

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 8 juin 1983.

30) Priorité :

43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 50 du 14 décembre 1984.

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : Société dite : SOCIÉTÉ NATIONALE INDUSTRIELLE AEROSPATIALE. — FR.

72) Inventeur(s) : Maxime Boire, Jean-Pierre Jumel et Patrick Maréchal.

73) Titulaire(s) :

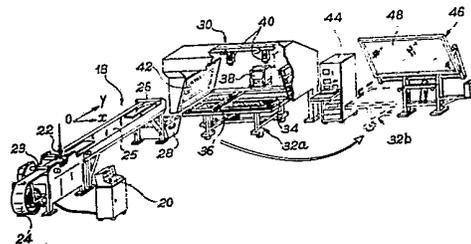
74) Mandataire(s) : Société de Protection des Inventions.

54) Système intégré de drapage assisté pour la réalisation de pièces en matériaux composites.

57) L'invention concerne un système intégré de drapage assisté pour la réalisation de pièces en matériaux composites.

Ce système comprend une machine de découpe 18 pour réaliser des découpes 26, un système de drapage 30 où les découpes sont assemblées pour constituer la pièce drapée et un moyen de compactage 46 pour compacter la pièce réalisée. Le système comprend en outre un dispositif de commande 44 muni de moyens de génération des découpes reliés au moyen de commande 20 de la machine de découpe 18, et des moyens d'analyse et des moyens de commande, reliés aux moyens de contrôle 40 et d'assistance 38 du dispositif de drapage 30, qui assistent un opérateur dans la réalisation de la pièce drapée.

Application à la réalisation de pièces composites utilisées en aéronautique.



La présente invention concerne un système intégré de drapage assisté pour la réalisation de pièces en matériaux composites. Elle trouve notamment son application dans la réalisation de pièces composites drapées utilisées dans l'industrie aéronautique.

Une pièce drapée consiste en un empilage de plis découpés dans un matériau en bande. Ce matériau est constitué de fibres, par exemple de fibres de carbone ou de fibres de kevlar, parallèles entre elles ou tissées, et pré-imprégnées de résine. Cette surface collante est recouverte d'un papier séparateur.

Chaque pli de la pièce est défini par un contour géométrique et une orientation des fibres du matériau dans la surface définie par ce contour. Un pli peut être réalisé d'un seul tenant, mais il est plus généralement constitué d'une juxtaposition de découpes réalisées dans une bande de matériau préimprégné.

De manière générale, un procédé de réalisation d'une pièce drapée comprend les opérations suivantes : définition des découpes de chaque pli de la pièce, réalisation de ces découpes dans le matériau, réalisation de la pièce par empilage des plis, puis compactage. La dernière opération est la cuisson de la pièce drapée compactée pour polymériser la résine. L'invention concernant le drapage, cette dernière opération ne sera pas évoquée dans la suite de la description. La réalisation d'une pièce drapée est connue aussi bien par des méthodes artisanales que par des machines automatisées.

La technique artisanale est excellente en ce qui concerne la qualité des pièces réalisées. Cependant, une pièce drapée comportant typiquement une trentaine de plis constitués chacun d'une dizaine de découpes, il est évident qu'une telle méthode manuelle

de drapage est lente. Il s'ensuit que la pièce réalisée a un prix de revient élevé.

On connaît également des techniques de drapage dans lesquelles certaines opérations sont automatisées. En particulier, il est courant de réaliser les
5 découpes au moyen d'une machine de découpe équipée d'un poste de commande numérique. Ceci permet, par rapport à la technique artisanale, d'obtenir des découpes de géométrie parfaite et de manière plus rapide.
10 Ces machines, performantes, découpent simultanément plusieurs plis et permettent en général de réaliser un placement optimisé des différentes découpes. Cependant, cette méthode conduit à effectuer des opérations de tri, de stockage et de gestion qui sont complexes et délicates à appliquer dans ce domaine.
15

On connaît enfin des machines à draper qui réalisent le drapage d'une pièce de manière totalement automatique. Une telle machine prend en entrée le matériau préimprégné par exemple sous forme de bande, et
20 délivre en sortie une pièce drapée compactée. Ce type de machine est comparable à une grosse machine outil comprenant des moyens de coupe, des moyens de préhension et de transport des découpes, des moyens de positionnement de ces découpes et des moyens de compactage. Par rapport aux deux techniques précédentes, cette
25 machine à draper a l'avantage de la rapidité.

