments de fibres optiques individuels 34. On peut voir également le connecteur électrique 24 qui relie les diodes électroluminescentes à une commande électronique numérique de la photocomposeuse.

La commande électronique contrôle l'illumination sélective des diodes électroluminescentes de façon à obtenir des images cohérentes sur la tête d'émission du câble à fibres optiques. Dans cette forme de réalisation, chaque filament de fibres optiques 34 est associé à une diode électroluminescente particulière 48 sur la source lumineuse 22 et placé dans une position particulière sur la tête d'émission à fibres optiques 26. Cela permet de fabriquer en série des courroies à fibres optiques équivalentes du point de vue opérationnel. L'ordre et la mise en place des filaments feront l'objet d'une discussion ci-dessous en liaison avec la description du robot de fabrication de la courroie à fibres optiques.

La figure 5 est une vue en coupe transversale de la source lumineuse et de son système de refroidissement adjacent. La source lumineuse 22, comme représenté précédemment sur la figure 4, comprend une matrice de diodes électroluminescentes 180 installée sur une plaque diffusant la chaleur 182.

Les diodes électroluminescentes produisent non seulement de la lumière visible, mais aussi de la chaleur, et une limitation importante au fonctionnement de ces diodes vient de leur température de fonctionnement. Plus le courant traversant la diode est élevé, plus l'éclairage est brillant. Mais, au-delà d'un certain courant, la diode va chauffer excessivement et se détériorer. Pour augmenter la lumière visible produite, les diodes électroluminescentes utilisées dans l'invention sont refroidies. Cela permet de faire traverser les diodes électroluminescentes par un courant relativement élevé afin d'obtenir une illustration brillante sans surchauffe ni dégradation.

L'excitation d'un élément thermoélectrique 184 conduit à la création d'une surface fraîche et d'une surface chaude de l'élément. La surface fraîche est orientée face à la plaque de diffusion 182, tandis que la surface chaude est orientée face au radiateur de chaleur 186. Le radiateur de chaleur sert à transférer l'énergie calorifique dans l'environnement extérieur. En établissant des surfaces de chauffage et de refroidissement, le module thermoélectrique élimine l'énergie calorifique de la matrice de diodes électroluminescentes 180 et de la plaque de diffusion 182 et la transfère à l'environnement par l'intermédiaire du radiateur 186.

Le module thermoélectrique refroidit activement les diodes électroluminescentes. Par exemple, si la température ambiante est comprise entre 21 et 26°C environ, le module thermoélectrique va maintenir les températures des diodes électroluminescentes à environ 15,5°C grâce à l'emploi d'un modulateur convenable. Puisque la matrice de diodes électroluminescentes 180 fonctionne au-dessous de la température ambiante de la machine en fonctionnement, elle est isolée de l'ambiance extérieure de façon à éviter toute surcharge thermique de la matrice de diodes électroluminescentes.

Pour isoler thermiquement le réseau de diodes électroluminescentes, la plaque de diffusion 182 est suspendue à l'intérieur d'un puits dans le bâti 187. La plaque 182 est suspendue par des goujons 192. L'espace ainsi ménagé entre la plaquette des circuits des diodes électroluminescentes 180 et le connecteur 24 est enjambé par les fils de connexion 190. Des parois en acier 194 entourent le bâti 187 et servent de moules pour les matériaux isolants. De façon à obtenir des propriétés de transfert de chaleur convenables, un radiateur en résine époxy est appliqué entre la matrice de diodes électrolumines-

centes 180 et la plaque de diffusion 182. De chaque côté du module thermoélectrique 184, on applique une graisse formant puits thermique qui augmente les caractéristiques de transfert de chaleur entre le module thermoélectrique 184, la plaque de diffusion 182 et le radiateur 186.

Des matériaux isolants et protecteurs sont placés sur et au-dessus de la jonction de la matrice des diodes électroluminescentes 180 et des filaments à fibres optiques 34. Une couche de résine époxy semi-souple 185 est directement posée sur la matrice de diodes électroluminescentes 180. Au-dessus de la couche de résine époxy se trouve un réservoir fermé de résine époxy liquide 197 qui permet la dilatation et la contraction thermiques des filaments de fibres optiques. Une couche solide enrobant les connexions des filaments de fibres optiques et les jonctions des diodes électroluminescentes provoquerait la rupture des filaments fragiles au cours des variations normales de la température ambiante. La résine liquide 197 est fermée par un joint en aluminium ou joint flottant 189 qui est mis en place par des bossages contre les parois en acier 194 et scellé avec un joint 191 en résine époxy durcie. Le dessous du joint flottant 189 est couvert d'une bande de polymère qui empêche l'usure de tous les filaments de fibres optiques qui pourraient venir en contact avec ce joint flottant. Au-dessus du joint flottant 189 est posée une couche rigide de mousse d'uréthane isolante 188. Enfin, la source lumineuse est recouverte d'un capot en aluminium 193 qui est fixé au bâti d'acier 194 par de la résine époxy.

La source lumineuse est reliée de façon permanente à la courroie de fibres optiques comme on peut le voir grâce au verrouillage antiarrachement 23 (figure 4).

La figure 6 est une vue isométrique du moule utilisé pour mouler la partie centrale souple de la courroie de fibres optiques représentée sur la figure 1. Le moule sert à la fois à supporter les filaments de fibres optiques et à orienter l'écoulement du matériau de moulage par injection. La base du moule 56 et le dessus du moule 58 sont placés autour des filaments de fibres optiques avant l'injection de produit de moulage. Lorsque le moule est fermé, les ergots 60 et 61 sont introduits dans les trous 65 et 67. Cela permet d'aligner correctement le moule lors de l'assemblage avant l'injection du matériau de moulage.

Les creux 62, 63 et 71, 73 prévus dans le moule permettent de créer les zones de suppression de contrainte 18 et 20 représentées sur la figure 1. Comme on l'a vu ci-dessus, ces zones servent au montage des filaments de fibres optiques dans la photocomposeuse et, du fait de leur plus grande épaisseur, réduisent les contraintes exercées dans ces zones.

Des goujons 59 servent à l'installation des éléments transverses supportant les filaments. Ces éléments 79 (figure 7) sont constitués d'un laçage enroulé autour des goujons 59. Le laçage est maintenu par des ressorts comprimés par des vis 64 à chaque extrémité de la base du moule du câble 56. Les ressorts comprimés 64 permettent de maintenir et de tendre régulièrement le laçage transversal support de façon qu'il maintienne convenablement les filaments de fibres optiques orientés selon l'axe longitudinal du moule au voisinage de ce qui va devenir l'axe neutre de la courroie terminée. Cela est visible sur la figure 7 où les filaments de fibres optiques 34 sont installés sur le laçage 79.

Le laçage transversal de support 79 est posé en deux couches. La première couche est posée en travers du moule à partir des goujons 59 et sert à supporter les filaments de fibres optiques le long de l'axe neutre. Lorsque les filaments de fibres optiques ont été posés de façon souple au travers de la première couche, la seconde couche est posée sur les filaments. La seconde couche de laçage s'étend à partir des mêmes positions déjà utilisées pour la première couche.

Pendant l'assemblage du moule, les trous 50 qui se trouvent à l'extrémité gauche du fond du moule 56 servent à aligner et à assembler le socle de la tête d'émission à fibres optiques 37 au moule (figure 7). Pendant le moulage, la partie supérieure de la tête d'émission 36 (figure 1) est fixée au socle 37. La matière plastique est injectée dans la tête 26 et dans le moule à travers un orifice 30. Lorsque

la substance de moulage a été injectée dans le moule et que le procédé de fabrication du câble est terminé, la tête d'émission à fibres optiques est déconnectée du moule. Cela libère la tête qui devient partie permanente de l'ensemble du câble. Le verrouillage moulé antiarrachement 38 (figure 3) permet de fixer la tête d'émission au câble à fibres optiques. Une zone de suppression de tension est formée par les parties inclinées 265 et 267 à l'extrémité gauche du moule.

L'ergot 68 et les trous 70 (figure 6) servent à assembler le moule de la courroie à fibres optiques au bâti 187 de la source lumineuse 22, comme représenté sur les figures 4 et 5, pendant le procédé d'assemblage. L'ergot 68 est introduit dans un trou (non représenté) prévu dans le fond du bâti de la source lumineuse 187, et la source lumineuse est boulonnée au moule par les trous 52 (figure 4) et 70 (figure 6). Comme dans le cas de la tête d'émission à fibres optiques, lorsque le procédé de moulage est terminé, la source lumineuse est détachée du moule et reste maintenue à la courroie. La section moulée antiarrachement 23 du câble sert à fixer la source lumineuse au câble.

