

DECLARATION OF DANELLE SHAW

I, DANELLE SHAW, pursuant to 28 U.S.C. § 1746, hereby declare as follows:

1. I am a Translator at TransPerfect, Inc.
2. I specialize in translating French to English.
3. I have 12 years' experience.
4. I submit this declaration to certify the accuracy of the English translation of European Patent Publication No. 0,470,901A1.
 - a. I translated European Patent Publication No. 0,470,901A1 from French to English.
5. My statements are based on personal knowledge and my review of European Patent Publication No. 0,470,901A1 and its French to English translation. If called as a witness about the facts contained in these statements, I could testify competently based on such personal knowledge and the investigation I have conducted.
6. Attached as Exhibit A is a true and accurate copy of European Patent Publication No. 0,470,901A1.
7. Attached as Exhibit B is a true and accurate copy of an English translation of European Patent Publication No. 0,470,901A1 (the European Patent Publication No. 0,470,901A1 Translation).
8. The European Patent Publication No. 0,470,901A1 Translation is a true and accurate translation of European Patent Publication No. 0,470,901A1 from French to English. All statements made herein of my own knowledge are true, and all statements made on information and belief are believed to be true. Further, I am aware that these statements are made with the knowledge that willful false statements and the like so made are

punishable by fine or imprisonment, or both, under 18 U.S.C. § 1001. I declare under penalty of perjury that the foregoing is true and correct.

I declare under penalty of perjury under the laws of the United States of America that the foregoing is true and correct. Executed on 04/12/2023, at New York, New York.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Danelle Shaw".

DANELLE SHAW



⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑲ Numéro de dépôt : **91402187.8**

⑤① Int. Cl.⁵ : **B29C 67/14**

⑳ Date de dépôt : **05.08.91**

③⑩ Priorité : **08.08.90 FR 9010120**

④③ Date de publication de la demande :
12.02.92 Bulletin 92/07

⑥④ Etats contractants désignés :
BE DE ES GB IT

⑦① Demandeur : **AEROSPATIALE Société
Nationale Industrielle
37, Boulevard de Montmorency
F-75781 Paris Cédex 16 (FR)**

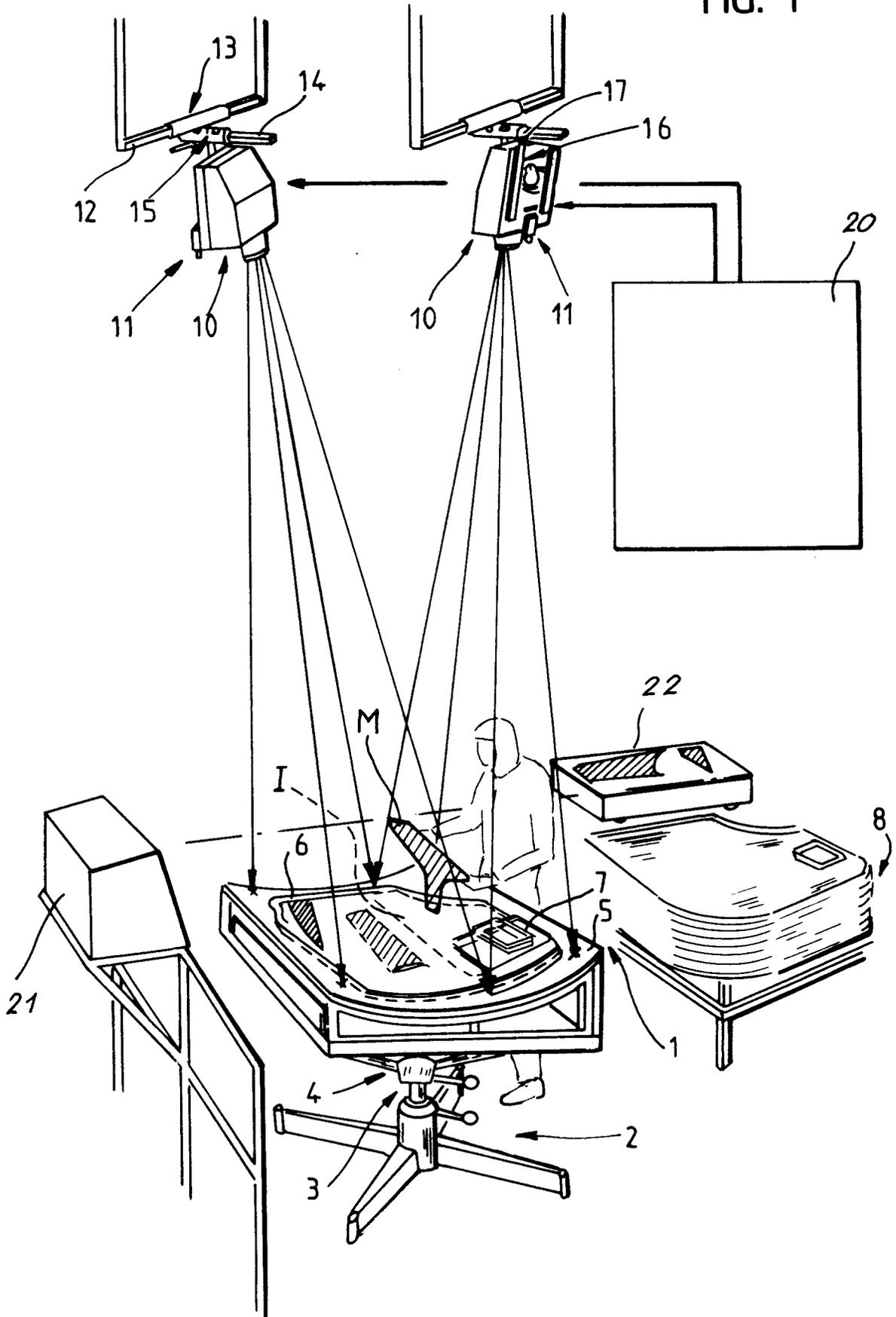
⑦② Inventeur : **Poggi, René Jérôme
Résidence Le Bel Ormeau, 1, avenue J.P.
Coste
F-13100 Aix en Provence (FR)**

⑦④ Mandataire : **Mongrédién, André et al
c/o SOCIETE DE PROTECTION DES
INVENTIONS 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)**

⑤④ **Appareillage d'aide au drapage manuel de pièces en matériaux composites.**

⑤⑦ Appareillage pour draper une pièce par l'assemblage de découpes de tissus ou de rubans de fibres pré-imprégnés de résine sur un outillage de moulage (1), dans lequel les listes d'instructions écrites décrivant les étapes de fabrication sont remplacées par des projections d'images sur l'outillage qui indiquent à l'opérateur la nature et l'emplacement des découpes à poser successivement. Une caméra (11) optionnelle permet de vérifier si le dépôt est correct.
Application à la fabrication de pièces et de panneaux en matériau composite.

