



CONFÉDÉRATION SUISSE  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Int. Cl.<sup>3</sup>: F 16 L 59/02  
B 23 K 26/08

**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**

**11 640 929**

21 Numéro de la demande: 9202/80

22 Date de dépôt: 12.12.1980

30 Priorité(s): 14.12.1979 GB 7943116

24 Brevet délivré le: 31.01.1984

45 Fascicule du brevet  
publié le: 31.01.1984

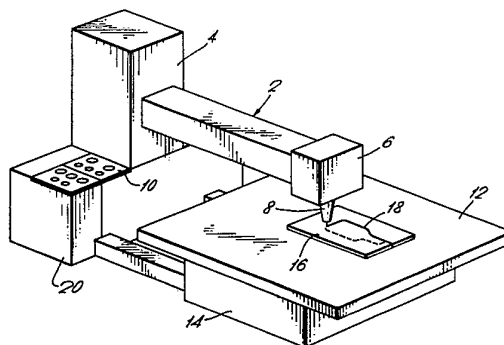
73 Titulaire(s):  
Micropore International Limited,  
Droitwich/Worcs (GB)

72 Inventeur(s):  
Joseph Anthony McWilliams, Droitwich/Worcs  
(GB)

74 Mandataire:  
Patentanwaltsbureau Isler & Schmid, Zürich

**54 Procédé de fabrication de blocs en matière microporeuse présentant une surface recouverte d'une peau protectrice.**

57 Pour découper un bloc de forme déterminée dans une ébauche épaisse (16) d'une matière microporeuse d'isolement thermique (aérogel de silice) on utilise un faisceau laser provenant d'une tête (6) et auquel on fait suivre la ligne de découpage (18) désirée. On règle la vitesse de déplacement du faisceau de façon à fondre les particules sur la tranche découpée en y réalisant une peau protectrice continue. En promenant le laser sur la surface, on peut y réaliser également la peau protectrice. Si cette surface est déjà protégée par un tissu de verre, celui-ci est assemblé par fusion avec la peau qui recouvre la coupe.



## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication de blocs en matière microporeuse isolante au point de vue thermique présentant une surface recouverte d'une peau protectrice, caractérisé en ce qu'il consiste à faire passer un faisceau laser sur cette surface de façon à fondre les particules superficielles de la matière.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise simultanément le faisceau laser comme moyen de découpage pour découper le bloc à partir d'une ébauche ou d'une plaque.

3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé en ce qu'on contrôle la vitesse de découpage par rapport à l'épaisseur de l'ébauche de façon à fondre simultanément les particules de la matière afin de réaliser une peau protectrice sur la surface de la coupe.

4. Procédé suivant la revendication 3, applicable au cas d'une ébauche ou d'une plaque comportant une couche protectrice sur la surface à découper, caractérisé en ce qu'on utilise simultanément le faisceau laser pour relier par fusion cette couche à la peau réalisée sur la surface de la coupe.

5. Procédé suivant l'une quelconque des revendications qui précèdent, caractérisé en ce que la matière comprend des particules d'aérogel de silice, une armature fibreuse et un agent opacifiant mélangés les uns aux autres et comprimés sous la forme d'un ensemble rigide.

6. Procédé suivant la revendication 5, caractérisé en ce que la matière est comprimée à l'intérieur d'une enveloppe porteuse.

7. Procédé suivant l'une quelconque des revendications qui précèdent, caractérisé en ce que le faisceau utilisé est établi par le moyen d'un laser à CO<sub>2</sub>.

8. Procédé suivant l'une quelconque des revendications qui précèdent, caractérisé en ce que le déplacement du faisceau laser par rapport à l'ébauche est commandé automatiquement.

9. Procédé suivant la revendication 8, caractérisé en ce qu'on réalise le déplacement du laser suivant un programme prédéterminé pour assurer la fabrication en série de blocs conformés de façon identique.

La présente invention a pour objet un procédé selon le préambule de la revendication 1 et plus particulièrement un procédé de fabrication de tels blocs comportant des formes compliquées avec des surfaces qui n'ont pas à être protégées au cours de l'utilisation.