La plaque 72, représentée sur les figures 6 et 7, est fixée à la base du moule 56 et utilisée pour assembler la base du moule au robot de fabrication qui va être décrit ci-dessous. Le socle du moule fixé peut être positionné avec précision pour permettre un routage précis des filaments de fibres optiques. Des trous 66, à l'extrémité gauche du moule, servent à maintenir le cylindre de fixation 150 (figure 18) au socle du moule 56.

La figure 7 est une vue isométrique du socle du moule 56 précédemment présenté sur la figure 6. Sur cette vue, on peut voir les filaments de fibres optiques 34 installés sur ce qui doit être le plan neutre du câble et sont soutenus par un laçage monofilament 79 qui a été attaché au moule. La source lumineuse à diodes électroluminescentes 22 ainsi que la base de la tête d'émission 37 sont présentées fixées à leurs extrémités respectives du moule du câble à fibres optiques sur cette vue. Chaque filament de fibres optiques représenté dans l'ensemble est associé à une diode électroluminescente particulière 48 du réseau de diodes électroluminescentes 180 et chemine jusqu'à une position particulière de la tête d'émission à fibres optiques 37. Pour créer une image lumineuse cohérente, chaque fibre du câble à fibres optiques suit individuellement une route particulière sur le moule assemblé.

À l'origine, soixante-quatre (64) filaments de fibres optiques sont individuellement fixés aux diodes électroluminescentes et routées de façon à former une première couche de filaments dans le câble.

Chaque fibre est poussée contre des blocs adhésifs à chaque extrémité du câble au moment où elle est mise en place de façon qu'elle garde sa position. Lorsque la première couche de fibres a été posée, la pince 108 est placée sur les filaments du côté de la source lumineuse à fibres optiques, et une seconde pince 140 est placée sur les filaments du côté de la tête d'émission 37. Ces pinces servent à maintenir la première couche de filaments de fibres optiques de façon qu'ils ne soient pas écartés des positions qui leur ont été affectées sous l'effet du poids de la seconde couche des filaments. Un nouveau bloc adhésif est alors placé sur chaque pince. La seconde couche des soixante-quatre (64) filaments de fibres optiques est ensuite automatiquement posée sur les pinces et poussée contre les nouvelles bandes d'adhésif pour être maintenue en place.

Après l'installation du second ensemble des filaments de fibres optiques, un second ensemble de laçages monofilaments de soutien 79 est ajouté sur les goujons 59. Le laçage se termine sur les ressorts comprimés par des vis 64 qui maintiennent la tension correcte suffisante pour maintenir les filaments de fibres optiques.

Chaque filament reste en relation bien définie entre sa diode électroluminescente individuelle 48 et sa position sur la tête d'émission 37. Cela permet d'utiliser la tête d'émission à fibres optiques pour former des images définitives à partir d'un réseau de diodes électroluminescentes 180 commandé par un procédé électronique. Chaque câble de fibres optiques fabriqué produit la même image à partir du

même programme d'ordinateur, ce qui permet une fabrication en série.

Les figures 9 et 10 sont des schémas du robot de fabrication du câble à fibres optiques utilisé pour fabriquer le câble à fibres optiques. La figure 9 est une vue de face et la figure 10 est une vue de dessus. Ces schémas insistent sur les mouvements de base que peuvent effectuer les sous-ensembles particuliers du robot. Ces mouvements sont nécessaires pour obtenir une mise en place, un cheminement et une coupe précis des fragiles filaments de fibres optiques.

Un poste de mise en place des fibres 80 est fixe et sert de référence de position au reste du système.

Sur le socle fixe 85 se déplace un chariot X1 75. Le chariot X1 75 est entraîné le long de l'axe X par le moteur X1 84.

Le poste de coupe 90 se déplace avec le moule du câble à fibres optiques sur le chariot X1 74 qui peut se déplacer le long de l'axe Y1. Un moteur Y1 87 permettant d'effectuer ce mouvement est monté sur le chariot X1 75. Ce montage permet un mouvement complet du moule de fibres 56 et du poste de découpe 90 dans un plan X/Y. Les mouvements du moule 56 et du poste de coupe sont les mêmes; par conséquent, la distance entre le poste de coupe et l'extrémité du moule à fibres ne peut pas varier et les filaments des fibres optiques sont toujours coupés à la même distance de l'extrémité du moule à fibres.

Le chariot Y1 74 transporte le moule du câble à fibres optiques comprenant le socle du moule de câble à fibres optiques 56, la source lumineuse à fibres optiques 22 et le socle de la tête d'émission lumineuse à fibres optiques 37. Le mouvement X/Y du moule à fibres 56 permet de positionner avec précision le réseau des diodes électroluminescentes au-dessous du poste de mise en place des fibres et le positionnement avec précision des filaments des fibres optiques sur les zones cibles du réseau. Les deux moteurs X1 et Y1 sont des moteurs pas-à-pas de précision qui sont commandés avec une précision exacte pour déplacer le moule des fibres de façon que la diode électroluminescente convenable soit alignée avec chaque filament de fibres optiques.

Le transporteur de fibres 94 se déplace sur un montage fixe 55. Le transporteur de fibres 94 comprend la bobine du filament de fibres optiques qui doit être posée sur le moule 56. La bobine de filament est commandée en liaison avec le mouvement du transporteur de fibres. Le transporteur de fibres 94 se déplace le long de l'axe X2 sous l'effet du moteur 78 entre le poste de mise en place 80 le long de la base de moule 56 jusqu'au poste de coupe 90 tout en appliquant le filament de fibres optiques. Un moteur Y2 82 assurant le mouvement le long de l'axe Y2 du transporteur 94 est installé sur le transporteur de fibres lui-même. Les deux moteurs assurent un mouvement global précis du transporteur de fibres dans le plan X/Y.

Au cours du fonctionnement, le transporteur de fibres se déplace jusqu'au poste de mise en place des fibres et amène un filament de fibres optiques à travers un mandrin fixe sous vide pour fibres 102 (figure 11) jusqu'à la source lumineuse à diodes électroluminescentes 22. Lorsque le filament est fixé à une diode électroluminescente 48, le transporteur pose le filament de fibres optiques le long du moule du câble à fibres optiques 56 jusqu'à la tête d'émission 37 et au poste de coupe 90. Le filament est coupé lorsqu'il a été posé dans la tête d'émission 37 et le transporteur de fibres revient au poste de mise en place des fibres pour continuer la mise en place des filaments.

Pour placer les filaments des fibres optiques avec précision, il est nécessaire que le transporteur de fibres se déplace précisément dans le plan X/Y. Lorsque le moule à fibres 56 est en place par rapport au poste de mise en place des fibres 80 (figure 9), c'est le transporteur de fibres 94 qui commande le cheminement du filament à fibres optiques depuis la diode électroluminescente jusqu'à la tête d'émission. Il faut remarquer que les mouvements du transporteur de fibres et du moule à fibres sont coordonnés avec précision grâce à des commandes électroniques.

La figure 11 est une vue isométrique de la face gauche du robot de fabrication du câble à fibres optiques représenté sur les schémas des figures 9 et 10. Le transporteur de fibres optiques 94 est présenté

en place au-dessus du moule à fibres optiques 56 là où il devrait se trouver au cours du processus de routage d'un filament de fibres optiques (non représenté) depuis la source lumineuse 22 jusqu'au socle de la tête d'émission 37. Cette vue est particulièrement utile pour comprendre le mouvement du transporteur de fibres 94. On va décrire en détail ci-dessous comment le transporteur de fibres amène un filament de fibres optiques dans le mandrin à fibres sous vide 102 et le pousse contre la surface de l'émetteur de diode électroluminescente 48.

Le transporteur de fibres est déplacé le long du moule du câble 56 au moyen du moteur X2 78 et d'une chaîne d'entraînement 130. Lors de son mouvement, le transporteur de fibres pose le filament de fibres optiques le long du moule du câble 56. Lorsque le filament de fibres optiques approche de la tête d'émission 37, un guide de fibres fixe 134 maintient la fibre en position correcte le long du moule du câble 56 par rapport à la tête d'émission jusqu'à ce que la fibre soit forcée contre le bloc adhésif 146 situé à l'interface avec la tête d'émission. Après la mise en place de la fibre dans la tête d'émission, la fibre est coupée au poste de coupe 90 et le transporteur de fibres revient pour poser une autre fibre à partir de la source lumineuse 22. Le moteur X2 78 qui commande le mouvement du transporteur de fibres dans la direction X est monté sur un pilier fixe 132.

