

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 477 059

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 04751

(54) Procédé de fabrication par moulage de lentille de contact et lentilles obtenues.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). **B 29 D 11/00; G 02 C 7/04.**

(22) Date de dépôt 28 février 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 36 du 4-9-1981.

(71) Déposant : MEDICORNEA SA, résidant en France.

(72) Invention de : Bernard Feurer.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Barre-Gatti-Laforgue,
95, rue des Amidonniers, 31000 Toulouse.

PROCEDE DE FABRICATION PAR MOULAGE DE LENTILLE

DE CONTACT ET LENTILLES OBTENUES.

L'invention concerne un procédé de fabrication, par moulage, d'une lentille de contact, constituant un produit fini ayant les qualités optiques requises pour être mise en place au contact d'un oeil et assurer les corrections recherchées.

On sait que les lentilles de contact sont traditionnellement réalisées par usinage à partir d'ébauches ou palets réalisés par polymérisation d'une composition monomère synthétique ; ces palets ou ébauches sont généralement obtenus par polymérisation dans des moules sans que leur fabrication s'accompagne de difficultés particulières, puisque les surfaces optiques sont ensuite usinées à partir de ceux-ci.

Cet usinage des palets pour donner aux lentilles leur forme définitive avec les qualités optiques requises est une opération longue, délicate, onéreuse, et qui requiert un personnel spécialisé nombreux. Pour supprimer cette opération d'usinage, on a eu l'idée de fabriquer directement par moulage les lentilles de contact, en assurant la polymérisation de la composition de base dans un moule fermé reproduisant en creux la forme définitive de la lentille à obtenir.

Toutefois, ce type de fabrication se heurte à un problème extrêmement difficile à résoudre en pratique, pour parvenir à obtenir des lentilles dont les surfaces présentent les qualités optiques requises et les bords une minceur et un profil adéquats pour être physiologiquement supportés par l'oeil. En effet, au cours de la polymérisation qui est en général produite à une température de l'ordre de 60 à 70°C, on constate des décollements de la matière de la lentille par rapport au moule avec formation de minuscules poches entre la lentille et les parois du moule ; les lentilles ainsi fabriquées sont inutilisables de sorte que, malgré leur intérêt apparent, ces procédés de moulage n'ont pu jusqu'à présent faire l'objet d'une exploitation effective sur le plan industriel.

Les spécialistes qui se sont penchés sur le problème ont expliqué le décollement des lentilles et la formation des poches par un phénomène de retrait que subirait la matière à chaud en cours de polymérisation.

Ainsi, dans la demande de brevet française

N° 77.08393, on a tenté de résoudre le problème en réalisant un moule spécial doté sur son pourtour de lèvres élastiques qui ont pour fonction de remplir l'espace vide ayant tendance à apparaître autour de la lentille afin d'éviter le décollement de la lentille et la formation des poches sus-évoquées.

On parvient ainsi à un certain résultat, ce qui a renforcé la thèse selon laquelle les difficultés provenaient des retraits de matière au cours de la polymérisation.

Toutefois, le procédé décrit dans la demande de brevet sus-évoquée exige la réalisation de moules de structure spéciale dont les lèvres élastiques très minces ont une rapide tendance à se détériorer. De plus et surtout, la bordure des lentilles fabriquées dans ces moules est généralement relativement épaisse et peu régulière ; lorsqu'elles sont posées, de telles lentilles présentent l'inconvénient d'être fréquemment déplacées par le mouvement des paupières qui s'accrochent sur leur bordure.

La présente invention vise un procédé de fabrication par moulage du type sus-évoqué, dans lequel on polymérise une composition de base dans un moule, composé de parties refermées étanchément l'une contre l'autre et reproduisant en creux la forme de la lentille à obtenir.

L'invention se propose de fournir une solution au problème de moulage sus-évoqué, sans avoir les inconvénients des solutions connues.

Un objectif de l'invention est en particulier de permettre d'obtenir par moulage en moule fermé une lentille ayant des surfaces optiques et des bords minces de qualités appropriées.

Un autre objectif est d'indiquer un procédé susceptible d'être mis en oeuvre dans des moules de structure simple, non soumis à des risques d'usure rapide.