FIG. 1



L'invention se rapporte à un appareillage d'assistance et de contrôle du drapage manuel de pièces en matériaux composites.

La technique du drapage consiste à élaborer la structure de pièces telles que des éléments de coques ou de panneaux, en assemblant des découpes de tissus ou de rubans de fibres à grande résistance pré-imprégnés de résine synthétique durcissable, sur la surface d'un outillage de moulage de manière qu'elles se recouvrent partiellement. On procède ensuite à un compactage de ces assemblages puis au durcissement de la résine d'imprégnation des fibres, de façon à unir les découpes constitutives.

Il est ainsi possible de réaliser des pièces de grandes dimensions présentant des formes compliquées, où les fibres de chacune des découpes ont une orientation particulière, choisie pour optimiser la résistance de la pièce.

Il convient de placer sur l'outillage chaque découpe à sa position prévue avec une bonne précision et dans un ordre déterminé. On utilise actuellement des gammes de fabrication et des gabarits, c'est-à-dire des listes d'instructions écrites qui énumèrent les étapes de fabrication et des dessins qui représentent la position de chaque morceau sur l'outillage. La consultation de ces fiches n'est toutefois pas pratique et allonge le temps de fabrication, surtout pour des moyennes ou grandes séries, et il n'est pas possible de contrôler facilement la bonne exécution de chaque dépose.

Il est déjà connu de faciliter la mise en place manuelle des découpes de tissus et de rubans sur l'outillage de moulage par mise en oeuvre d'un faisceau laser piloté par un calculateur et balayant sur l'outillage de déposer le contour de chaque élément à déposer de telle sorte que par rémanence de la vision du spot l'opérateur distingue l'image de la forme extérieure de l'emplacement que doit occuper la découpe déposée.

Ce procédé présente cependant des difficultés pratiques d'application en particulier pour obtenir une bonne stabilité de la projection tant en statique qu'en dynamique en raison de la dérive dans le temps des mécanismes commandant les déplacements angulaires du faisceau laser.

Par ailleurs, la projection laser peut provoquer une fatigue des yeux de l'opérateur due au papillotement du faisceau et à l'aspect en pointillé du contour lumineux.

Enfin, la projection accidentelle du faisceau laser dans les yeux de l'opérateur peut se révéler dangereuse et des précautions particulières doivent être prises pour éviter toute possibilité de projection directe.

La présente invention a pour objet un appareillage partiellement automatisé d'aide au personnel chargé du drapage pour accélérer la fabrication et réduire notablement les risques d'erreur, et qui ne présente pas les inconvénients d'utilisation d'un fais-

ceau laser.

L'appareillage suivant l'invention comprend, en plus de l'outillage de moulage, un système de projection d'images vidéo dirigé vers cet outillage et un système de commande apte à faire projeter par le système de projection des images qui indiquent les emplacements exacts où les découpes doivent être successivement déposées avec éventuellement des indications complémentaires schématiques pour faciliter leur mise en place par l'opérateur.

On complète l'appareillage par un dispositif de contrôle du drapage qui vérifie que les découpes successives sont correctement déposées sur l'outillage. Ce dispositif permet plus particulièrement de s'assurer :

- que la texture ou la couleur de la découpe correspond bien à celle du matériau requis ;
- que la forme de la découpe est bonne ;
- que la découpe est déposée au bon emplacement ;
- qu'aucun élément étranger (par exemple un morceau de plastique isolant) n'est inclus sur la surface drapée.

Ce dispositif est constitué d'une part d'une camera dirigée vers l'outillage, reliée au système de commande de projection et apte à discerner la texture, la forme et la position des découpes effectivement posées sur l'outillage, et d'autre part d'un calculateur tel qu'un micro-ordinateur auquel la caméra est reliée et qui est susceptible de comparer les images issues de la caméra avec les images de référence des découpes qu'il a en mémoire, lesquelles ont été constituées soit à partir de prises de vues faites lors d'une opération de fabrication-test, soit à partir de dessins informatisés des découpes. Le dispositif est complété par des écrans de visualisation des images projetées par le système de projection ou recueillies par la caméra.

L'invention va maintenant être décrite plus en détail à l'aide des figures annexées à titre illustratif et non limitatif, dont :

- la figure 1 représente une vue d'ensemble de l'appareillage ;
- la figure 2 est un schéma du système de commande ;
- la figure 3 représente un mode de réglage du système de projection.

On a représenté sur la figure 1 un outillage 1 de moulage posé sur un établi 2 réglable en hauteur et en orientation grâce à un pied télescopique 3 et à une rotule 4. L'outillage 1 est formé d'une plaque 5 munie d'une collerette 6 qui délimite la forme et le contour de la pièce à réaliser et qui peut comprendre à l'intérieur de cette collerette des reliefs 7 tels que des bossages ou d'autres collerettes pour délimiter des découpes ou des zones de courbures différentes sur la pièce à fabriquer. D'autres outillages de moulage semblables ou non sont posés sur un poste de gabarit de

rechange 8, prêts à être posés sur l'établi 2 dès que le drapage de la pièce en cours sera achevé.

L'appareillage comprend un projecteur 10 d'images vidéo et une caméra 11 fixée au projecteur 10. Celui-ci est suspendu au-dessus de l'outillage 1 par l'intermédiaire d'une structure qui comprend une barre fixe 12 horizontale sur laquelle coulisse un curseur 13. Le curseur 13 est équipé d'une barre mobile 14 horizontale et perpendiculaire à la précédente, sur laquelle coulisse un second curseur 15 porteur d'une fourche 16 par l'intermédiaire d'une rotule 17. La rotule 17 permet d'orienter le projecteur 10 et la caméra 11 dans toutes les directions. Par ailleurs, le projecteur 10 est vissé sur la fourche 16 de manière réglable en hauteur. Il est donc possible de régler la position du projecteur 10 et de la caméra 11 suivant toutes les directions.

On a représenté en réalité deux projecteurs 10 et deux caméras 11 suspendus à deux structures distinctes. Une telle disposition peut être envisagée dans le cas d'outillages 1 de grande surface : chaque projecteur 10 et chaque caméra 11 sont alors associés à une moitié de la surface de l'outillage 1. Dans le cas d'outillages encore plus grands, on peut utiliser un nombre plus important de projecteurs 10.

On passe maintenant à la figure 2 en liaison avec la figure 1. Le système de commande de l'appareillage est constitué essentiellement d'un ordinateur 20 relié par des lignes électriques aux projecteurs 10 et aux caméras 11 ainsi qu'à des consoles graphiques 21. On a programmé l'ordinateur 20 pour lui enseigner la forme de chaque outillage 1 ainsi que l'emplacement et la forme des différentes découpes qu'il convient de poser sur cet outillage 1. Avant de poser une découpe, l'opérateur le signale en tapant une instruction sur une console graphique 21. L'ordinateur 20 commande alors les projecteurs 10 pour qu'une image (I sur la figure 1) de la découpe à poser à ce moment soit projetée à l'emplacement correct sur l'outillage 1. Dans le cas de plusieurs projecteurs 10, ceux dont le champ de projection sur l'outillage 1 ne contient aucune portion de l'image ne sont évidemment pas mis en service. La découpe appropriée (M) est alors posée par l'opérateur de façon qu'elle se superpose à l'image projetée. Les caméras 11 vérifient la bonne exécution de cette opération. Pour cela, quand on indique à l'ordinateur 20 qu'on va passer à l'étape suivante, l'image recueillie par les caméras 11 est examinée par l'ordinateur 20 et comparée à l'image qui devrait être trouvée.