On peut remarquer sur cette figure les moteurs électriques qui mettent en place le moule à fibres 56 et le poste de coupe. Le socle du moule du câble à fibres 56 est monté sur le chariot Y1 74 et se déplace donc exactement en même temps. Le moteur Y1 87 est monté au-dessus du socle 85 et déplace à la fois l'ensemble du moule à fibres et le poste de coupe. Le moteur X1 84 qui déplace à la fois les chariots 75 et 74 est directement monté sur le socle fixe 85. Le poste de coupe et le moule à fibres sont déplacés en même temps le long des deux axes; par conséquent, le poste de coupe reste à une distance fixe du moule à fibres. Cela permet de délimiter les filaments avec précision. Sur la figure 11, on peut voir également le cylindre pneumatique du poste de coupe 144 qui commande la coupe des fibres sur ce poste.

Les figures 12 et 13 représentent des vues isométriques en gros plan du socle de la source lumineuse 22 sur le poste de mise en place des fibres 80. Sur ces vues, une partie de la première rangée des filaments de fibres optiques 34 a déjà été posée dans le moule. On peut voir que les fibres sont individuellement connectées aux diodes électroluminescentes particulières du réseau de diodes 180.

Dans l'angle droit des figures se trouve une caméra de télévision 96 maintenue en une position relative fixe en X/Y par rapport au mandrin en forme de «V» 102. La caméra de télévision est utilisée par un ordinateur appliquant un programme évolué ou par un opérateur de machine pour visualiser, sur un écran vidéo, une image agrandie du réseau de diodes électroluminescentes. Grâce à la commande électronique, le moule à fibres 56 est amené séquentiellement dans une position où les réticules de l'écran vidéo sont centrés sur la zone d'émission la plus intense de chaque diode électroluminescente. Lorsqu'une diode électroluminescente est alignée avec le réticule de l'écran vidéo, l'emplacement est communiqué à l'ordinateur 200 et stocké dans sa mémoire.

Il est nécessaire de prévisualiser les diodes électroluminescentes et de stocker leurs emplacements dans la mémoire parce que les réseaux de diodes électroluminescentes, tels qu'ils sont actuellement construits, ne sont pas identiques et que la position de la zone d'émission la plus brillante de chaque diode varie de quelques centièmes de centimètre entre les réseaux 180. Il est spécialement important de raccorder les filaments de fibres optiques avec la zone la plus brillante de chaque diode afin d'obtenir une bonne image finale sur la tête d'émission. De cette façon, les informations nécessaires à la mise en place précise des filaments de fibres optiques sont stockées dans la mémoire de l'ordinateur pour chaque réseau particulier de diodes électroluminescentes 180.

L'opération de mise en place des filaments exige une grande précision car les diodes électroluminescentes ont une intensité limitée. L'augmentation de l'intensité des diodes électroluminescentes exige-

rait de les faire traverser par un courant plus élevé et donc de dégager de la chaleur, ce qui réduirait la durée de ces diodes. C'est pourquoi, comme on l'a vu en détail ci-dessus, la matrice de diodes électroluminescentes 180 est refroidie par un procédé thermoélectrique. Le refroidissement augmente la lumière que les diodes électroluminescentes peuvent émettre. Pour rendre maximale la visibilité des diodes électroluminescentes et obtenir une bonne image sur la tête d'émission, il faut tirer le meilleur parti possible de la zone d'émission lumineuse. Il faut encore que le filament soit convenablement placé et bien fixé à la zone cible de la diode électroluminescente. Le procédé de mise en place du filament de fibres optiques va être décrit ci-dessous. Sur les figures 12 et 13, le procédé de mise en place des filaments a déjà commencé, et le réseau de diodes est représenté à l'écart de la caméra de télévision.

Sur la figure 12, le transporteur des filaments de fibres optiques s'est déplacé le long de sa voie jusqu'à être en position dans le mandrin fixe sous vide 102, prêt à installer un filament de fibres optiques sur une LED du réseau 180. Le positionnement de la diode électroluminescente par rapport au mandrin 102 est effectué en déplaçant le moule 56 du câble à fibres optiques.

Sur les deux figures 12 et 13, le mandrin fixe sous vide 102 de mise en place des fibres optiques et le radiateur 103 sont visibles au-dessus du réseau des diodes 180. La figure 15 est une vue isométrique en gros plan du poste de mise en place des fibres 80 comprenant la matrice de diodes 180, le mandrin en forme de «V» sous vide des fibres 102 et le radiateur 103 qui sont en place pour fixer un filament de fibres optiques contre le réseau de diodes 180. Le filament descendant du transporteur de fibres 94 passe dans une rainure «V» 119 du mandrin sous vide 102. La diode électroluminescente 48 est positionnée avec précision par rapport à cette rainure de façon que, sous le contrôle de l'ordinateur 200 (figure 23), la diode électroluminescente précédemment repérée soit alignée de manière à placer la fibre optique sur la zone dont l'émission lumineuse est la plus brillante.

Les orifices 121 font communiquer la rainure «V» 119 à une source de vide. Le filament est donc aspiré de manière à être étroitement maintenu dans la rainure et à être placé avec précision sur une diode électroluminescente du réseau 180. Quand le transporteur de fibres maintient le filament sur l'emplacement d'une diode, un jet de gaz chaud et inerte est orienté par le radiateur 103 sur la diode. Le radiateur 103 chauffe une petite surface de l'adhésif qui a été précédemment étalé sur le réseau de diodes 180. L'adhésif ramollit sur une petite surface et l'extrémité du filament de fibres optiques 34 est enfoncée sur cette zone et enrobée dans l'adhésif sur la surface d'émission de la diode. Le radiateur est ensuite éteint et l'adhésif se solidifie autour de la fibre en la maintenant donc sur une seule diode sans perturber les diodes ni les filaments voisins. Lorsque le filament est convenablement placé sur une diode électroluminescente et fixé grâce à l'adhésif fondant à la chaleur, le transporteur contrôlé par la commande électronique commence à débiter le filament et à le placer sur son trajet individuel en direction de la tête d'émission.

La figure 16 est une vue en coupe du radiateur de précision 103. Au moment de la mise en place des filaments de fibres optiques 34 sur les diodes électroluminescentes individuelles 48, il est important de ne pas perturber les diodes ni les filaments voisins qui ont déjà été assemblés. Il est donc nécessaire que le procédé de fixation ne fasse fondre qu'une petite surface d'adhésif. C'est pourquoi le radiateur 103 a été spécialement étudié pour débiter un très petit jet de gaz chaud. Il faut encore remarquer que l'adhésif utilisé a, par nature, un point de fusion très discret si bien qu'au-dessus de la température de son point de fusion, il est complètement liquide tandis qu'au-dessous de cette température, la liaison avec l'adhésif est convenablement établie. Le point de fusion de l'adhésif est aussi suffisamment élevé pour maintenir la liaison même si cet adhésif est chauffé par l'utilisation des diodes; cependant, la chaleur dégagée par le radiateur de précision n'est pas suffisante pour détruire ni détériorer la diode.

Dans le radiateur présenté sur la figure 16, le gaz est introduit par le tube interne 210 et passe dans une section de chauffage consti-

tuée par un tube très fin. Ce tube est maintenu à l'intérieur d'un tube extérieur 216 par un manchon en céramique 212 et un bouchon en acier inoxydable 214. Le bouchon en acier inoxydable est brasé en 218 à la fois au tube intérieur et au tube extérieur pour former un montage solide. Le manchon en céramique 212 est cependant laissé relativement lâche de façon à permettre la dilatation et la contraction des tubes intérieur et extérieur sous l'effet des conditions thermiques; il est maintenu par un collier 213.

Le chauffage réel est induit par un courant électrique circulant d'un côté dans le tube intérieur passant par le collier 213 et de l'autre côté par le tube extérieur. Puisque le tube intérieur a des parois extrêmement minces et une circonférence relativement petite, il offre une résistance électrique élevée comparativement à celle du tube extérieur. C'est donc essentiellement le tube interne qui s'échauffe dans ce circuit. Une très faible tension (1,5 V) débitant un courant élevé (20 A) est appliquée au radiateur.

En traversant le tube intérieur extrêmement chaud, le gaz s'échauffe. L'extrémité coudée du tube oriente le gaz vers la cible de la diode électroluminescente. De même que le mandrin sous vide, le radiateur est un élément fixe; par conséquent, lorsque le moule à fibres 56 est amené en position d'insertion d'un filament de fibres dans le mandrin sous vide, il est en même temps amené en place pour le chauffage de l'adhésif grâce au radiateur de précision 103. Il est possible de couper soit le courant électrique, soit le débit de gaz, soit les deux, lorsqu'une fibre a été mise en place pour permettre de refroidir l'adhésif.