A cet effet, le procédé de fabrication conforme à l'invention pour réaliser une lentille cornéenne de qualité optique appropriée par polymérisation d'une composition de base dans un moule fermé consiste :

. à réaliser le moule en un matériau transparent ou peu absorbant à l'égard des ondes électromagnétiques hyperfréquences, également désignées par micro-ondes, de fréquence

approximativement comprises entre 10^6 Hz et 10^{11} Hz, ledit moule étant réalisé de façon à posséder une inertie thermique très supérieure à celle de la quantité de composition de base nécessaire pour réaliser une lentille,

5 . à élaborer une composition de base à partir d'un ou de monomères à doubles liaisons polymérisables, ayant un caractère absorbant à l'égard des ondes hyperfréquences sus-évoquées,

. et à assurer la polymérisation de la
10 composition à l'intérieur du moule fermé, par irradiation de l'ensemble au moyen d'ondes hyperfréquences ayant la fréquence précitée, avec une densité de puissance adaptée pour conserver une température inférieure à approximativement 40° C au niveau/du moule.

On constate au cours de la mise en oeuvre
15 d'un tel procédé que la matière de la lentille demeure appliquée contre le moule et en épouse parfaitement la forme, aussi bien dans les zones centrales que sur la bordure de la lentille. A la fin de la polymérisation, la lentille comporte un état de surface satisfaisant sur le plan optique avec en particulier des bords réguliers qui reproduisent la conformation
20 indéformable du moule à ce niveau ; grâce à une forme appropriée du moule, ces bords peuvent donc avoir une épaisseur faible, décroissant progressivement conformément aux exigences requises pour les lentilles cornéennes et ce, de façon reproductible au cours de moulages successifs de séries de lentilles.

L'explication de l'obtention de ce résultat inattendu tient vraisemblablement dans les deux faits suivants : d'une part, contrairement à ce que l'on croyait, la formation des poches dans les procédés classiques provient au moins autant
30 des dilatations différentielles à chaud du moule et de la composition de base que des retraits de cette dernière, d'autre part, les retraits/au cours d'une polymérisation à température faible de la composition de base/ sont à eux seuls insuffisants pour produire un décollement.

35 Le procédé de l'invention conduit à dissiper l'énergie nécessaire à la polymérisation au coeur de la matière de la lentille, en évitant d'échauffer celle-ci trop fortement, et surtout en évitant d'échauffer le moule qui n'absorbe pratiquement pas d'énergie et possède une inertie thermique

élevée par rapport à la matière de la lentille. Le moule peut, le cas échéant, être refroidi extérieurement pour assurer un meilleur contrôle de la température.

Dans ces conditions, on évite des dilatations sensibles du moule, qui sont l'une des causes essentielles, semble-t-il, des difficultés rencontrées dans les procédés classiques, cependant que les retraits de la matière de la lentille deviennent acceptables.

De préférence, l'irradiation est effectuée au moyen d'ondes hyperfréquences de fréquence comprise entre 2.10^8 Hz et 4.10^9 Hz. On peut notamment choisir des fréquences industrielles (915 MHz ou 2450 MHz) qui conduisent en pratique à un appareillage de type courant ; en outre, dans cette bande de longueur d'onde, il est facile de trouver pour le moule un matériau très peu absorbant, par exemple polymère non chargé conçu pour des applications diélectriques. (pertes diélectriques faibles) tel que polypropylène pur, polyéthylène ou polytétrafluoroéthylène, cependant que de nombreuses compositions monomères à doubles liaisons polymérisables présentent un caractère absorbant à l'égard de ces ondes électromagnétiques (molécule dissymétrique apte à vibrer par excitation au moyen des hyperfréquences) et notamment les monomères vinyliques ou allyliques.

De préférence, un initiateur de polymérisation est mélangé à la composition de base, par exemple azobis iso butyronitrile, peroxydes, persulfates etc... Au début du processus, cet initiateur absorbe la chaleur dissipée par les ondes hyperfréquences au coeur de la composition, se décompose et facilite l'amorçage de la polymérisation.

Bien entendu, le matériau du moule doit être compatible avec la composition de base polymérisable, c'est-à-dire être parfaitement neutre à l'égard de celle-ci.