Cependant, certaines étapes du procédé de réalisation d'une pièce drapée sont mal maîtrisées par les machines à draper. En particulier, la mise en place des découpes collantes pose des problèmes qui entraînent un taux important de rebut des pièces réalisées par ces machines. De plus, lorsqu'une découpe a été déposée à sa place sur le plan de travail, il faut éliminer le papier séparateur qui recouvre les fibres.
30 Il n'est pas rare qu'au cours de cette élimination, de menus morceaux de papier séparateur restent adhérents
35

à la découpe. Lorsque cette opération est réalisée par un opérateur humain, comme dans le cas des deux premières techniques décrites, celui-ci s'en aperçoit et peut retirer lesdits morceaux de papier séparateur. Dans le cas d'une machine à draper, le contrôle de l'élimination du papier séparateur est automatisé et les défauts rencontrés sont difficiles à corriger.

L'objectif de l'invention est de remédier aux inconvénients des techniques évoquées. La technique de drapage de l'invention est une technique de drapage comportant des opérations automatisées et dans laquelle un opérateur humain est assisté par des moyens automatiques dans ses opérations manuelles. En tout état de cause, l'opérateur humain garde la maîtrise du système de drapage.

De manière plus précise, l'invention a pour objet un système intégré de drapage assisté pour la réalisation d'une pièce drapée constituée d'un empilage de plis, chaque pli étant constitué d'une juxtaposition de découpes, comprenant :

- une machine de découpe comportant un outil de coupe commandé par un moyen, ledit moyen recevant d'un moyen de commande des informations sur la géométrie des découpes constituant la pièce drapée et recevant en outre de ce moyen de commande des signaux de séquençement pour réaliser ces découpes,
- un dispositif de drapage comprenant un plan de travail sur lequel est réalisée la pièce drapée, des moyens de contrôle pour saisir des informations sur la pièce réalisée sur le plan de travail, et des moyens d'assistance pour délivrer à un opérateur des informations l'aidant à réaliser la pièce drapée, lesdits moyens de contrôle et d'assistance étant reliés à un dispositif de commande,
- un dispositif de commande comprenant des moyens de génération des découpes recevant en entrée la géomé-

trie des plis de la pièce drapée et la géométrie du matériau de la pièce et délivrant au moyen de la machine de découpe et aux moyens de commande des informations sur la géométrie des découpes à effectuer, des moyens de commande délivrant des informations aux moyens d'assistance, des moyens d'analyse recevant en entrée des informations des moyens de contrôle et délivrant des signaux aux moyens de commande,

10 - un moyen de compactage.

Selon une caractéristique du système selon l'invention, les moyens de contrôle comprennent des moyens de saisie d'images.

15 Selon une autre caractéristique du système selon l'invention, les moyens d'assistance comprennent des moyens d'affichage.

20 Selon une autre caractéristique du système selon l'invention, les moyens de commande délivrent aux moyens d'assistance des informations graphiques d'une part et des instructions d'autre part.

Selon une autre caractéristique du système selon l'invention, le plan de travail est mobile et peut être déplacé entre le dispositif de drapage et le moyen de compactage.

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, donnée à titre illustratif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

30 - la figure 1 représente de façon schématique l'obtention d'une pièce drapée à partir du matériau en bande,

- la figure 2 représente un système intégré de drapage selon l'invention.

35 Les figures 1a, 1b et 1c montrent comment on obtient une pièce drapée à partir du matériau en ban-

de. La pièce représentée schématiquement en vue de dessus sur la figure la comprend trois contours 2, 4 et 6. On a représenté sur la figure 1b l'un des plis épousant le contour 4. Ce pli est défini par le contour 4 et par l'orientation des fibres du matériau en bande représentée par la flèche 13. Le pli est obtenu par la juxtaposition des découpes 8, 10, 12, 14 et 16. Ces découpes ont été réalisées dans le matériau en bande tel que représenté sur la figure 1c.

Le matériau en bande est constitué de fibres de carbone 9 imprégnées de résine et recouvertes par un papier siliconé séparateur 11. Ce papier comprend généralement des repères, tels que des traits parallèles aux fibres du matériau dessinés sur le papier siliconé 11, pour que l'on puisse connaître l'orientation des fibres d'une découpe même après mise en place de celle-ci.