On connaît un isolant thermique microporeux constitué par des particules d'aérogel de silice, un agent opacifiant et des fibres d'armature, dont le mélange sec est rendu compact pour réaliser un bloc susceptible d'être manipulé. De telles matières, ainsi que leurs procédés de fabrication, ont été décrites dans les brevets anglais N<sup>os</sup> 1205572, 1433478 et 1580909 auxquels on peut se reporter. Elles sont commercialisées sous la marque de fabrique Microtherm. La densité d'un bloc de cette matière se situe aux environs de 240 kg/cm<sup>3</sup>. Elle comporte d'excellentes propriétés d'isolement, mais elle est de consistance poudreuse et, par conséquent, on l'utilise souvent avec une couche de recouvrement, faite par exemple de fibres de verre, pour la protéger de tout dommage au cours des manipulations normales. Pour certaines applications, elle peut être comprimée dans une enveloppe poreuse, comme indiqué dans le brevet anglais N<sup>o</sup> 1247674. Une matière présentant des propriétés satisfaisantes pour certaines utilisations peut ne comporter que les particules d'aérogel de silice, ou bien ces particules et soit l'agent opacifiant, soit l'armature. Ce terme de particules d'aérogel est considéré comme englobant de façon générale les structures de réseau de silice microporeux ouvertes comportant une dimension de l'ordre de 100 m $\mu$  ou moins.

Dans un certain nombre d'applications, il n'est pas possible de réaliser un bloc enfermé dans une enveloppe, plus particulièrement quand la forme requise est compliquée et que, en dépit du fait que

les surfaces planes puissent être aisément revêtues, les surfaces recourbées ou ondulées présentent quelques difficultés à cet égard. Ces conformations compliquées sont souvent nécessaires pour s'adapter à des canalisations ou à des liaisons électriques aboutissant à la zone qui doit être isolée ou provenant de celle-ci. On peut utiliser des revêtements adhésifs ou bien coller d'une autre manière des bandes de la matière mais, en raison de l'humidité inhérente à bien des colles, la matière isolante adjacente risque de se briser sous l'effet de celle-ci et la liaison peut se trouver substantiellement affaiblie. L'application satisfaisante de tels revêtements est longue et onéreuse, tandis que la nature difficile de l'opération signifie qu'on ne peut tenir toujours des tolérances très serrées et que quelques formes ne peuvent être protégées de façon appropriées.

On connaît une autre matière d'isolement thermique qui comporte une composition semblable à celle susmentionnée, mais qui renferme un liant pour les composants du mélange. Bien que, de ce fait, la consistance du bloc réalisé à partir d'une telle matière soit moins poudreuse, en raison du fait que la quantité de liant mise en œuvre est toujours maintenue à un minimum pour réduire l'abaissement des propriétés isolantes, on se heurte à des problèmes semblables à ceux esquissés ci-dessus.

On sait que les particules d'une matière d'isolement du genre précité fondent à des températures de l'ordre de 1500° C et on a découvert que, en utilisant un laser, on peut appliquer à la matière en question une chaleur intense qui suffit pour ne fondre qu'une mince couche superficielle de celle-ci en vue de réaliser la peau protectrice.

En conformité avec l'invention, le procédé susmentionné consiste à faire passer un faisceau laser sur cette surface pour fondre les particules de la matière intéressée.

On peut réaliser une peau protectrice sur la matière microporeuse en même temps qu'on utilise le faisceau laser pour découper une pièce profilée à partir d'une ébauche. Suivant un procédé de conformation de blocs d'une matière microporeuse thermiquement isolante, on découpe la forme désirée dans une ébauche en utilisant un faisceau laser.

L'utilisation d'un laser CO<sub>2</sub> lors de la mise en œuvre du procédé suivant l'invention permet d'obtenir une peau protectrice extrêmement satisfaisante. Des lasers qui conviennent à cet égard sont ceux au CO<sub>2</sub> de 250 et 500 W vendus par la firme Griesheim GmbH, D-6000 Francfort-sur-le-Main 1, République fédérale d'Allemagne, sous les numéros d'identification GL 250 et GL 500. On utilise normalement un gaz de découpage, mais cela n'est pas essentiel car la matière microporeuse se contracte à environ 10 à 15% de son volume original.