L'irradiation est de préférence assurée de sorte que la densité de puissance au niveau de l'ensemble moule/composition de base soit comprise entre $0,5.10^{-3}$ et 1000.10^{-3} watt/cm³.

Ce niveau de puissance est en général suffisant pour amorcer la réaction de polymérisation et entretenir convenablement celle-ci, tout en conservant une température modérée, inférieure à 40° C, et en particulier comprise entre

20 et 35° C.

On choisira de préférence pour constituer la composition de base un monomère ou un mélange de monomères ayant une molécule de volume élevé, en particulier du groupe
5 suivant : hydroxyéthyl méthacrylate, hydroxy propyl méthacrylate, hydroxyéthyl acrylate, éthylène glycol diméthacrylate, vinyl pyrrolidone, glycidyl méthacrylate, méthacrylamide, bisphénol A diméthacrylate, bis phénol A bis (2 hydroxypropyl méthacrylate), ces monomères présentent, au cours de la polymérisa-
10 tion à faible température, un retrait faible permettant d'obtenir une qualité parfaitement satisfaisante des lentilles.

Le monomère ou le mélange de monomères constituant la composition de base peut être mélangé avec des polymères linéaires ce qui réduit encore le retrait en cours de po-
15 lymérisation et permet dans certaines applications d'améliorer le résultat ; on peut en particulier mélanger les polymères linéaires suivants : polyglycidil méthacrylate, polyméthyl méthacrylate, polyvinyl pyrrolidone.

Il est possible de mettre en oeuvre le pro-
20 cédé de l'invention à la pression atmosphérique et c'est ainsi en pratique que l'on opérera généralement en vue de réduire le coût des appareillages nécessaires ; on a pu observer toutefois qu'une augmentation de la pression constituait un facteur favorable et, dans certaines applications, on pourra opérer à une
25 pression de l'ordre de 2 à 10 bars.

Le moule utilisé doit en pratique mettre en jeu une masse de matériau au moins 20 fois supérieure à celle de la quantité de composition de base nécessaire pour réaliser une lentille, de façon à assurer par l'inertie thermique une régula-
30 tion de température satisfaisante. Par exemple, pour une lentille de 0,03 g, on peut utiliser un moule en deux parties, ayant chacune une masse de l'ordre de 1g. Le cas échéant, la surface externe du moule peut être refroidie par un fluide en mouvement.

La description qui suit donne à titre non
35 limitatif, plusieurs exemples de mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention, qui ont été réalisés au moyen d'une installation et d'un moule, tels que schématisés aux dessins annexés ; sur ces dessins :

. la figure 1 est une vue en coupe axiale

des deux parties d'un moule, en position séparée,

. les figures 2 et 3 sont des vues schématiques, illustrant la mise en place de la composition de base dans le moule,

5 . la figure 4 est une vue schématique d'un tunnel d'irradiation pour la mise en oeuvre du procédé.

Avant de fournir les conditions spécifiques de mise en oeuvre des exemples, on va fournir ci-après les caractéristiques des matériaux permettant cette mise en oeuvre, 10 ainsi que les conditions du procédé communes aux divers exemples.

/décrit en l'exemple/

Le procédé vise à fabriquer par moulage des lentilles de contact hydrophiles (ou lentilles souples) ayant après moulage toutes les caractéristiques requises (géométriques, mécaniques et optiques) sans qu'il soit besoin de 15 leur faire subir des opérations d'usinage ou autres finitions.

On utilise à cet effet un moule formé de deux parties 1 et 2 (Fig. 1). Ce moule est fabriqué à partir d'un matériau transparent à l'égard des ondes hyperfréquences et 20 ne réagissant pas chimiquement avec les compositions de base généralement utilisées pour réaliser des lentilles hydrophiles (mélanges de monomères vinyliques et allyliques).

De plus, le matériau du moule doit permettre un démoulage facile de la lentille ; il doit également 25 mettre l'obtention de surface de moulage présentant une qualité de "poliglacé" compatible avec la qualité optique requise de la lentille finale.

Pour les exemples qui suivent, le moule est réalisé en polypropylène pur non chargé c'est-à-dire ne comportant aucun additif ayant un caractère absorbant à l'égard des 30 rayonnements utilisés. Les deux parties du moule sont obtenues par moulage par injection ; bien entendu, les moules peuvent le cas échéant être usinés et polis et obtenus par tout autre procédé.