On a représenté sur la figure 2, un système de drapage selon l'invention. Ce système comporte quatre éléments principaux : une machine de découpe 18, un dispositif de drapage 30, un dispositif de commande 44 et un moyen de compactage 46.

La machine de découpe 18 est automatique ; elle est pilotée par un poste de commande numérique 20. Elle comporte un outil de coupe 22 qui est par exemple une buse de découpe à haute pression. Cet outil est mobile en translation le long d'un axe OY. La machine de découpe 18 comprend d'autre part des moyens 23 pour déplacer le matériau en bande 24 selon une direction OX perpendiculaire à OY. La combinaison de ces deux mouvements permet de réaliser des découpes de géométrie quelconque. La machine de découpe 18 peut comprendre également un tapis roulant 25 qui permet de faire avancer les découpes réalisées telles que 26, ou d'évacuer les chutes dans un bac de réception 28. La

commande de ce tapis roulant 25, et donc l'élimination des chutes, est réalisée par le poste de commande numérique 20.

5 Le deuxième élément du système de drapage est constitué par le dispositif de drapage 30. Celui-ci peut recevoir un plan de travail mobile 32a. Sur ce plan de travail, un cadre 34 et une réglette mobile 36 permettent de définir un rectangle dans lequel le pli à réaliser est inscrit. Le dispositif de drapage 30
10 comprend en outre des moyens d'assistance 38 permettant d'indiquer à un opérateur humain d'une part, sous forme de graphique, la position et l'orientation dans le pli à réaliser de la découpe 26 en attente sur la machine de découpe 18, et d'autre part, sous forme de
15 texte, des informations de contrôle, des ordres d'exécution, etc... Le dispositif de drapage 30 comprend enfin des moyens d'éclairage 42 et des moyens de contrôle 40 permettant d'effectuer des contrôles en cours de fabrication.

20 La machine de découpe 18 et le dispositif de drapage 30 sont tous deux reliés (par des liaisons non représentées) à un dispositif de commande 44. Celui-ci comprend des moyens de génération qui, au vu de la pièce à réaliser, envoient des informations au poste
25 de commande numérique de la machine de découpe 18. Le dispositif de commande 44 comprend en outre des moyens de commande délivrant des informations aux moyens d'assistance 38 et des moyens d'analyse recevant des informations des moyens de contrôle 40 et les transmettant aux moyens de commande. Le dispositif de commande 44 est par exemple un système à microprocesseur.

30 Le système comprend enfin un moyen de compactage 46 comprenant une membrane 48 abaissable.

35 Le système intégré de drapage fonctionne de la façon suivante : dans un premier temps, il faut

calculer à partir de la géométrie de la pièce à réaliser, les découpes nécessaires. Ceci est réalisé par les moyens de génération inclus dans le dispositif de commande 44.

5 La première étape consiste à définir la pièce, c'est-à-dire les plis constituant cette pièce en associant un contour et une orientation de fibres pour chaque pli.

10 La deuxième étape consiste à concevoir à partir de la définition précédente de la pièce et compte tenu de la largeur de bande du matériau, les découpes qui serviront à constituer les différents plis. Cette deuxième étape comprend les opérations suivantes : calage d'une grille au pas correspondant à
15 la largeur de bande et orienté suivant la définition du pli, calcul des découpes ainsi engendrées, renumérotation éventuelle de ces découpes de manière à les draper dans un ordre correct.

20 Cette deuxième étape peut par exemple être réalisée de manière interactive avec un opérateur par le dispositif de commande 44 équipé de périphériques graphiques apte à visualiser les découpes. Lorsqu'une pièce a été définie, les découpes associées à cette pièce sont mémorisées. De manière générale, l'ensemble
25 des pièces peut être mémorisé dans une bibliothèque de pièces.

30 Lorsque les moyens de génération ont défini une pièce à réaliser, les informations concernant les découpes associées à cette pièce sont fournies au poste de commande numérique 20 de la machine de découpe 18.