La peau ainsi réalisée assure une protection substantielle et elle ne s'écaille ni ne se brise facilement. Son épaisseur dépend essentiellement de la durée d'action du faisceau laser sur la surface intéressée et, par conséquent, de sa vitesse de déplacement sur celle-ci ou à travers une ébauche. En particulier, lorsqu'on utilise le faisceau pour le découpage, on comprend que l'épaisseur de l'ébauche découpée constitue également un facteur dont il faut tenir compte, la peau étant plus épaisse au voisinage de la face la plus rapprochée de la source laser.

La matière microporeuse d'isolement thermique en question peut comprendre de façon prédominante des particules d'aérogel de silice avec une proportion (en volume) relativement faible d'agent opacifiant et de fibres d'armature. Il est préférable d'utiliser comme agent opacifiant le bioxyde de titane et comme armature des fibres d'aluminosilicate. Les compositions typiques sont conformes aux indications préférées ci-dessous, les domaines qui semblent les meilleurs étant indiqués entre parenthèses.

	% (en poids)
aérogel de silice	50-97 (60-73)
fibres d'armature	1-10 (2-7)
agent opacifiant	2-40 (25-40)

Dans une composition spécifique, on trouve en poids 63% de particules d'aérogel de silice, 32% de rutile (agent opacifiant) et 5% de fibres céramiques. Des particules d'aérogel susceptibles de conve-

nir sont celles commercialisées par les firmes Degussa GmbH sous la marque de fabrique Aerosil, Cabot Corporation sous la marque Cabosil et Monsanto sous la marque Santosel. Les autres composants se trouvent également sans difficulté dans le commerce.

Lorsque le laser coupe l'ébauche ou passe sur une surface découverte du bloc, la chaleur ainsi engendrée fond les particules adjacentes de la matière pour réaliser la peau. La masse de cette peau est ainsi constituée par des particules de silice fondues en raison de la présence prédominante de celles-ci, mais certaines variations de texture peuvent apparaître étant donné que la chaleur du faisceau fond également d'autres composants sur son trajet. Lorsque la matière ne renferme que des particules d'aérogel, la seule variation possible se présente de façon substantiellement régulière sur l'épaisseur de l'ébauche ou bloc pour les raisons exposées plus haut. Quand, au contraire, il y a d'autres composants, la dissipation de la chaleur à partir du faisceau laser peut varier légèrement, ce qui aboutit à des concentrations sur la surface de la peau. Toutefois, la quantité de chaleur dissipée reste toujours réduite en raison de la faible conductivité thermique de la matière traitée.

Le procédé suivant l'invention présente un avantage supplémentaire lorsque l'ébauche comporte une couche formant recouvrement de protection qu'il faut également découper, ou à tout le moins fixer sur la peau protectrice. Le type d'une telle couche est représenté par un tissu de fibres de verre tel que celui qu'on peut utiliser dans un matériau établi conformément au brevet anglais N° 1247674 précité. Lorsque l'on découpe l'ébauche, cette couche ou enveloppe est elle-même découpée et elle fond avec la matière microporeuse. Ainsi, une ébauche initialement pourvue d'une couche de recouvrement protectrice reste protégée par une surface substantiellement continue après le découpage effectué conformément à la présente invention.

Le déplacement du faisceau laser à travers une ébauche peut être commandé par un programme prédéterminé, et sa mise en position peut être automatique. Cela permet la fabrication en série de produits identiques avec une grande précision.

La fabrication de blocs de matière isolante microporeuse comportant une peau protectrice abaisse substantiellement les prix de revient et permet d'obtenir de façon économique des blocs de formes compliquées, pour un marché étendu, à un prix très bas. Les hautes performances des produits d'isolement microporeux, par rapport à ceux qui étaient plus aisément réalisés jusqu'ici, rend la fabrication extrêmement intéressante dans certaines applications pour lesquelles des températures de l'ordre de 1100° C doivent être supportées, tandis que l'espace disponible est limité. Grâce à l'invention, l'on peut tirer parti à fond du fait que la matière microporeuse d'isolement thermique nécessite un espace d'encombrement plus réduit.