La figure 17 est une vue isométrique en gros plan du côté droit du transporteur de fibres 94. Cette vue montre le trajet suivi par le filament de fibres optiques 34 sur le transporteur pour être mis en place sur une diode électroluminescente et être posé sur le moule à câble. La fibre est dévidée par une bobine 112 qui est activement contrôlée de façon à maintenir une tension presque constante sur le filament. La fibre passe par une série de trois galets 114, 116 et 120 et elle est tirée en avant par un cabestan 122. Le cabestan est entraîné par un moteur 125. Les galets 114 et 120 sont montés sur des axes fixes. Le galet 116 est fixé à un bras tendeur 118 qui pivote autour d'une pièce jouant le rôle d'axe 219. Le bras tendeur monte ou descend en fonction de la tension du filament passant par le galet 116, mais il est limité par la butée 221. L'axe 219 du bras tendeur 118 est fixé intérieurement à un obturateur associé à un capteur photoélectrique (non représenté). Le capteur photoélectrique en liaison avec des circuits électroniques commande le mouvement de rotation de la bobine de filaments de fibres optiques 112 de façon qu'elle tourne régulièrement en liaison avec le cabestan 122. Ce mécanisme maintient donc une tension généralement constante du filament au moment de l'application du filament de fibres optiques et il est équipé d'un système de sécurité qui évite un débit excessif du filament.

Lorsque le filament quitte le galet 120, il passe entre le cabestan 122 et un galet presseur 124. Après avoir parcouru une courte distance, il passe par un guide 126 et ensuite sur un galet 128. La fibre est maintenue dans le mandrin à fibres sous vide sous le galet 128 au moment où il est pressé contre la cible de la diode électroluminescente. Lorsque le transporteur de fibres pose un filament le long du moule à câble, le filament se coude autour du galet 128 et il est posé directement sur le moule du câble.

Lorsque le transporteur de fibres installe une fibre contre une diode électroluminescente, la pression de la fibre sous la diode électroluminescente est critique pour obtenir un bon contact et une bonne liaison entre la fibre et la surface d'émission de la diode. C'est le transporteur de fibres qui contrôle cette pression. Lorsque le filament de fibres frappe la surface de la diode électroluminescente, le filament se recourbe entre le cabestan 122 et le guide 126 et l'ordinateur de commande arrête la rotation du cabestan 122. Une force élastique précise est obtenue par le pliage du filament. Cette force exerce la pression correcte nécessaire pour appliquer la fibre sur la diode.

Le mécanisme d'alimentation en fibres présente encore un aspect important, à savoir la coordination du mouvement de la bobine de

fibres optiques et du cabestan 122 grâce au galet tendeur 116. La bobine de fibres 112 s'arrête de débiter le filament de fibres lorsque le cabestan s'arrête par suite de la suppression de la tension du bras tendeur 118. Le galet tendeur 116 descend par rapport aux galets fixes 120 et 114; ce mouvement, par l'intermédiaire du bras tendeur 118, excite le capteur photoélectrique mentionné ci-dessus, et les circuits électroniques arrêtent le mouvement de la bobine de fibres.

Le procédé qui vient d'être décrit rend reproductible la mise en place des filaments de fibres sur chaque cible prédéterminée. C'est là l'une des fonctions les plus importantes du robot. Puisque chaque filament est important pour la qualité de l'image, tout filament mal aligné, cassé ou anguleux conduirait à une image photocomposée de piètre qualité. Il ne faut pas oublier que le fonctionnement du câble à fibres optiques ne dépend que de 128 filaments de fibres optiques. Un défaut dans l'un quelconque des filaments se traduirait par une dégradation importante de la qualité de l'image.

Le filament de fibres optiques est placé depuis la diode électroluminescente sur le moule du câble à fibres optiques 56 grâce au mouvement X/Y du transporteur de fibres 94 qui simultanément fait débiter la fibre par la bobine 112 montée sur ce transporteur. Il est nécessaire de fixer le filament à un bloc adhésif 105 pour changer la direction du passage du filament et la maintenir convenablement sur son trajet. Lorsque le transporteur de fibres place le filament de fibres optiques sur le moule à fibres 56, un pilon 54 tourne et ensuite descend comme l'indique la figure 14 pour appuyer le filament sur le bloc adhésif 105. Le pilon est actionné par un système à deux solénoïdes, le premier solénoïde faisant tourner le pilon pour l'amener en place et le second solénoïde faisant descendre le pilon sur les fibres. Le transporteur de fibres pose ensuite le filament le long du moule à fibres optiques et le place sur le laçage 79. Le laçage soutient les filaments dans ce qui deviendra le plan neutre du câble de fibres optiques terminé.

Lorsque les soixante-quatre filaments de fibres optiques de la première couche ont été posés le long du moule 56, cette couche est serrée par une bande métallique 108 (figure 13) fixée par des vis dans des trous 202 (figure 12) du socle de la source lumineuse 22. Une seconde couche d'adhésif est ensuite ajoutée sur le dessus de la pince. La pince 108 évite de perturber la première couche de filaments et assure une bonne adhérence de la seconde couche des filaments pendant le processus de leur mise en place.

A l'extrémité opposée du moule, chaque filament de fibres optiques est amené à traverser un bloc adhésif sur la tête d'émission 26 (figure 1) et un pilon 106 (figure 20) fixé au transporteur de filaments 94 appuie le filament contre l'adhésif. Lorsque le transporteur de fibres a terminé la pose du filament sur la tête d'émission et que le filament a été coupé au poste de coupe comme cela sera expliqué ci-dessous, le transporteur 94 revient au poste de mise en place des fibres pour passer à un autre filament.

Comme cela a déjà été indiqué, le transporteur de fibres 94 peut se déplacer dans les deux directions X2 et Y2. Le moteur Y2 qui n'est pas représenté sur la figure 17 permet au transporteur de fibres d'avancer lui-même dans la direction Y, c'est-à-dire sur le travers du moule à fibres. Dans la direction X, le transporteur de fibres est entraîné le long d'un barreau fixe 99 par une chaîne en matière plastique 130. Cette chaîne est entraînée par le moteur X2 78 que l'on peut voir sur les figures 9, 10 et 11. Le transporteur de fibres peut donc se déplacer mécaniquement et complètement dans le plan X/Y.

Les figures 18 et 19 sont des vues isométriques du poste de coupe du robot de fabrication du câble de fibres optiques. Les figures 20 et 21 sont des vues en coupe transversale en gros plan du socle de la tête d'émission pendant l'installation d'un filament de fibres optiques. La vue isométrique éclatée de l'ensemble de la tête d'émission, sur la figure 22, va maintenant être décrite en même temps que les figures 20 et 21.

Sur la figure 20, le filament de fibres optiques a été amené par le transporteur de fibres 94 en travers du socle de la tête d'émission 47 et il est en cours de mise en place contre la bande adhésive 140, figure 22, grâce au pilon 106 fixé au transporteur de fibres. Le mou-

vement du pilon est commandé par un cylindre pneumatique à action rapide 211 (figure 17) installé sur le transporteur de fibres 94. Le filament de fibres est posé avec précision contre sa rainure particulière 39 (figure 22) sur le socle de la tête d'émission 37 et ensuite poussé vers le bas par le pilon 106 contre une bande adhésive 146 posée sur le cylindre de fixation 150 comme l'indique la figure 21. Les soixante-quatre filaments de fibres optiques de la première couche sont ainsi individuellement placés sur la première couche de bande adhésive et dans les rainures 39 (figure 22) de la tête d'émission. La zone rainurée 39 de la tête d'émission est surélevée par rapport aux zones avoisinantes dans lesquelles les filaments de fibres sont poussés contre des bandes adhésives 140 et 146. Les filaments sont donc maintenus sous une légère tension par ce montage comme on peut le voir sur les figures 21 et 22, et cela maintient les filaments dans les rainures 39 qui placent les filaments à moins de 0,013 mm environ de leur position optimale souhaitée.

A la fin de la préparation de la première couche de filaments, des barrettes de serrage 152, 154 (figure 22) sont posées sur la première couche des soixante-quatre filaments de la tête d'émission 37 et sur le cylindre de fixation 150. Ces barrettes sont maintenues par des vis 153, 155. Des rondelles 151 et 157 empêchent le déplacement de la première couche de filaments. Des bandes adhésives supérieures 156, 158 sont posées sur les barrettes pour retenir la seconde couche des soixante-quatre filaments. La seconde couche de filaments est ensuite posée sur le premier ensemble de filaments, les filaments étant décalés les uns par rapport aux autres, comme on le voit sur la vue éclatée de la figure 2. La seconde couche est également maintenue sous une légère tension par les bandes adhésives comme représenté sur la figure 21.