Dans la réalisation prévue actuellement par le déposant, on utilise des caméras monochromes recueillant des images carrées de 512 points d'image de côté et qui sont aptes à discerner 250 niveaux de gris ou, plus généralement, de nuances différentes d'une couleur. On compare donc pour chaque point d'image le niveau de gris de référence, obtenu au cours d'une étape d'apprentissage, au niveau de gris

obtenu au cours du drapage réel de la pièce sur l'outillage 1. La comparaison peut par exemple comporter quatre étapes qui sont effectuées successivement.

A la première étape, la forme de la découpe qui vient d'être posée est reconnue et comparée à la forme de la découpe à déposer.

Si la comparaison est positive, l'ordinateur 20 compare, par leurs coordonnées sur l'image, l'emplacement de pose de la découpe à l'emplacement prévu.

Une comparaison du niveau de gris global de la découpe posée est alors entreprise. Si par exemple la découpe posée apparaît trop claire, on peut ainsi détecter que la feuille protectrice de polyéthylène qui recouvre ordinairement les découpes n'a pas été retirée.

Enfin, la comparaison du niveau de gris est effectuée localement, pour chaque point d'image, afin de repérer d'éventuelles parcelles résiduelles du polyéthylène ou d'autres irrégularités locales sur la découpe.

Si aucune erreur n'est relevée, l'ordinateur 20 projette l'image de la découpe suivante quand l'opérateur le demande. Sinon, un message d'erreur est affiché sur les consoles graphiques 21 en fonction des résultats des diverses comparaisons, et le fonctionnement des projecteurs 10 est bloqué jusqu'à ce que l'erreur soit corrigée.

D'autres indications peuvent également apparaître sur les consoles graphiques 21 si la programmation de l'ordinateur 20 le permet. Il est en particulier possible de visualiser sur leurs écrans l'image de l'outillage et des emplacements théoriques des découpes de la pièce. L'image recueillie par les caméras 11 du drapage réellement effectué peut également être visualisée, superposée à la précédente ou sur un autre écran. On peut encore utiliser des postes de réception d'images vidéo directement reliés aux caméras 11.

On a prévu d'utiliser, pour compléter l'appareillage, un chariot 22 robotisé qui apporte à l'opérateur tous les morceaux nécessaires au drapage de la pièce. Toutefois, ce chariot robotisé ne fait pas partie de l'invention.

On passe maintenant au commentaire de la figure 3. Dans cette réalisation, les projecteurs 10 ne sont pas suspendus au plafond de la pièce où s'effectue le drapage par l'intermédiaire d'une installation de réglage, mais accrochés à une charpente 25 posée sur le sol et formée de poutres métalliques entrecroisées. La charpente 25 comprend en particulier deux travées supérieures 26 parallèles et portant chacune deux profilés 27 sur lesquels un projecteur 10 est vissé de manière réglable en hauteur, horizontalement et en orientation. Les travées 26 peuvent elles aussi être vissées à des emplacements différents d'un cadre supérieur 28 appartenant à la charpente 25 pour offrir une liberté supplémentaire de réglage

de la position et de l'orientation des projecteurs 10.

Un cadre médian 29 porte une passerelle roulante 30 qui permet d'accéder facilement aux projecteurs 10 et aux travées 26, et un cadre inférieur 30 porte une mire 32 amovible formée d'un quadrillage. La mire 32 est utilisée pour obtenir une focalisation correcte des images projetées. Dans le cas où les projecteurs 10 comportent une possibilité de réglage électronique, on utilise ce réglage pour affiner les images projetées. Par contre, dans le cas de projecteurs à focale fixe, seul le déplacement de ceux-ci permet d'affiner le réglage de la projection.

Le procédé de réglage consiste à projeter une image du quadrillage, dite "mire-source" et créée par l'ordinateur 20, sur la mire 32, et à déplacer les projecteurs 10 ou à les régler s'ils sont équipés d'un réglage électronique pour que l'image du quadrillage coïncide avec la mire 32 elle-même. La mire 32 est alors retirée, on installe l'outillage 1 sensiblement à son emplacement et on fait correspondre l'image de l'outillage de référence avec l'outillage réel. Le drapage peut alors commencer.

De nombreuses modifications de détail peuvent être apportées à l'appareillage décrit selon les conditions concrètes d'implantation des postes de travail et des appareils disponibles. Il faut en outre remarquer que les caméras 11 peuvent être omises si le contrôle individuel de chaque dépose de découpes n'est pas nécessaire.