35 L'opération de drapage peut commencer. Sur un ordre de synchronisation issu des moyens de commande, le poste de commande numérique 20 va réaliser une première découpe. Pendant ce temps, l'opérateur posi-

tionne le plan de travail 32a dans le dispositif de drapage 30 et ajuste la réglette 36 pour définir un rectangle dans lequel s'inscrit le premier pli à réaliser. Lorsque la machine de découpe 18 a réalisé la première découpe, le moyen de contrôle envoie au moyen d'assistance 38 du dispositif de drapage 30, des informations graphiques pour aider l'opérateur au positionnement de cette découpe dans le rectangle défini par le cadre 34 et la réglette 36, et diverses instructions. Ces informations graphiques comprennent par exemple une représentation du rectangle défini par le cadre 34 et la réglette 36, une représentation du contour du pli en cours de réalisation et une représentation, dans ce contour, de la découpe à positionner.

Lorsque l'opérateur a positionné la découpe sur le plan de travail, les moyens de contrôle 40 comprenant par exemple des moyens de saisie d'image transmettent la position de cette découpe et l'orientation des fibres (connues par les repères tracés sur le papier séparateur) aux moyens d'analyse du dispositif de commande pour vérification. Les moyens d'analyse sont également aptes à déceler la présence de corps étrangers tels que des morceaux de papier séparateur qui peuvent se trouver à l'endroit de dépose du pli suivant.

Si les moyens d'analyse ne décèlent aucune anomalie, le dispositif de commande 44 commande par l'intermédiaire des moyens de commande la préparation d'une nouvelle découpe par la machine de découpe 18, pendant que l'opérateur termine le drapage de la première découpe. Si tel n'est pas le cas, le dispositif de commande 44 informe l'opérateur de la nature du défaut par l'intermédiaire de signaux envoyés par les moyens de commande aux moyens d'assistance 38.

Si la correction du défaut est possible, et tel est le cas par exemple d'une mauvaise position d'une découpe, l'opérateur effectue la modification demandée par les moyens d'assistance 38 et le dispositif de commande 44 recommence un cycle de contrôle.

Si le défaut n'est pas corrigible, ceci est affiché par les moyens d'assistance 38. Si cependant, le défaut n'est pas préjudiciable à la qualité de la pièce, l'opérateur a la faculté de forcer ce contrôle et de continuer la réalisation de cette pièce. Si le défaut est préjudiciable à la qualité de la pièce, la pièce en cours de réalisation est abandonnée et mise au rebut.

On voit ainsi que le moyen de découpe 18 libère totalement l'opérateur de la phase découpe qui s'effectue en même temps que le drapage. De même, les moyens de contrôle 40 et les moyens d'assistance 38 permettent d'assister le travail de l'opérateur. Celui-ci est ainsi déchargé des phases délicates de positionnement d'une découpe, ce qui diminue le taux d'erreurs. Par ailleurs, le dispositif de drapage selon l'invention, comportant un double contrôle, automatique et humain, limite le nombre de pièces mises au rebut. De plus, dans le cas où une pièce présente un défaut non corrigible, la pièce est mise au rebut immédiatement.

Outre les informations graphiques déjà mentionnées, les moyens d'assistance 38 délivrent des informations textuelles. Ce peut être des informations de mauvais positionnement ou d'orientation d'une découpe, mais aussi des ordres d'élimination du papier séparateur, des ordres de positionnement du cadre 34 et de la réglette 36 du plan de travail, ou un ordre de compactage.

La dernière étape de réalisation d'une pièce drapée est le compactage. Celui-ci peut être effectué

lorsque la pièce est terminée mais il peut l'être aussi après qu'un nombre donné de plis ait été réalisé. Pour compacter la pièce drapée, il suffit de déplacer le plan de travail du dispositif de drapage 30
5 vers le moyen de compactage 46. On recouvre alors le plan de travail 32b avec la membrane 48 et on crée un vide entre le plan de travail et cette membrane.

Le système de drapage de l'invention peut être utilisé pour réaliser alternativement plusieurs
10 pièces drapées. Pour cela, il suffit que les moyens de génération des découpes délivre, au poste 20 de la machine de découpe 18 et aux moyens de commande, la géométrie des découpes en mélangeant les découpes des différentes pièces. Dans ce cas, lors du drapage, les
15 moyens de commande sont aptes à informer l'opérateur, via les moyens d'assistance 38, de la pièce correspondant à chaque découpe réalisée par la machine de découpe 18. Ce mixage est intéressant notamment lorsque deux pièces sont réalisées sur deux plans de travail
20 différents, car alors l'opération de compactage se fait en même temps que l'opération de drapage.