Le dessin annexé, donné à titre d'exemple, permettra de mieux comprendre l'invention, les caractéristiques qu'elle présente et les avantages qu'elle est susceptible de procurer.

La fig. 1 est une vue en perspective schématique d'un appareil propre à être utilisé pour la mise en œuvre de l'invention;

la fig. 2 est une vue en perspective schématique avec coupe partielle d'un bloc de matière isolante comportant une peau réalisée sur sa périphérie;

la fig. 3 est une coupe schématique à plus grande échelle montrant le passage du faisceau laser à travers l'ébauche destinée à constituer le bloc de la fig. 2;

la fig. 4 est une coupe suivant IV-IV (fig. 3), et

la fig. 5 est un graphique faisant ressortir la relation entre l'épaisseur de l'ébauche et la vitesse à laquelle le faisceau laser se déplace par rapport à celle-ci pour aboutir à la réalisation d'une peau satisfaisante.

Comme montré en fig. 1, un outil de découpage fonctionnant au laser CO<sub>2</sub> comprend un résonateur 2 qui dépasse en porte à faux d'un coffret 4, ce résonateur portant une tête 6. On ne décrira pas en détail ci-après le fonctionnement de cet outil, étant donné qu'il est bien connu. Pour parler cependant en termes généraux, le faisceau est engendré dans le résonateur 2 et il est émis verticalement en direction du bas à partir d'une tuyère de découpage 8 montée sur la

tête 6. Les composants du dispositif laser sont commandés depuis un tableau 10 disposé au voisinage du résonateur 2. La tête de découpage est suspendue au-dessus d'une table 12 déplaçable sur un bâti 14. Pour se servir de l'appareil, on fixe sur la table 12 une ébauche constituée par une matière microporeuse d'isolement thermique et qui se présente normalement sous la forme d'une plaque épaisse 16; on met en marche le laser et l'on déplace la table pour que l'ébauche 16 soit traversée par le faisceau émis par la tête 6 de façon à découper la conformation désirée, par exemple en suivant la ligne 18. Les déplacements de la table sont normalement commandés par un ordinateur 20 de façon à correspondre à un trajet prédéterminé, ce qui permet la fabrication d'une succession de pièces conformées de façon identique à partir d'une ou de plusieurs ébauches. Il est parfois possible de maintenir l'ébauche fixe et de déplacer la tête de découpage 6 par le moyen d'une machine de guidage accouplée au résonateur 2, ou encore de déplacer l'ébauche elle-même par rapport à la table, mais le procédé qu'on vient de décrire est préférable. La table présente au faisceau une surface brisée, c'est-à-dire irrégulière; on peut par exemple l'établir sous la forme d'un nid d'abeilles métallique. La nature de cette surface n'est pas critique, étant noté toutefois qu'il est préférable d'éviter la réflexion pour réduire les phénomènes de dissipation et le gaspillage d'énergie.

A mesure que l'ébauche se déplace en étant traversée par le faisceau, la conformation désirée se réalise tandis que, en même temps, une peau de matière fondue se forme le long du bord découpé. Ce phénomène a été illustré en fig. 2, 3 et 4. Le bloc réalisé qu'on peut voir en fig. 2 comporte une peau 22, laquelle est plus dense au voisinage de sa face supérieure, comme indiqué par la différence des traits d'ombre. Cela résulte du fait que, comme montré en fig. 3 et 4, les parties hautes de l'entaille sont exposées au faisceau 24 pendant un temps plus long que les parties situées plus bas. Quand le faisceau 24 se déplace à travers l'ébauche, il frappe d'abord les parties hautes en provoquant dans cette zone la fusion des particules qui se contractent ainsi contre les parties non fondues adjacentes. Il pénètre ensuite progressivement vers les parties inférieures où l'énergie disponible est proportionnellement moindre parce qu'une certaine fraction de l'énergie originale a déjà été absorbée par les particules fondues. Il est par conséquent important de régler le mouvement relatif du faisceau par rapport à l'ébauche pour garantir la formation d'une peau satisfaisante. Il peut parfois être avantageux de faire osciller le faisceau ou l'ébauche pour améliorer la régularité de la densité de la peau le long de l'entaille, ou de modifier l'angle de la tête 6. Mais il a été noté que cela n'était pas nécessaire dans le cas de pièces de dimensions normales, c'est-à-dire de l'ordre de 25 mm d'épaisseur. La réalisation d'une peau légèrement rugueuse aboutit toutefois à une plus grande résistance; elle peut être obtenue par un déplacement intermittent ou irrégulier du faisceau par rapport à l'ébauche. Un déplacement délibéré de ce genre n'est pas toujours nécessaire car, de toute façon, un certain degré de rugosité tend à apparaître.