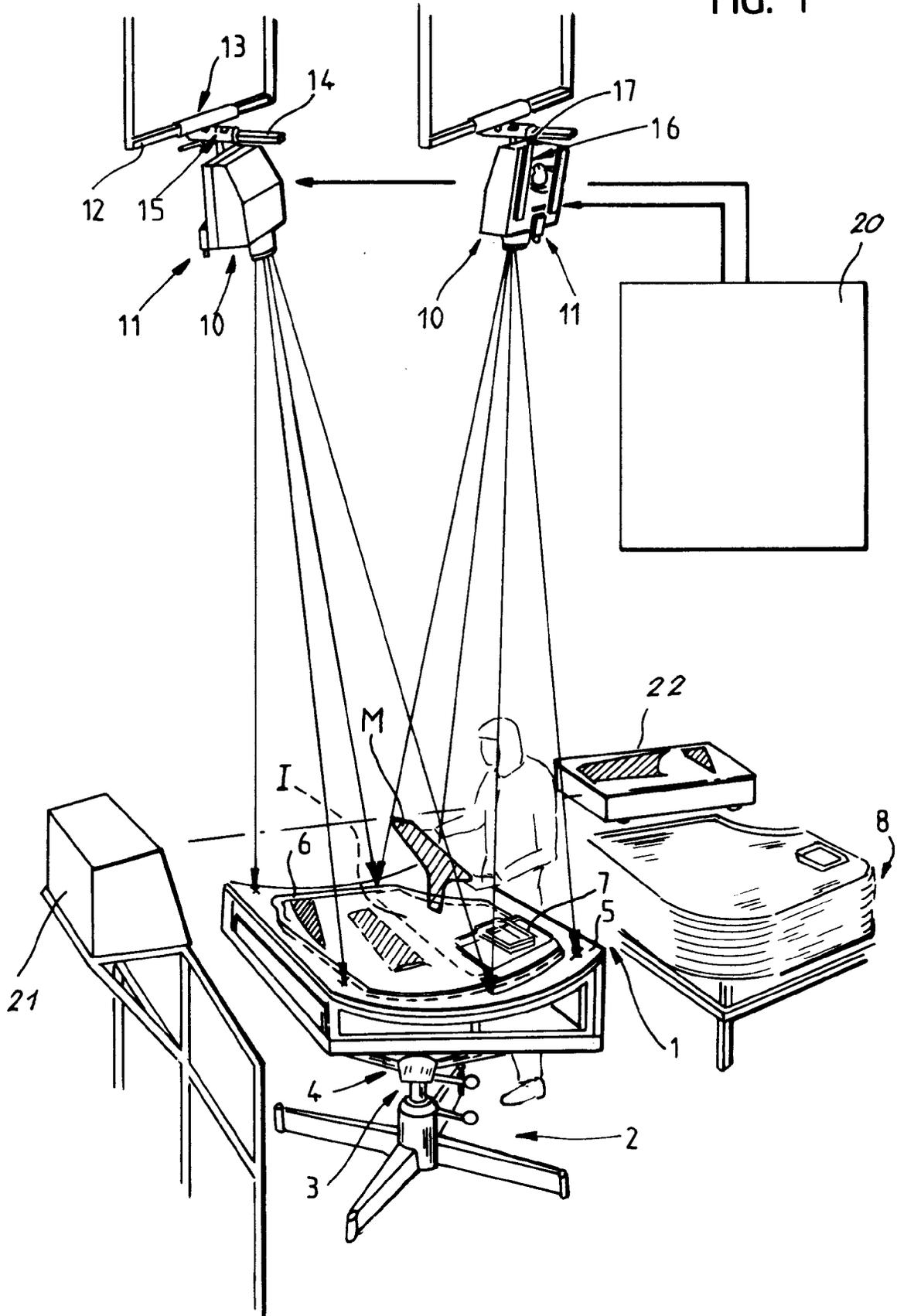
Revendications

1. Appareillage destiné à aider au drapage manuel de pièces par assemblage de plusieurs découpes (M) de tissus ou de rubans de fibres à haute résistance pré-imprégnés de résine durcissable comprenant un outillage (1) de dépose et à contrôler la bonne exécution du drapage, caractérisé en ce qu'il comprend :
 - au moins un projecteur vidéo (10) dirigé vers l'outillage (1) et un système de commande (20) apte à faire projeter par les projecteurs (10) des images indiquant la forme, l'emplacement et la texture des découpes à déposer successivement par l'opérateur ;
 - un écran de visualisation (21) relié au système de commande et sur lequel apparaissent lesdites images ;
 - une caméra (11) dirigée vers l'outillage (1), reliée au système de commande (20) et apte à discerner la forme, la position et la texture des découpes déposées sur l'outillage ;
 - et un calculateur intégré dans le système de commande (20), apte à comparer les images issues de la caméra avec des images de référence des découpes déposées sur l'outillage et à arrêter le processus de fabrication si une

différence est constatée entre une image de référence et une image d'une découpe en place.

2. Appareillage d'aide au drapage suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une mire (32) amovible de réglage, disposée à l'emplacement de l'outillage (1) et en ce que le système de commande (20) est apte à faire projeter une image de calibration sur la mire (32).
3. Appareillage de contrôle de la bonne exécution du drapage réalisé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la caméra (11) est une caméra monochrome.
4. Appareillage de contrôle de la bonne exécution du drapage suivant la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend, de plus, un écran de visualisation (21) des images recueillies par la caméra (11).