REVENDEICATIONS

1. Système intégré de drapage assisté pour la réalisation d'une pièce drapée constituée d'un empilage de plis, chaque pli étant constitué d'une juxtaposition de découpes (26), caractérisé en ce que ledit système comprend :
- 5 - une machine de découpe (18) comprenant un outil de coupe (22) commandé par un moyen (20), ledit moyen recevant d'un moyen de commande des informations sur la géométrie des découpes constituant la pièce drapée et recevant en outre de ce moyen de commande des signaux de séquençement pour réaliser ces découpes,
 - 10 - un dispositif de drapage (30) comprenant un plan de travail (32a) sur lequel est réalisée la pièce drapée, des moyens de contrôle (40) pour saisir des informations sur la pièce réalisée sur le plan de travail, et des moyens d'assistance (38) pour délivrer à un opérateur des informations l'aidant à réaliser la pièce drapée, lesdits moyens de contrôle et d'assistance étant reliés à un dispositif de commande (44),
 - 15 - un dispositif de commande (44) comprenant des moyens de génération des découpes recevant en entrée la géométrie des plis de la pièce drapée et la géométrie du matériau de la pièce et délivrant au moyen (20) de la machine de découpe (18) et aux moyens de commande des informations sur la géométrie des découpes à effectuer, des moyens de commande délivrant des informations aux moyens d'assistance (38), des moyens d'analyse recevant en entrée des informations des moyens de contrôle (40) et délivrant des signaux aux moyens de commande,
 - 20 - un moyen de compactage (46).
 - 25
 - 30
 - 35
2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de contrôle (40) comprennent des moyens de saisie d'images.

3. Système selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens d'assistance (38) comprennent des moyens d'affichage.

5 4. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les moyens de commande délivrent aux moyens d'assistance (38) des informations graphiques d'une part et des instructions d'autre part.

10 5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le plan de travail (32a) est mobile et peut être déplacé entre le dispositif de drapage (30) et le moyen de compactage (46).