Lorsque chaque filament de fibres a été posé sur la tête d'émission, il doit être coupé de la bobine de filaments 112 (figure 17) de façon que le filament de fibres suivant puisse être fixé sur la source lumineuse 22. Les figures 18 et 19 représentent le poste de coupe en deux étapes au cours de la coupe d'un filament de fibres optiques. Sur ces vues, le pilon 106 a déjà appuyé une couche de filaments de fibres optiques fraîchement posée sur des blocs adhésifs 140 et 146 comme représenté sur la figure 21.

Lorsque le transporteur de fibres 94 fait passer le filament de fibres optiques par le guide de mise en place 138 (figure 18) et devant le poste de coupe, un bras porte-bobine 171 est positionné par un moteur 91 (figure 1) au-dessous du niveau du transporteur de fibres au moment où il passe par-dessus la tête. Le bras porte-bobine 171 est ensuite poussé vers le haut et le filament de fibres glisse sur la bobine 136. La forme spéciale de la bobine 136, comme représenté sur la figure 18A, permet le passage du filament. Lorsque le filament a glissé sous l'effet de la bobine 136, le bras de coupe 171 place le filament en vue de l'opération de coupe comme représenté sur les figures 18 et 19.

Sur la figure 19, la bobine a été amenée contre le filament de fibres et l'a poussé vers le bas. Egalement, le transporteur de fibres 94 a amené le filament de fibres sous le bras 250 et dans une position où le couteau 142 est apte à le sectionner. La partie inférieure du bras 250 qui porte la bobine 136 est recouverte d'une mince couche de matériau semi-élastique et forme la surface de coupe contre laquelle est poussé le couteau. Le couteau 142 est actionné par un cylindre pneumatique à action rapide 144 afin d'effectuer une coupe qui pourra être utilisée du point de vue optique.

L'opération de coupe est une opération importante, étant donné que l'extrémité des filaments de fibres optiques qui est laissée en retrait contre le transporteur de filaments de fibres optiques sera l'extrémité de la fibre qui va être fixée à la diode électroluminescente suivante de la source lumineuse 22. Il est donc nécessaire que le couteau prépare une extrémité de filament utilisable du point de vue optique. L'extrémité du filament qui reste à la sortie de la tête d'émission va être coupée et polie à la fin de la fabrication de la courroie à fibres optiques.

Pour obtenir une coupe de filaments utilisable du point de vue optique, le couteau emploie une lame de rasoir au chrome. Chaque

filament est acheminé vers un emplacement légèrement différent de la tête d'émission et du couteau, de cette façon, les filaments sont toujours sectionnés par une portion encore inutilisée de la lame de coupe. Lorsque la première couche de soixante-quatre fibres est découpée, la lame revient dans son support de façon à présenter une nouvelle partie du bord tranchant pour la seconde couche des filaments.

Enfin, lorsque la seconde couche des filaments est posée sur le moule du câble de fibres optiques, la partie supérieure du moule 58 (figure 5) est fixée sur la partie inférieure du moule et la partie supérieure 36 de la tête (figures 21 et 22) est fixée à la coquille inférieure de la tête 37 par des vis 40. Lorsque l'ensemble de la tête est assemblé, un joint en caoutchouc 231 (figure 21) est comprimé contre les filaments de façon à les maintenir encore pendant l'enrobage. Le matériau d'enrobage appliqué par un trou 43 de la coquille supérieure de la tête 36 est à base de cyanoacrylate, il se solidifie rapidement pour maintenir les filaments en place à l'extrémité de la tête d'émission 32. Le câble est maintenant prêt pour le moulage par injection. Le matériau de moulage est appliqué par le trou 30 de la tête d'émission jusqu'à ce qu'il apparaisse à l'extrémité opposée du moule 56, 58.

Après la solidification du matériau de moulage, la tête d'émission 26 et la source lumineuse 22 sont détachées du moule du câble; les moitiés du moule du câble 56 et 58 (figure 5) sont enlevées. Pour faciliter ce démoulage, le façage de soutien est coupé des ergots 59, figure 5, et rogné du câble. La face extrême de la tête d'émission est ensuite polie pour obtenir le câble terminé comme représenté sur la figure 1.

Le mécanisme de fabrication d'un câble à fibres optiques ayant maintenant été décrit complètement, une récapitulation du procédé de fabrication en considérant la figure 23 va maintenant clarifier le procédé.

Le mécanisme de fabrication du câble à fibres optiques est installé en fixant la moitié inférieure de la coquille du moule 56 (figure 7), la coquille inférieure de la tête d'émission à fibres optiques 37 et la source lumineuse à diodes électroluminescentes 22 (figure 4) sur le chariot Y1 74. Le moule du câble à fibres optiques est ensuite préparé à l'utilisation en effectuant le façage des éléments transverses de soutien 79 sur lesquels sont posés les filaments de fibres optiques 34 dans la coquille inférieure du moule 56.

L'importante préparation suivante à faire avant que les opérations ne commencent est le repérage des diodes électroluminescentes 180 à l'aide d'une caméra 96 et d'un visuel 202 (figure 23). Le visuel 202 est utilisé par un opérateur ou par un ordinateur préprogrammé pour déterminer et enregistrer en mémoire les zones les plus intenses

d'émission de chaque diode électroluminescente. Ces informations sont stockées dans l'ordinateur 200 et utilisées pour la mise en place automatisée des filaments de fibres optiques sur les diodes. Enfin, un filament de fibres optiques est enfilé à la main depuis la bobine de fibres 112 du transporteur des filaments de fibres optiques 94 dans les galets 114, 116, 120, 124, le guide 126 et le galet 128, après quoi la machine peut être préparée pour le fonctionnement automatisé.

Au cours du fonctionnement automatique du robot, qui a été décrit précédemment en détail, plusieurs mouvements et opérations sont effectués. La figure 23 résume ces mouvements et opérations sous forme schématique. En outre, des systèmes de soutien d'interface sont représentés.

Le radiateur 103 qui sert à la connexion des filaments de fibres optiques 34 est présent avec son alimentation en azote gazeux 206. Au cours de la mise en place des fibres, le mandrin sous vide 102 maintient la fibre en place lorsque la source de vide 208 est mise en service.

Après la mise en place des fibres, un pilon 104 appuie les fibres sur l'adhésif. Lorsque le transporteur de fibres 94 se déplace dans la direction longitudinale du moule à fibres 26, il est déplacé dans la direction longitudinale par le moteur X2 78 et entraîné dans la direction transversale par le moteur Y2 82. La fibre est encore maintenue en place par un mandrin à vide secondaire 134 et une source de vide 210.

Au cours de ces opérations, le moule à fibres et le poste de coupe 90 sont mis en place par des moteurs 84 et 87. Les mouvements de la bobine 136 et du couteau 142 sont présentés sur cette vue. Le moteur de la bobine 212 et le cylindre pneumatique de coupe 144 sont également représentés.

Le procédé d'installation des fibres se poursuit automatiquement jusqu'à ce que la première couche de filaments de fibres optiques à proximité du principal axe neutre du câble de fibres optiques soit terminée. Des barrettes sont mises en place sur la première couche de fibres et de nouveaux blocs adhésifs ajoutés. Une seconde couche est ajoutée automatiquement et maintenue en place.

La portion supérieure du moule et la portion supérieure de la tête d'émission à fibres optiques sont installées dans l'étape finale du montage.

Le moule fermé est ensuite démonté du mécanisme automatisé de fabrication du câble à fibres optiques et les fibres sont enrobées.

Le procédé final de préparation du câble à fibres optiques consiste en un polissage de la tête d'émission avec un fini très fin de façon qu'il y ait peu de distorsion de la lumière quand le produit est en service.