FIG. 1



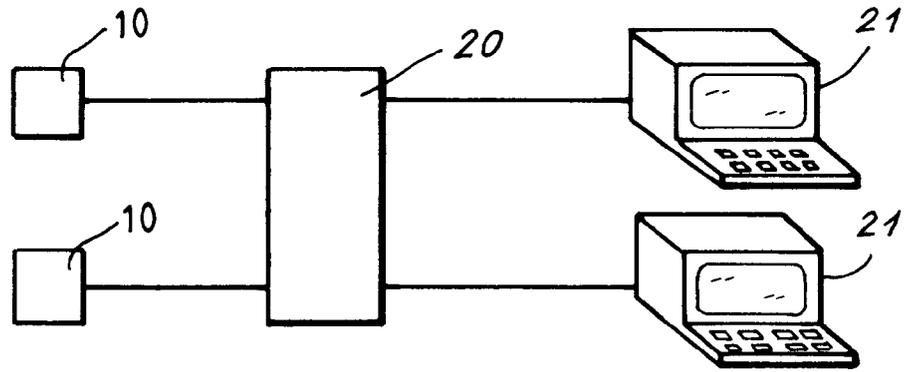


FIG. 2

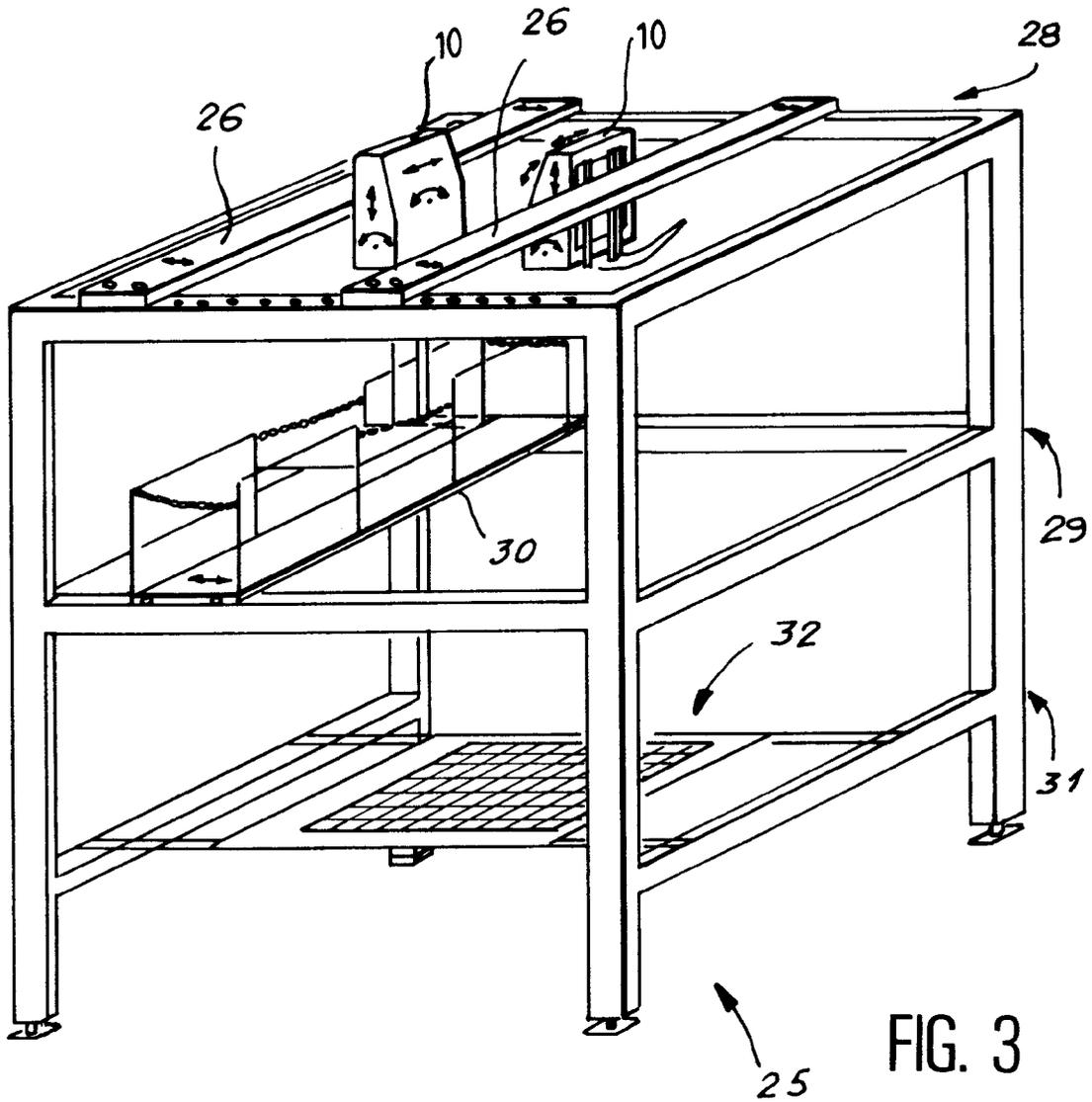


FIG. 3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 40 2187

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
Y	DE-A-3 242 949 (MESSERSCHMITT BÖLKOW BLOHM) * le document en entier * ---	1,2	B29C67/14
Y	EP-A-0 165 890 (G. IMBERT) * page 4, ligne 24 - ligne 29 * * page 6, ligne 2 - ligne 25; revendications; figures * ---	1,2	
A	EP-A-0 128 826 (AEROSPATIALE) * le document en entier * ---	2,4-6	
A	IEEE 1986 NATIONAL AEROSPACE AND ELECTRONICS CONFERENCE, NAECON 1986 vol. 2, Mai 1986, DAYTON pages 508 - 511; T. HALL: 'CAD/AI applications for automated manufacturing of composite structures' * page 508, colonne 2, ligne 22 - ligne 47 * -----	4-6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B29C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 14 NOVEMBRE 1991	Examineur VAN WALLENE A. M.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)

① [logo] **Europäisches Patentamt**
European Patent Office
Office européen des brevets

[bar code]

⑪ Publication number: **0 470 901 A1**

⑫ **EUROPEAN PATENT APPLICATION**

⑳ Filing number: **91402187.8**

⑤① Int. ci.⁵: **B29C 67/14**

㉒ Date of filing: **08/05/91**

③① Priority: **08/08/90 FR 9010120**

⑦② Inventor: **Poggi, René Jérôme**
Residence Le Bel Ormeau, 1, avenue J.P. Coste
F-13100 Aix en Provence (FR)

④③ Publication date of the application:
02/12/92 Bulletin 92/07

⑧④ Designated Contracting States:
BE DE ES GB IT

⑦④ Agent: **Mongrédien, André et al c/o SOCIETE DE**
PROTECTION DES INVENTIONS 25, rue de
Ponthieu
F-75008 Paris (FR)

⑦① Applicant: **AEROSPATIALE Société Nationale**
Industrielle
37, Boulevard de Montmorency
F-75781 Paris Cédex 16 (FR)

⑤④ **Support apparatus for hand lay-up of composite material parts.**

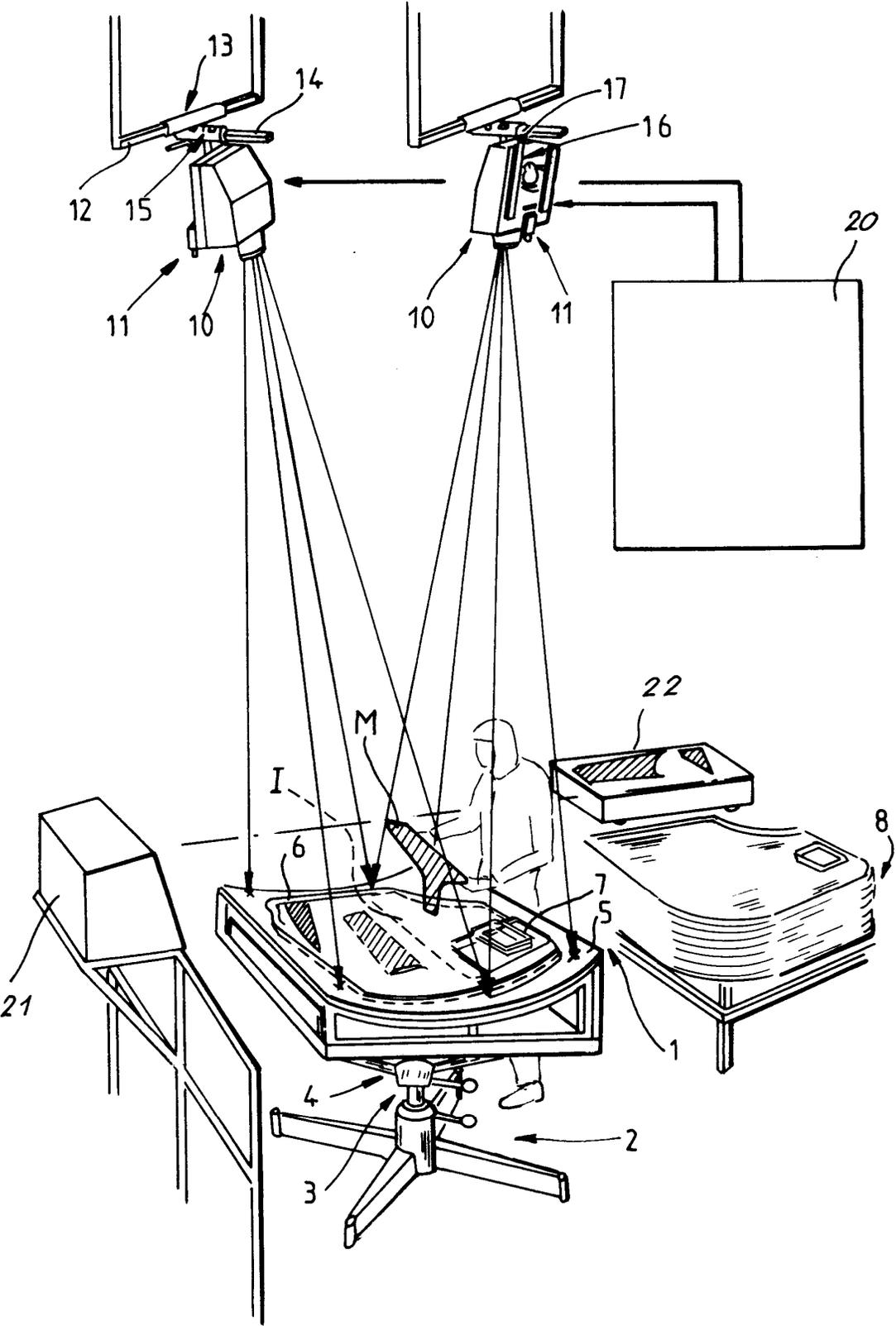
⑤⑦ Apparatus for laying up a part through the assembling of cut fabric or strips of fibers pre-impregnated with resin onto a molding tooling (1), wherein the written list of instructions describing the manufacturing steps are replaced by projections of images on the tooling that indicate to the operator the nature and location of the cutouts to be successively placed. An optional camera (11) is used to check whether the placement is correct.
Application to the manufacture of composite material parts and panels.