35 La partie 1 présente une face concave la ayant un rayon R_a égal au rayon de la face convexe de la lentille à réaliser. Cette face 1a se prolonge par un méplat périphérique 1b incliné vers l'extérieur.

Extérieurement cette partie comporte un

flanc légèrement conique 1c qui s'interrompt en partie haute pour former une échancrure périphérique 1e, appelée à recevoir l'excédent de composition de base, qui est chassé en fin d'emboîtement des deux parties du moule.

5 En l'exemple la partie 1 est en outre évidée dans son volume non utile pour permettre une fabrication précise du moule par injection : cette partie/ est supportée par une collerette périphérique 1d.

Le diamètre total de cette partie est de l'ordre de 15 mm et son poids de l'ordre de 1g.

10 L'autre partie 2 du moule est destinée à venir coiffer la première partie 1 et possède un poids du même ordre. Elle comprend une face convexe 2a, ayant un rayon R_0 égal à celui de la face concave de la lentille à réaliser.

Cette face 2a se prolonge par un méplat 2b, 15 conjugué du méplat 1b et appelé à venir en appui contre celui-ci.

Cette partie 2 du moule comprend en outre un flanc conique 2c, de forme adaptée pour venir en appui contre le flanc 1c et assurer une bonne étanchéité grâce à un appui 20 portant sur une grande surface.

Au début des opérations, la composition de base est disposée en léger excédent dans la partie 1 du moule à l'intérieur du logement délimité par la face concave 1a, comme le schématise la figure 2.

25 La partie 2 est ensuite emboîtée sur la partie 1 jusqu'à ce que les méplats périphériques 1b et 2b et les flancs coniques 1c et 2c s'appliquent respectivement les uns sur les autres.

Au cours de cette opération, l'excédent de 30 la composition de base est chassé dans l'échancrure 1e. De façon générale, le poids de la composition de base restant entre les faces 1a et 2a n'excède pas 0,05 g environ pour une lentille hydrophile de type courant.

Un organe de serrage est ensuite mis en 35 place pour maintenir les deux parties du moule appliquées l'une contre l'autre (Fig. 3). Bien entendu cet organe est prévu en un matériau non absorbant à l'égard des ondes hyperfréquences.

L'ensemble est alors prêt pour la polymérisation. Il est disposé avec une pluralité d'autres moules

préparés de la même manière sur une bande transporteuse 3 en silicone (non absorbant à l'égard des hyperfréquences) ; cette bande passe dans un tunnel 4 qui est associé à un guide d'onde d'irradiation 5 muni de fentes de rayonnement appropriées. Le guide d'onde est de façon classique relié à un générateur hyperfréquence par une extrémité 5a. En outre, un conduit 6 permet de souffler dans le tunnel 4 un courant d'air à température déterminée, un conduit d'aspiration 7 étant prévu à l'autre extrémité du tunnel.

10 Une telle installation permet d'irradier le tunnel 4 au moyen d'ondes hyperfréquences qui en l'exemple présentent en particulier une fréquence égale à 2450 Mégahertz et une densité de puissance réglable.

Dans tous les exemples fournis ci-après, 15 on n'a observé au cours de la polymérisation aucune apparition de poche entre le moule et la matière de la lentille, et les lentilles obtenues présentaient des caractéristiques géométriques et optiques tout à fait satisfaisantes. Le polymère obtenu au terme de la polymérisation est remarquablement homogène 20 dans tout le volume de la lentille, ce qui est une qualité très favorable sur le plan optique.

Notons que les moules sont rigides et ne comportent aucune partie fragile ; ils ont pu être utilisés pour de nombreux essais sans détérioration apparente.

25

EXEMPLE 1

La composition de base disposée dans le moule fermé est la suivante :

Hydroxy éthyl méthacrylate (Hema)	: 72,18 % (en poids)
30 Hydroxy propyl méthacrylate (Hpma)	: 23,75 %
Hydroxy éthyl acrylate (Hea)	: 2,00 %
Ethylène glycol diméthacrylate (Egdma)	: 0,05 %
Polyvinyl pyrrolidone (PVP)	: 2,00 %
Azobis iso butyro nitrile (AIBN)	: 0,016 %

35

La température du courant d'air insufflé par le conduit 6 était de 20° C.