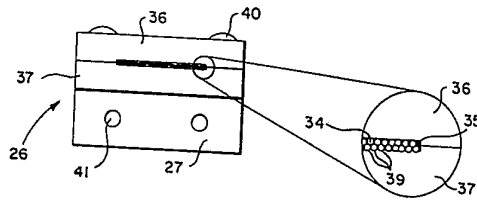


Fig. 2

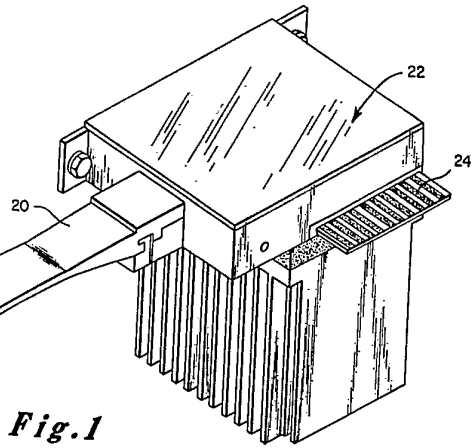


Fig. 1

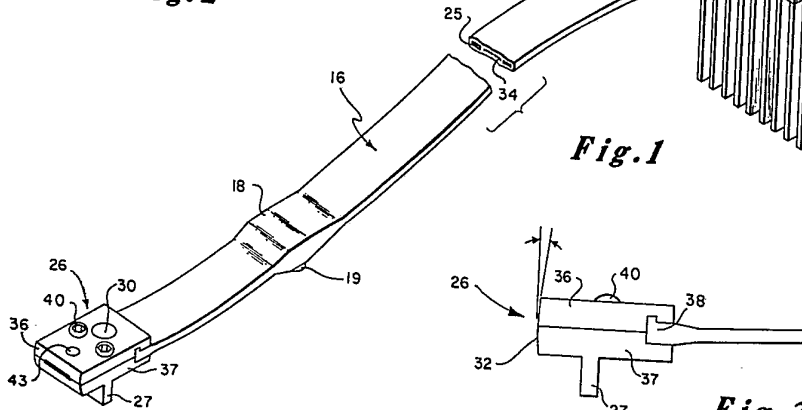


Fig. 3

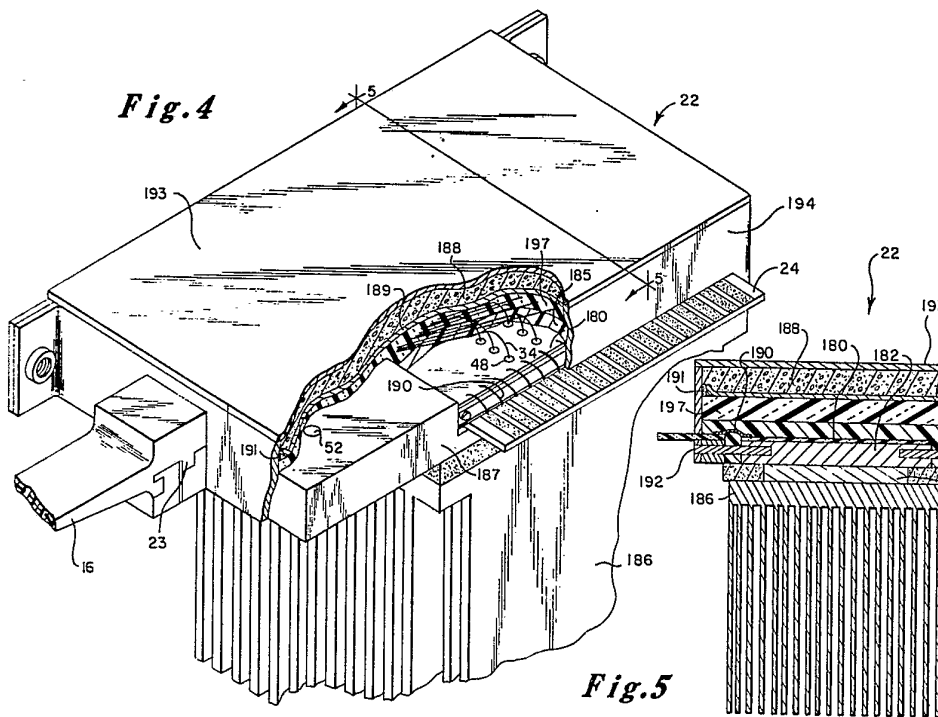
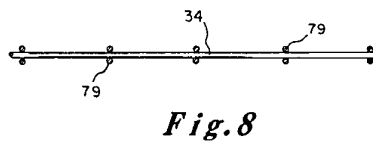
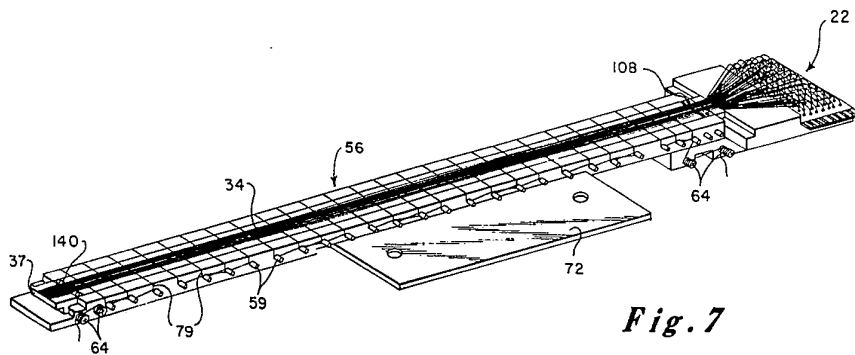
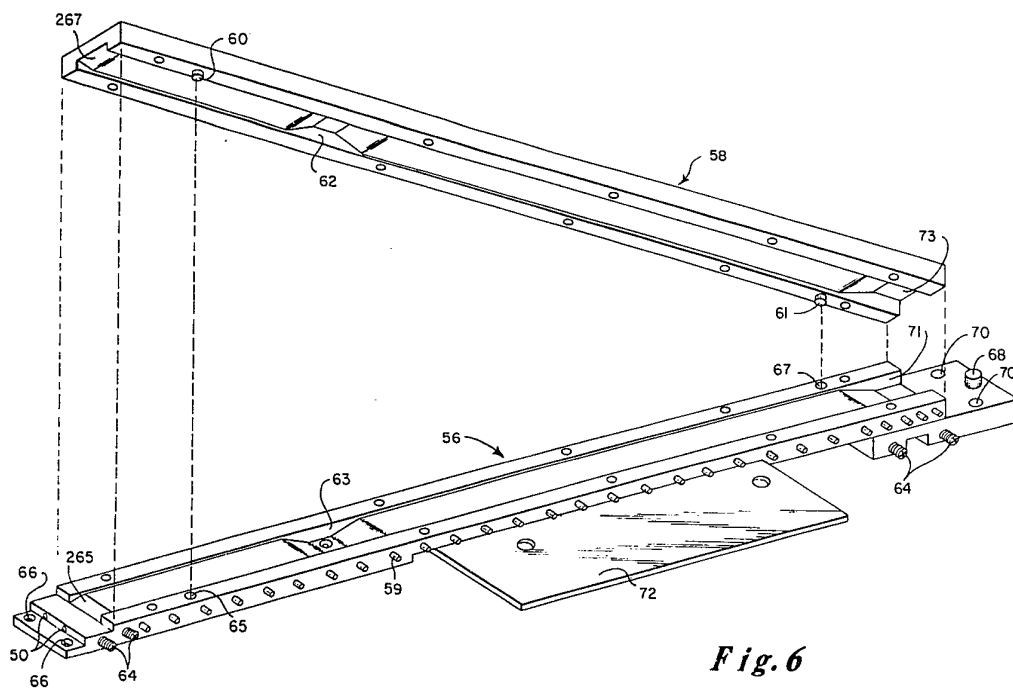