EP 0 470 901 A1

Jouve, 18, rue Saint-Denis, 75001 PARIS

Amazon Ex. 1007.0011

FIG. 1



The invention relates to a support and control apparatus in the hand lay-up of composite material parts.

The lay-up technique involves building the structure of parts such as hull or panel elements, by assembling fabric cutouts or high strength fiber strips pre-impregnated with curable synthetic resin, on the surface of a molding tooling so that they partially overlap. These assemblies are compacted and then the impregnation resin of the fibers is cured, so as to bind the component layers.

It is thus possible to make large parts with complicated shapes, where the fibers of each of the layers have a particular orientation, chosen to optimize the resistance of the part.

Each layer should be placed on the tooling in its intended position with good precision and in a determined order. Manufacturing ranges and templates are currently used, i.e. lists of written instructions that list the manufacturing steps and drawings that represent the position of each part on the tooling. However, the consultation of these sheets is not practical and extends the manufacturing time, especially for medium or large series, and it is not possible to easily check the proper execution of each layer.

It is already known that the implementation of a laser beam controlled by a computer and scanning over the tooling to deposit the contour of each element to be deposited facilitates the manual placement of fabric layers and strips on the molding tooling in such a way that the operator can distinguish the image of the external shape of the location to be occupied by the deposited layer using the afterimage of the spot.

However, this process presents practical application difficulties in particular to obtain good projection stability both statically and dynamically due to the drift over time of the mechanisms controlling the angular movements of the laser beam.

In addition, laser projection can cause operator eye fatigue due to the flickering of the beam and the dotted appearance of the light outline.

Finally, accidental projection of the laser beam into the operator's eyes can be dangerous and special precautions must be taken to avoid direct projection.

The purpose of the present invention is a partially automated apparatus for assisting lay-up personnel to speed up manufacturing and significantly reduce the risk of error, and which does not present the disadvantages of using a laser beam.

The apparatus according to the invention comprises, in addition to the molding tooling, a video image projection system directed towards this tooling and a control system capable of having the image projection system project the images that indicate the exact locations where the layers must be successively deposited with, if necessary, additional schematic indications to facilitate their placement by the operator.

The apparatus is supplemented with a lay-up control device that verifies that the successive layers are correctly deposited on the tooling. Specifically, this device ensures:

- that the texture or color of the layer matches that of the required material;
- that the shape of the layer is right;
- that the layer is placed in the correct location;
- that no foreign elements (e.g. an insulating piece of plastic) are included on the laid up surface.

This device consists on the one hand of a camera directed towards the tooling, connected to the projection control system and able to discern the texture, the shape and position of the layers actually placed on the tooling, and on the other hand a computer such as a microcomputer to which the camera is connected and which is able to compare the images from the camera with the reference images of the layers it has in memory, which were constituted either from shots made during a manufacturing-test operation, or from computerized drawings of the layers. The device is accompanied by screens displaying the images projected by the projection system or collected by the camera.

The invention will now be described in more detail using the attached figures for illustrative and not limiting purposes, including:

- Figure 1 shows an overview of the apparatus;
- Figure 2 is a diagram of the control system;
- Figure 3 represents a setup configuration of the projection system.

Figure 1 shows a molding tooling 1 placed on a height and position-adjustable bench 2 thanks to an adjustable leg 3 and a ball joint 4. The tooling 1 is formed of a plate 5 equipped with a flange 6 that delineates the shape and contour of the part to be made and which may comprise within this flange reliefs 7 such as protrusions or other flanges to delineate different layers or zones of curvature on the part to be manufactured.

Other similar or dissimilar molding tools are installed on a spare jig station 8, ready to be installed on bench 2 as soon as the lay-up of the current part is completed.

The apparatus includes a projector 10 of video images and a camera 11 attached to the projector 10. It is suspended above the tooling 1 via a structure that comprises a horizontal fixed bar 12 on which a cursor 13 slides. The cursor 13 is equipped with a horizontal movable bar 14 perpendicular to the previous one, on which slides a second cursor 15 bearing a fork 16 through a ball joint 17. The ball joint 17 allows the projector 10 and the camera 11 to turn in all directions. Furthermore, the projector 10 is screwed onto the fork 16 in a height-adjustable manner. It is therefore possible to adjust the position of the projector 10 and the camera 11 in all directions.

In fact, two projectors 10 and two cameras 11 hang from two separate structures. Such an arrangement may be considered in the case of large-area tooling 1: each projector 10 and each camera 11 are then associated with half of the surface of the tooling 1. For even larger tooling, more projectors 10 can be used.

Now we move on to Figure 2 in connection with Figure 1. The apparatus control system consists essentially of a computer 20 connected by power lines to the projectors 10 and cameras 11 as well as graphic consoles 21. The computer 20 was programmed to teach it the shape of each tooling 1 as well as the location and shape of the various layers that must be placed on this tooling 1. Before placing a layer, the operator signals it by typing an instruction on a graphic console 21. The computer 20 then controls the projectors 10 so that an image (I in Figure 1) of the layer to be placed at that time is projected on the correct location on the tooling 1. In the case of several projectors 10, those whose projection field on tooling 1 does not contain any portion of the image are obviously not put into service. The appropriate layer (M) is then placed by the operator so that it overlaps with the projected image. The cameras 11 verify the proper execution of this operation. To do this, when the computer 20 is told that we will move on to the next step, the image collected by the cameras 11 is examined by the computer 20 and compared to the image that should be found.

In the embodiment currently provided by the applicant, monochrome cameras are used that collect square images of 512 pixels per side and are capable of discerning 250 gray levels or, more generally, different shades of color. For each image point, we compare the reference gray level, obtained during a learning step, to the gray level obtained during the actual lay-up of the part on tooling 1. For example, the comparison can have four steps that are performed successively.

In the first step, the shape of the layer that has just been placed is recognized and compared to the shape of the layer to be deposited.