La contraction de la matière isolante au cours de sa fusion pour réaliser la peau comporte l'avantage qu'il ne se forme que très peu de résidus dont il faille se débarrasser, voire même pas du tout. Lors de la fusion, la matière se contracte à environ 10 à 15% de son volume original; la pratique a montré que la peau ainsi réalisée est énergiquement liée à la matière non fondue qui la supporte. La faible conductivité thermique de cette matière et le grand volume de ses vides font que cette peau est extrêmement mince, étant donné que seule est fondue la matière située au voisinage immédiat du faisceau, cette matière remplissant les vides du bord autrement rugueux qui résulterait du découpage de l'ébauche par d'autres moyens, tandis que sa fusion lie les unes aux autres les particules non fondues.

Le bloc représenté en fig. 2 a été coupé à partir d'une ébauche établie conformément au brevet anglais N° 1247674. Il comporte ainsi un recouvrement 26 en tissu de fibres de verre. La tête du faisceau laser 24 a encore pour rôle de fondre ce tissu le long du bord découpé en le rendant intégralement solidaire de la peau 22. Ainsi

un bloc découpé à partir d'une ébauche entourée d'une enveloppe de ce genre comporte une couche protectrice continue sur toute sa surface. Ce fait permet de découper un tel bloc sur une bordure de l'ébauche ou encore à partir de la région centrale de celle-ci, auquel cas la peau fondue est continue sur toute la périphérie.

On comprend qu'on peut également réaliser une peau protectrice en faisant passer le faisceau laser sur la périphérie d'un bloc déjà découpé. Cela est parfois souhaitable pour des applications spécifiques, mais en général il est plus pratique de procéder simultanément au découpage du bloc et à l'établissement de la peau.

La fig. 5 montre la représentation graphique de l'épaisseur d'une ébauche par rapport à la vitesse de découpage en utilisant un outil à laser CO<sub>2</sub> des types GL 250 W et GL 500 W provenant de la firme

Griesheim GmbH. Comme on peut le voir, il est toujours possible d'obtenir une vitesse de découpage plus élevée en utilisant un laser plus puissant (courbe 26), bien que pour les ébauches les plus épaisses la différence soit moins prononcée. Toutefois, exprimée en pourcentage, cette différence est relativement constante en ce sens qu'on obtient une amélioration de 55 à 60% avec l'outil le plus puissant. Les essais sur lesquels ces courbes sont basées utilisaient tous un gaz de découpage mais, comme aucune combustion se produit, le passage d'un gaz à un autre (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ou air) n'entraînait que des variations marginales. Comme il ressort de fig. 4, la vitesse de découpage optimale est celle pour laquelle substantiellement toute l'énergie du laser se trouve consommée pendant son passage sur ou à travers l'ébauche ou bloc.