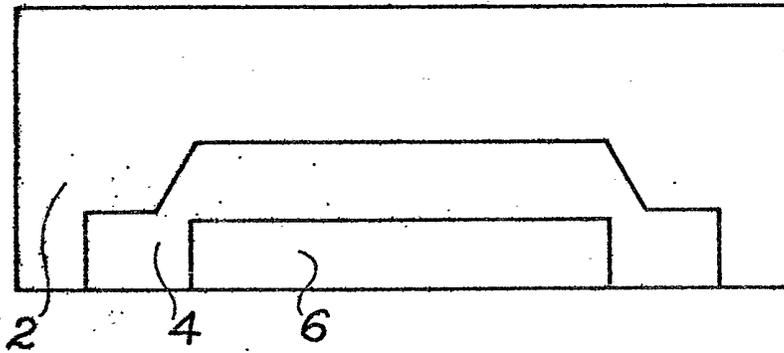


FIG. 1a

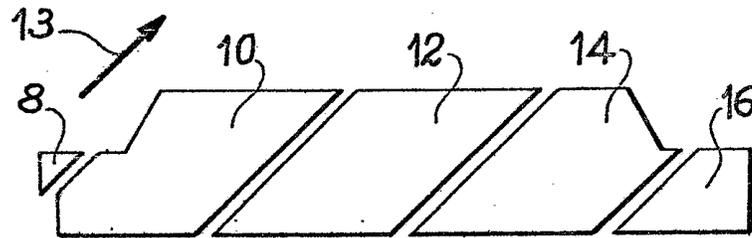


FIG. 1b

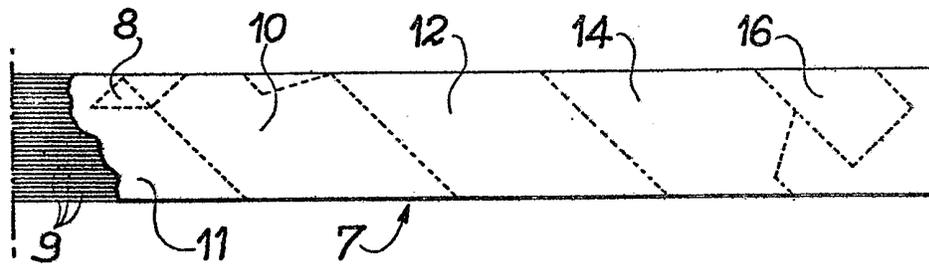


FIG. 1c

2/2

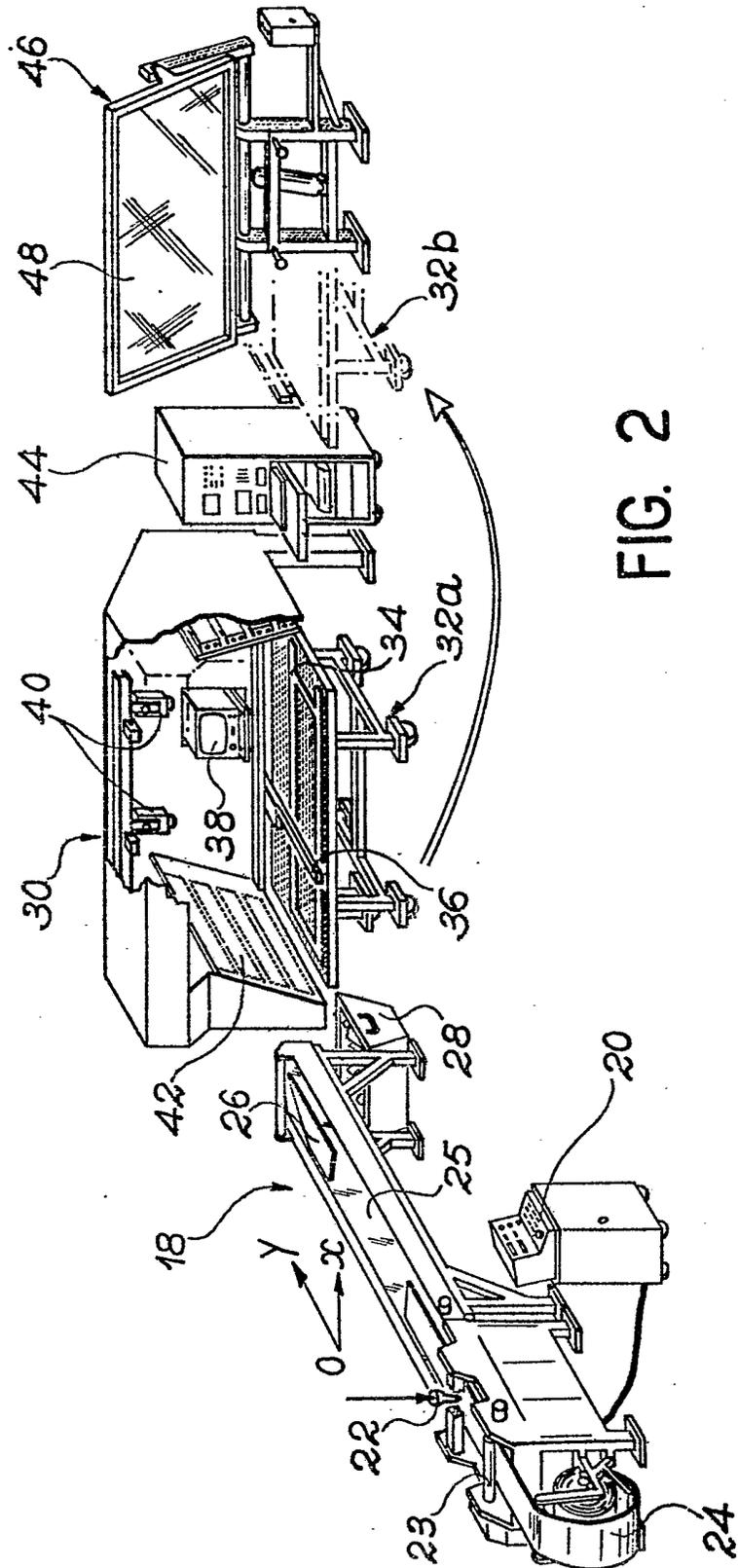


FIG. 2