If the comparison is positive, the computer 20 compares, by their coordinates on the image, the location where the layer is placed in the intended location.

A comparison is then made of the overall gray level of the layer. For example, if the layer is too clear, it can

be detected that the protective polyethylene sheet that normally covers the layer has not been removed.

Finally, the gray level comparison is performed locally, for each pixel, in order to detect any residual polyethylene patches or other local irregularities on the layer.

If no errors are found, the computer 20 projects the image of the next layer when the operator requests it. Otherwise, an error message is displayed on the graphic consoles 21 based on the results of the various comparisons, and the operation of the projectors 10 is blocked until the error is corrected.

Other indications may also appear on the graphic consoles 21 if the programming of the computer 20 allows it. In particular, it is possible to view the image on the screen of the tooling and the theoretical locations of the layers of the part. The image collected by the cameras 11 of the lay-up actually carried out can also be viewed, superimposed on the previous one or on another screen. It is also possible to use video image reception stations directly connected to the cameras 11.

To complete the apparatus, it is planned to use a robotic cart 22 that provides the operator with all the pieces necessary to lay up the part. However, this robotic cart is not part of the invention.

Now we move on to the comment on Figure 3. In this embodiment, the projectors 10 are not suspended from the ceiling of the room where the lay-up is carried out using an adjustment installation, but are hooked to a frame 25 placed on the ground and formed of intersecting metal beams. The frame 25 comprises in particular two parallel upper spans 26 and each bearing two rails 27 on which a projector 10 is screwed so that it is adjustable in height, horizontally and in position.

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

The spans 26 can also be screwed in different locations on a top frame 28 which is part of the frame 25 to provide additional freedom to adjust the position and orientation of the projectors 10.

A middle frame 29 bears a rolling walkway 30 that allows easy access to the projectors 10 and the spans 26, and a lower frame 30 bears a removable grid test pattern 32. The test pattern 32 is used to properly focus the projected images. In the event that the projectors 10 have an electronic adjustment capability, this adjustment is used to refine the projected images. However, in the case of fixed focal length projectors, it is only possible to fine-tune the projection setting by moving them.

The adjustment method consists of projecting an image on the grid, known as "source pattern" and created by the computer 20, onto the pattern 32, and moving the projectors 10 or adjusting them if they are equipped with an electronic adjustment so that the image on the grid lines up with the pattern 32 itself. The pattern 32 is then removed, the tooling 1 is installed substantially at its location and the image of the reference tooling is matched with the actual tooling. The lay-up can then begin.

Many detailed changes can be made to the apparatus described according to the concrete conditions of how the workstations and available devices are installed. It should also be noted that cameras 11 may be omitted if individual control of each layer is not required.

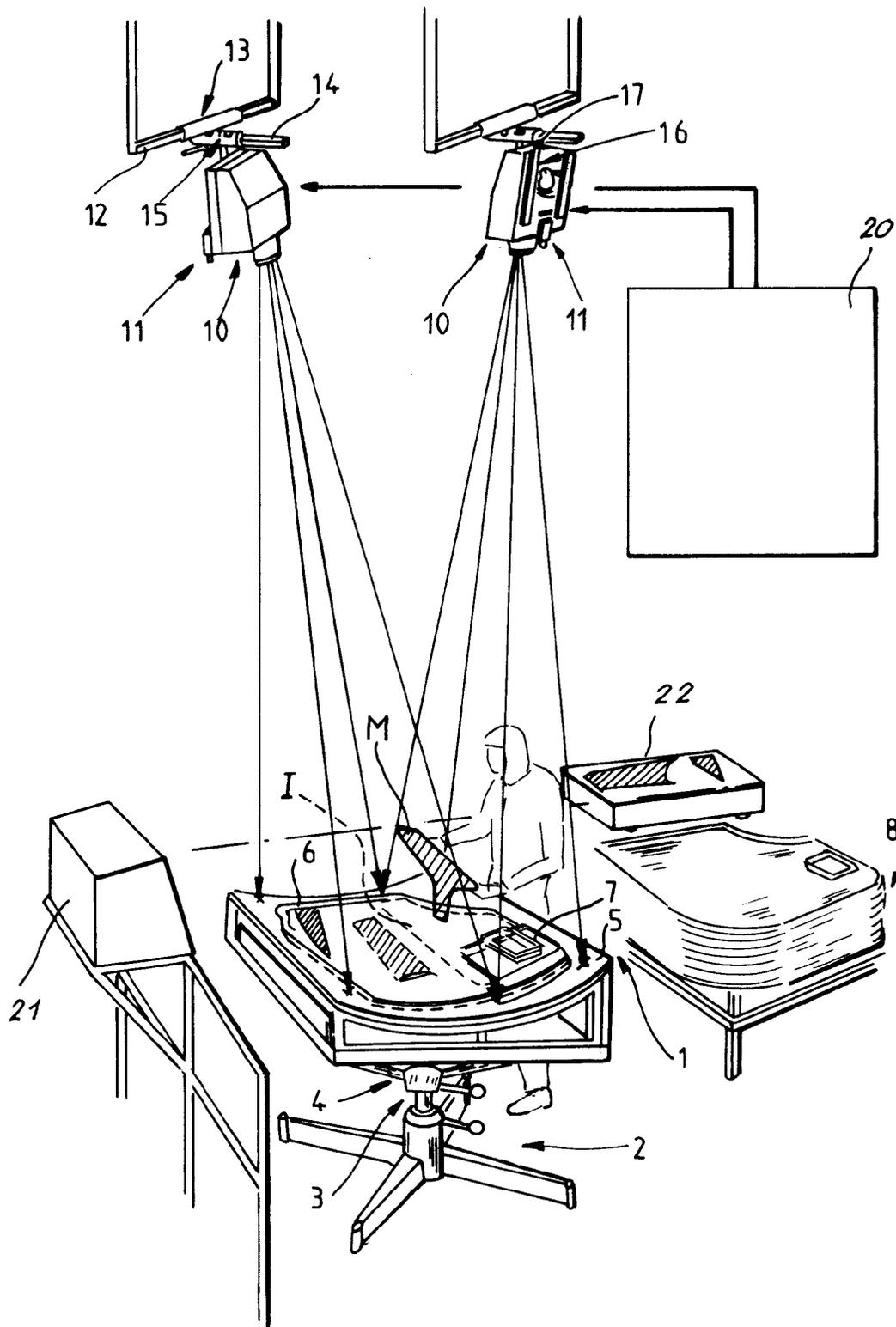
Claims

1. Apparatus for assisting in the hand lay-up of parts by assembling multiple layers (M) of fabrics or high strength fiber strips pre-impregnated with curable resin comprising an application apparatus (1) and controlling the proper execution of the lay-up, characterized in that it comprises:
 - at least one video projector (10) directed towards the tooling (1) and a control system (20) capable of having the projectors (10) project images indicating the shape, location and texture of the layers to be deposited successively by the operator;
 - a viewing screen (21) connected to the control system and on which said images appear;
 - a camera (11) directed towards the tooling (1), connected to the control system (20) and capable of discerning the shape, position and texture of the layers deposited on the tooling;
 - and a computer integrated into the control system (20), capable of comparing the images from the camera with reference images of the layers deposited on the tooling and stopping the manufacturing process if a difference is detected between a reference image and an image of a layer in place.
2. The lay-up support apparatus according to claim 1, characterized in that it comprises a moveable adjustment test pattern (32), arranged at the

location of the tooling (1) and in that the control system (20) is capable of projecting a calibration image onto the pattern (32).