Fig. 4

Fig. 5



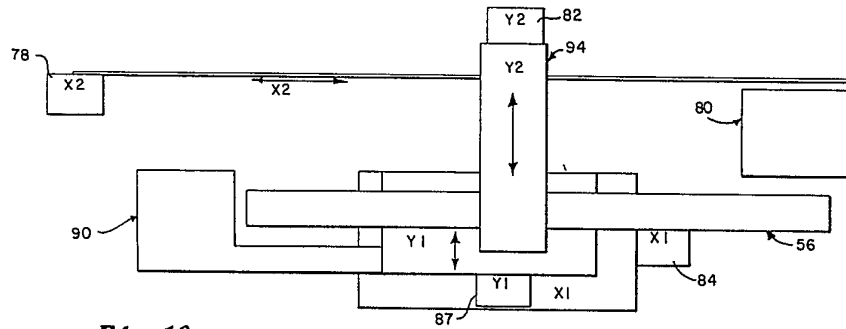


Fig. 10

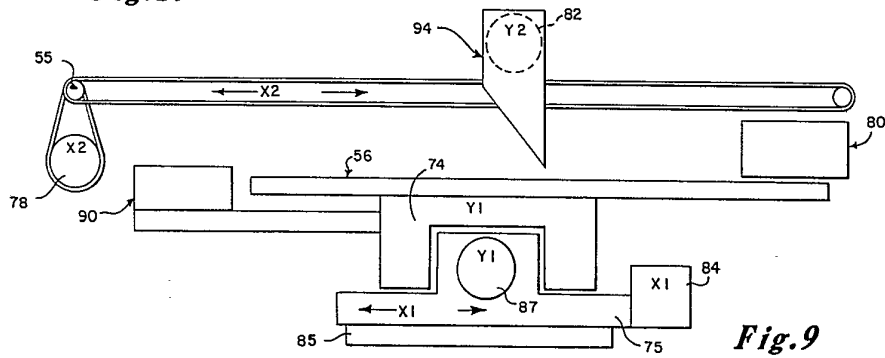


Fig. 9

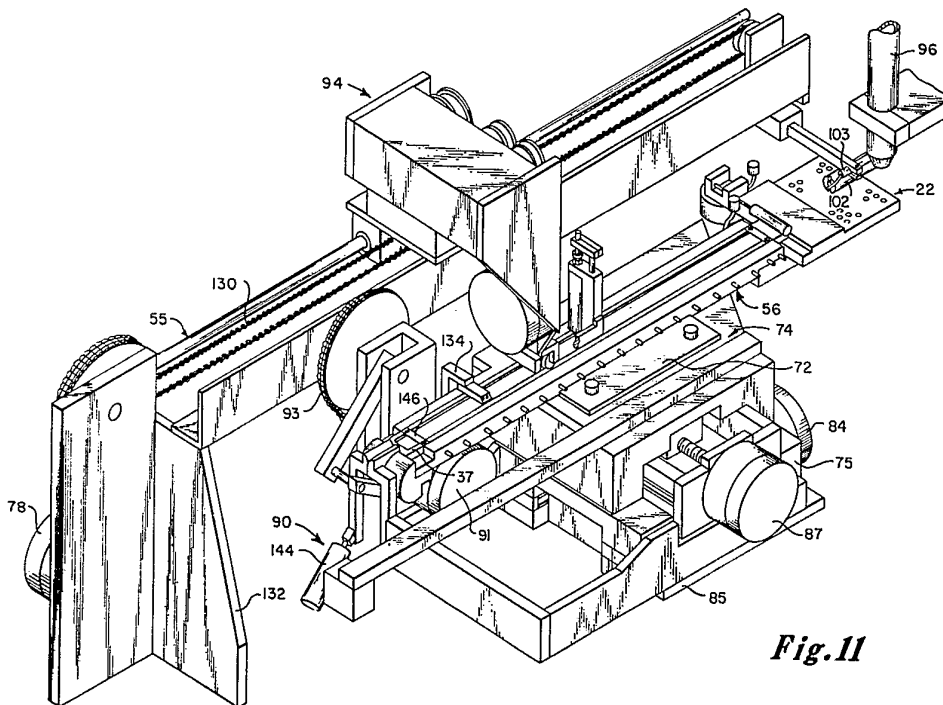


Fig. 11

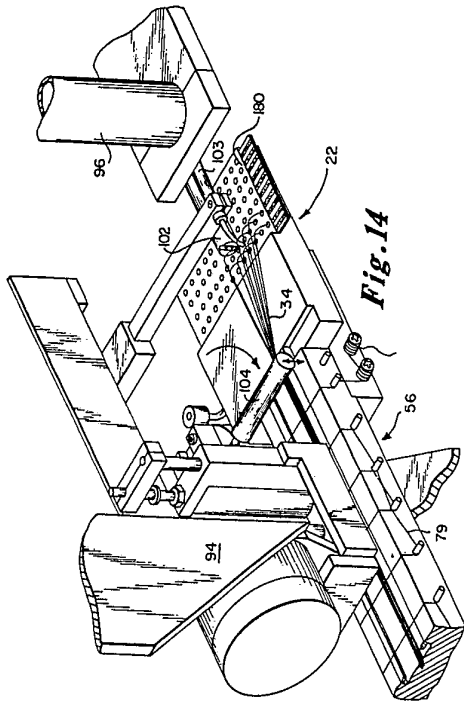


Fig. 14

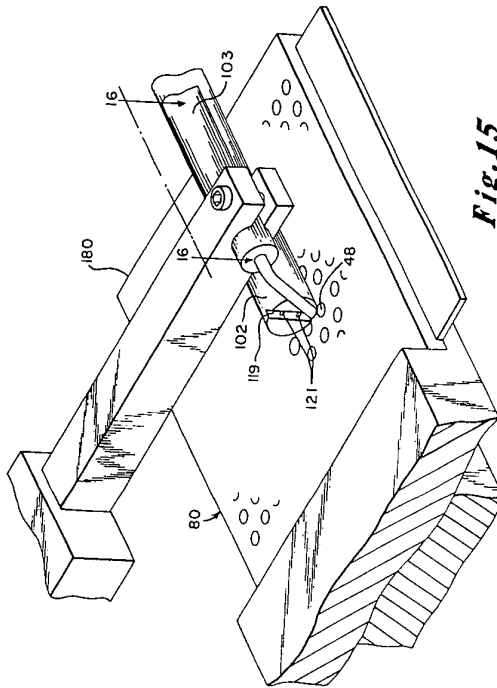


Fig. 15

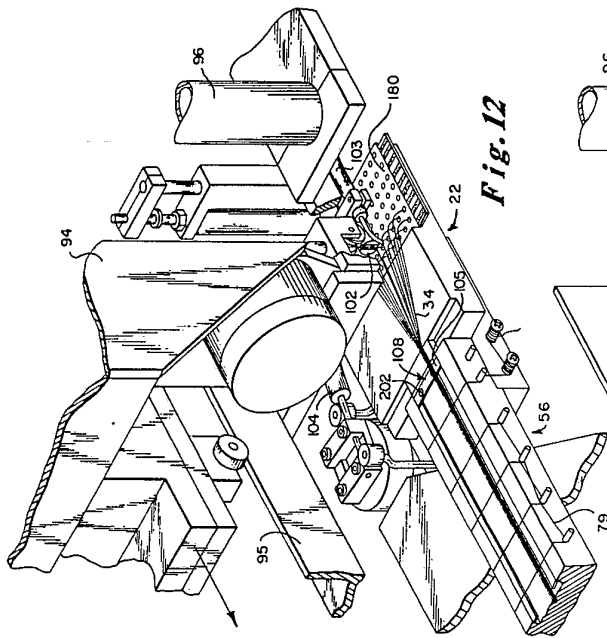


Fig. 12

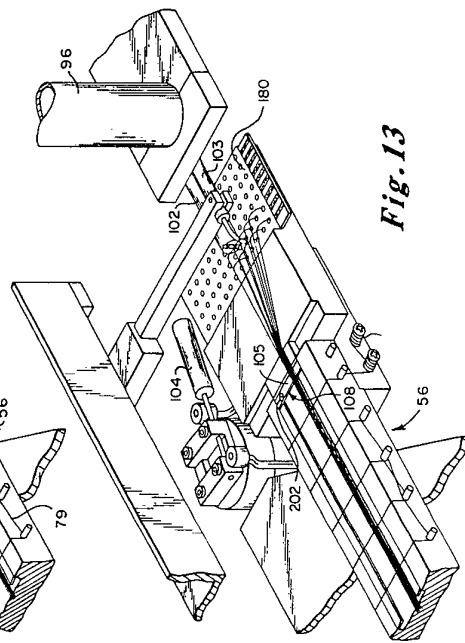


Fig. 13