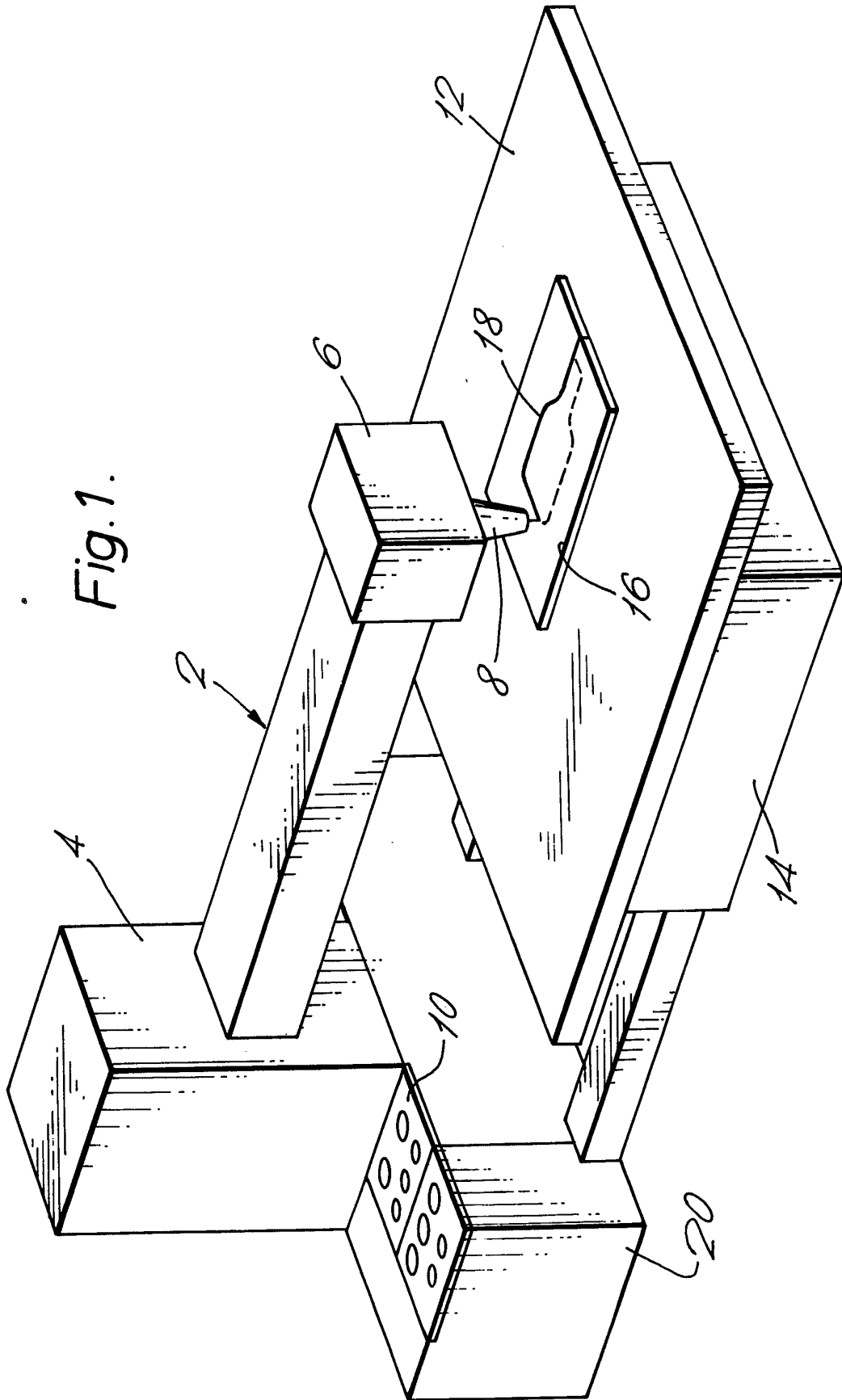


Fig.2.

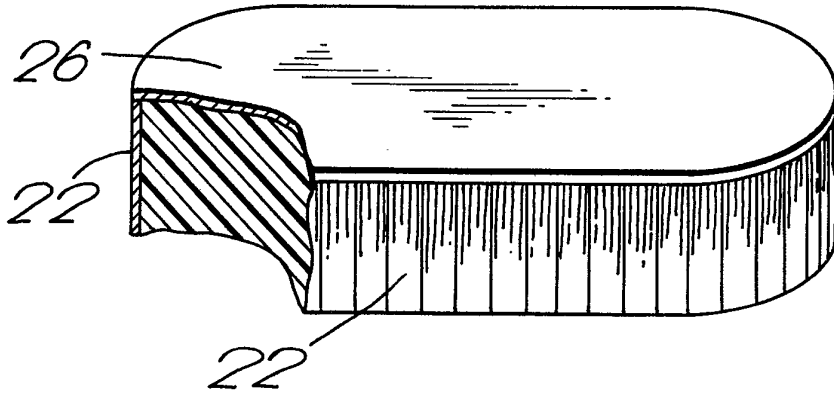


Fig.3.