3. Device for controlling the proper execution of the lay-up performed according to claim 1 or 2, characterized in that the camera (11) is a monochrome camera.
4. Device for controlling the proper execution of the lay-up according to claim 3, characterized in that it further comprises a viewing screen (21) of the images collected by the camera (11).

FIG. 1



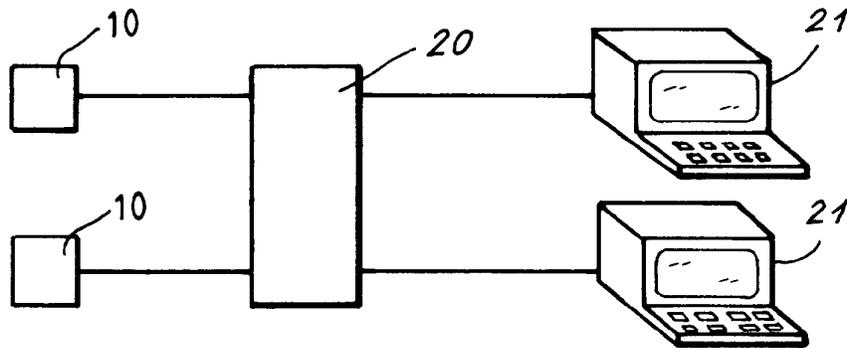


FIG. 2

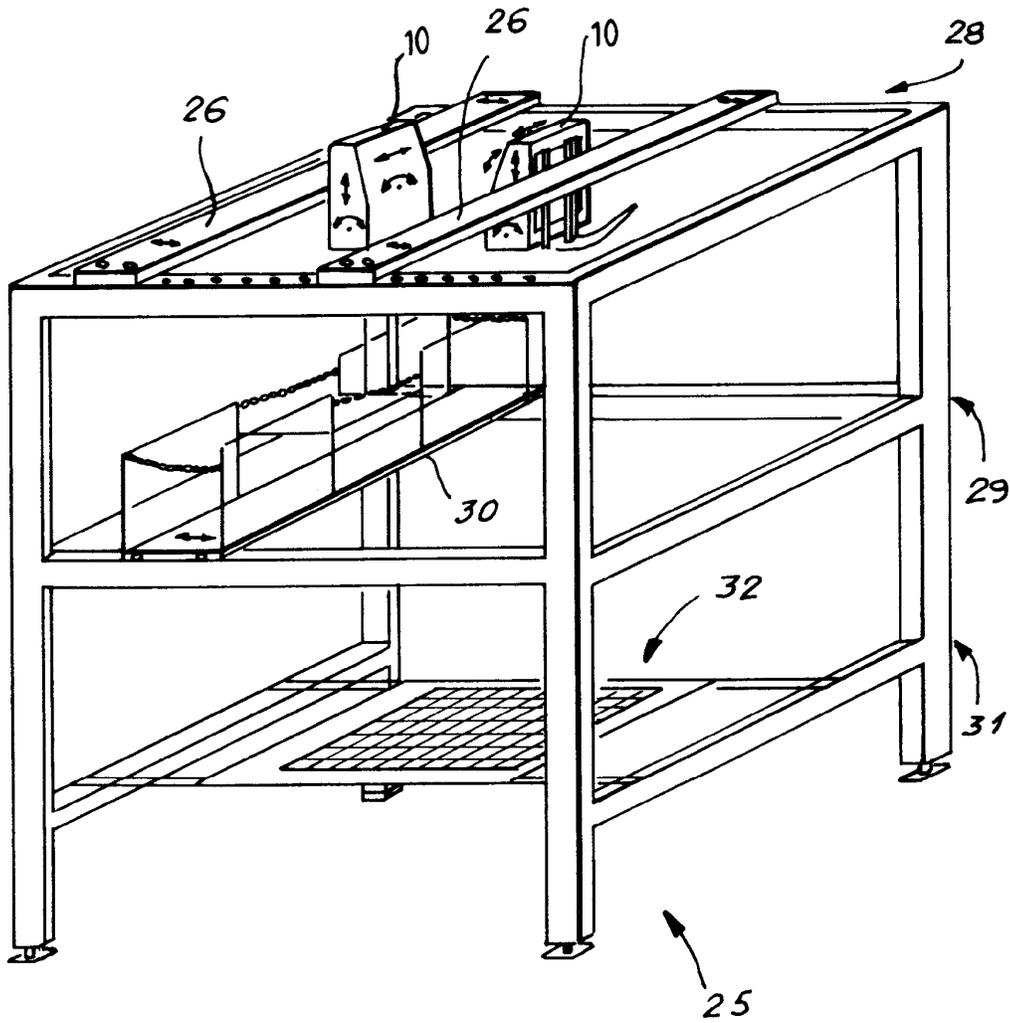


FIG. 3

DOCUMENTS CONSIDERED RELEVANT			
Category	Citation of the document with indication, if necessary, of the relevant parts	Claim concerned	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int. Cl.5)
Y	DE-A-3 242 949 (MESSERSCHMITT BOTKOW BLOHM) * the entire document * -----	1.2	B29C67/14
Y	EP-A-0 165 890 (G. IMBERT) * page 4, line 24 - line 29 * * page 6, line 2 - line 25; claims; figures * -----	1.2	
A	EP-A-0 128 826 (AEROSPATIAL) * the entire document * -----	2.4-6	
A	IEEE 1986 NATIONAL AEROSPACE AND ELECTRONICS CONFERENCE, NAECON 1986 vol. 2, Mal 1986, DAYTON pages 508 - 511; T. HALL: ^{S1} CAD/AI applications for automated manufacturing of composite structures ¹ * page 508, column 2, line 22 - line 47 * -----	4-6	
			TECHNICAL DOMAINS RESEARCHED (Int. Cl.5)
			B29C
This report has been prepared for all claims			
Search location THE HAGUE		Search Completion Date NOVEMBER 14, 1991	Reviewer VAN WALLENE A.M.
CATEGORIES OF DOCUMENTS CITED			
X: particularly relevant in itself		T: theory or principle at the basis of the invention	
Y: particularly relevant in combination with another document in the same category		E: prior patent document, but published on or after the filing date	
A: technological background		D: cited in the application	
O: unwritten disclosure		L: cited for other reasons	
P: insert document		----- &: member of the same family, corresponding document	

EPO FORM 1503 03.82 (P/0402)