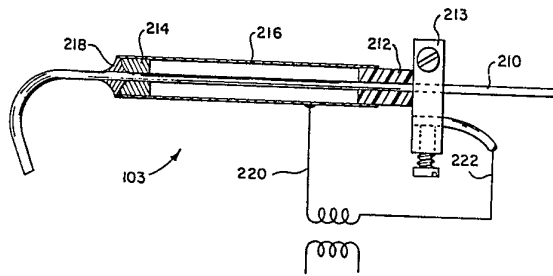


Fig. 16

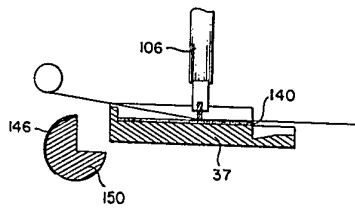


Fig. 20

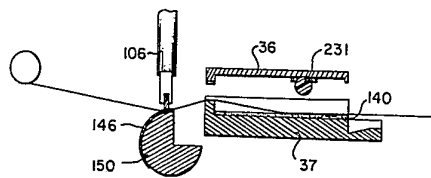


Fig. 21

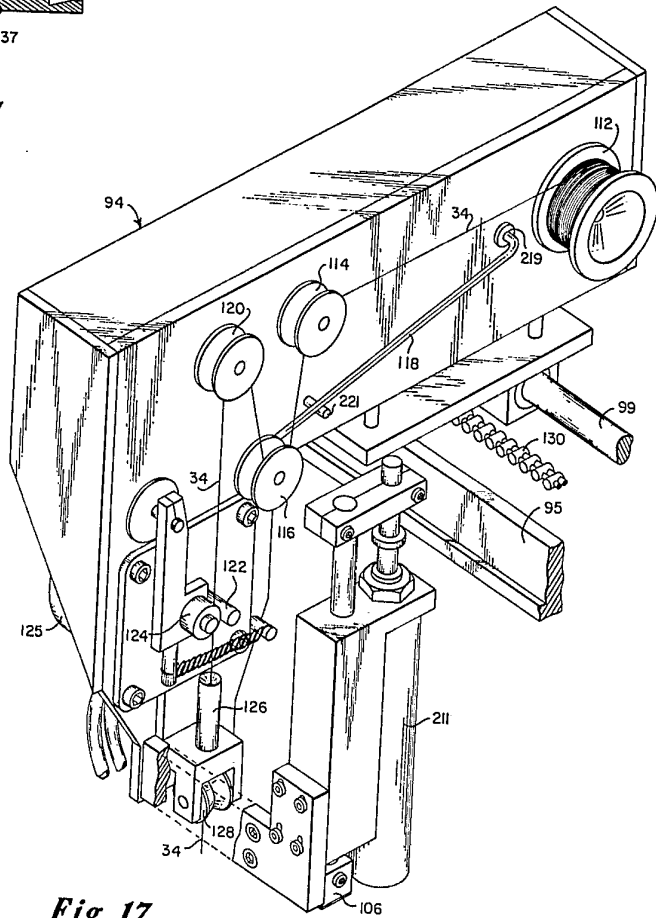


Fig. 17

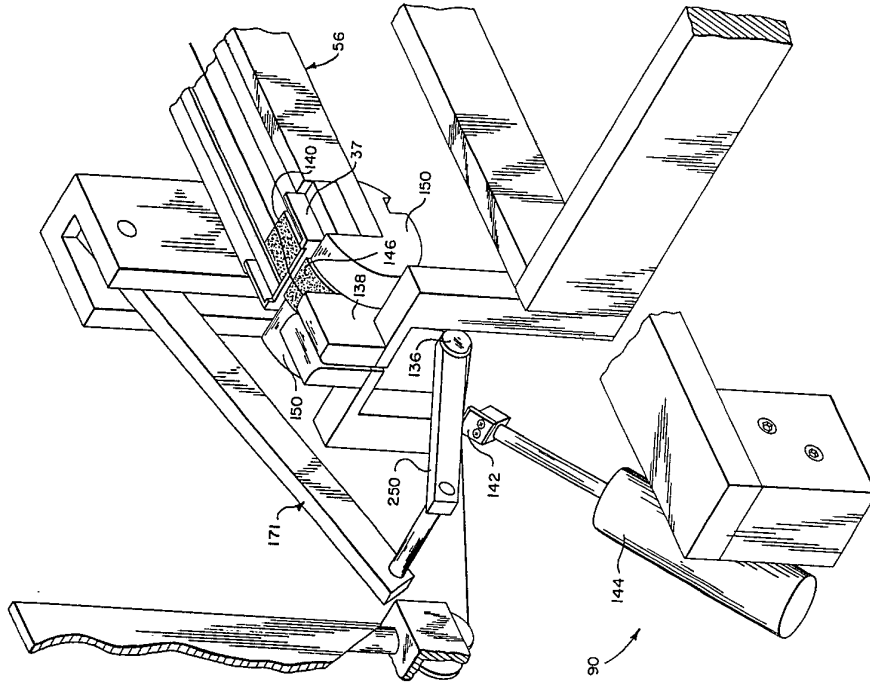


Fig. 19

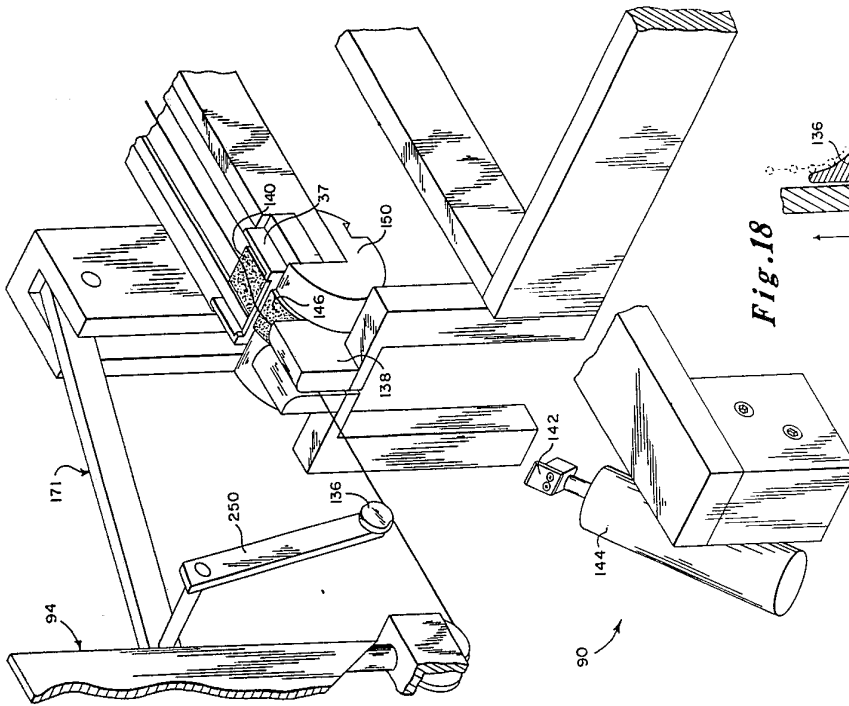


Fig. 18

Fig. 18A

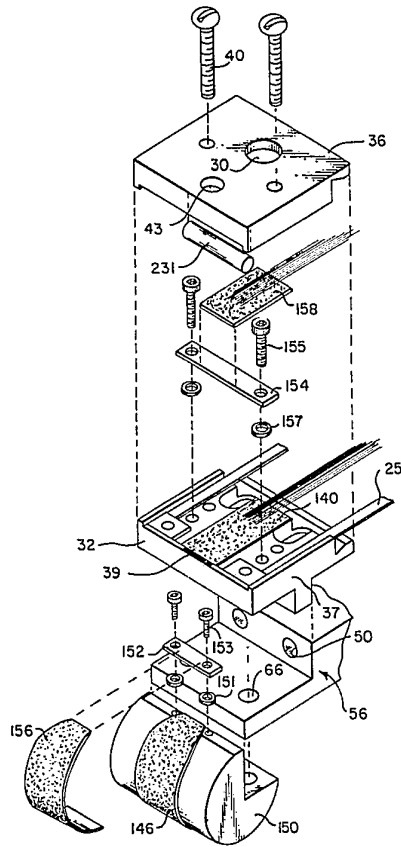


Fig.22

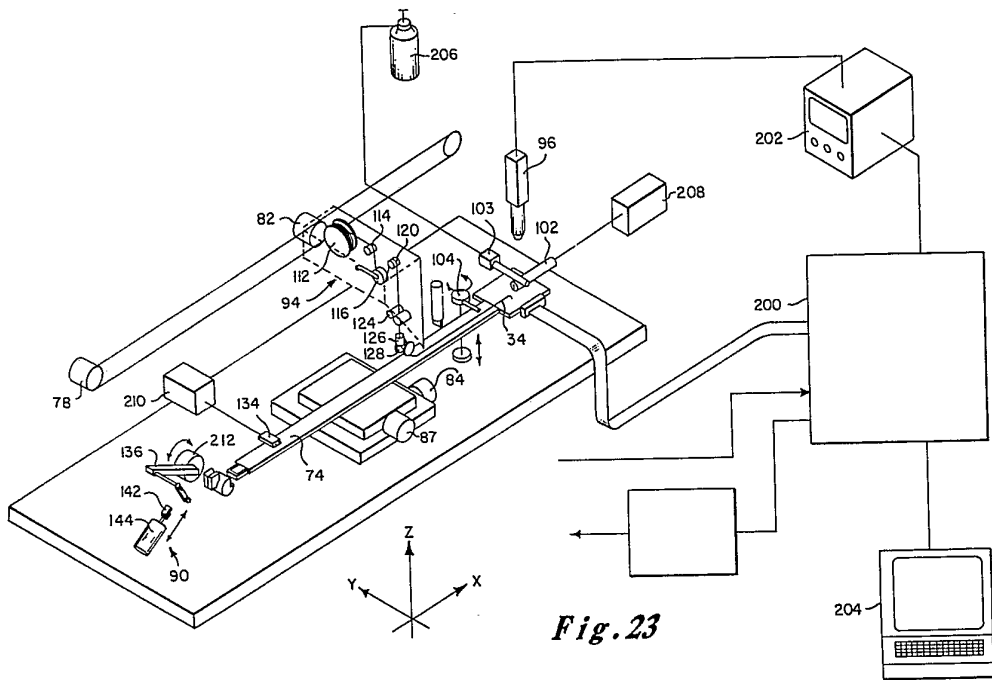


Fig.23