Dans cet exemple, les moules étaient disposés sur la bande transporteuse 3 de sorte qu'un nombre de 40 se trouve simultanément dans le tunnel. La vitesse de la bande

a été ajustée de sorte que chaque moule demeure 1 heure dans le tunnel.

La densité de puissance à l'intérieur du tunnel était de 40.10^{-3} W/cm³.

- 5 Les lentilles obtenues sont aptes à absorber environ 40 % d'eau (en poids par rapport au poids final de la lentille hydratée).

EXEMPLE 2

Vinyl pyrrolidone (VP)	: 59,8 %
Glycidyl méthacrylate (GMA)	: 35 %
10 Méthacrylamide (MC)	: 5 %
AIBN	: 0,016 %

Température du courant d'air	: 20 ° C
Nombre de moules sur la bande	: 30
Densité de puissance	: 20.10^{-3} W/cm ³
15 Temps de séjour de chaque moule	: 4 heures
Proportion d'eau absorbable par la lentille finie	: 70 %

EXEMPLE 3

VP	: 59,8 %
Polyglycidyl méthacrylate (PGMA)	: 39,9 %
20 Bisphénol A diméthacrylate (BPAD)	: 0,1 %
AIBN	: 0,016 %

Température du courant d'air	: 20° C
Nombre de moule sur la bande	: 40
Densité de puissance	: 40.10^{-3} W/cm ³
25 Temps de séjour de chaque moule	: 1 heure
Proportion d'eau absorbable	: 84 %

/peuvent être/ Il est à noter que les lentilles hydrophiles /obtenues à l'état sec, à l'état partiellement hydraté ou à l'état entièrement hydraté, par adjonction adéquate d'eau à la com-
30 position de base.

Bien entendu le procédé conforme à l'invention permet d'obtenir des lentilles non hydrophiles grâce à un choix approprié des monomères de base.

REVENDECATIONS

1/ - Procédé de fabrication d'une lentille de contact de qualité optique appropriée, du type consistant à polymériser une composition de base dans un moule étanche fermé reproduisant en creux la forme de la lentille à obtenir, ledit procédé étant caractérisé en ce que :

. on réalise le moule en un matériau transparent ou peu absorbant à l'égard des ondes électromagnétiques hyperfréquences, fréquence approximativement comprise entre 10^6 Hz et 10^{11} Hz, ledit moule étant réalisé de façon à posséder une inertie thermique très supérieure à celle de la quantité de composition de base nécessaire pour réaliser une lentille,

. on élabore une composition de base à partir d'un ou de monomères à doubles liaisons polymérisables, ayant un caractère absorbant à l'égard des ondes hyperfréquences sus-évoquées,

. et on assure la polymérisation de la composition à l'intérieur du moule fermé, par irradiation de l'ensemble au moyen d'ondes hyperfréquences ayant la fréquence précitée, avec une densité de puissance adaptée pour conserver une température inférieure à approximativement 40° C au niveau du moule.

2/ - Procédé de fabrication dans lequel la composition de base est un monomère ou un mélange de monomères vinyliques ou allyliques ou un mélange de ces monomères avec des polymères linéaires, caractérisé en ce que la polymérisation est assurée par irradiation au moyen d'ondes hyperfréquences de fréquence comprise entre $2 \cdot 10^8$ Hz et $4 \cdot 10^9$ Hz.

3/ - Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le matériau du moule est un polymère non chargé tel que polypropylène ou polyéthylène, la polymérisation de la composition de base étant assurée par irradiation au moyen d'ondes hyperfréquences de fréquence comprise entre $2 \cdot 10^8$ Hz et $4 \cdot 10^9$ Hz.

4/ - Procédé de fabrication selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que l'on ajoute à la composition de base un initiateur de polymérisation, adapté pour faciliter l'amorçage de la polymérisation de ladite composition.

5/ - Procédé de fabrication selon l'une

des revendications 1, 2, 3 ou 4, caractérisé en ce que la composition de base est un monomère ou un mélange de monomères ayant une molécule de volume élevé, du groupe suivant : hydroxyéthyl méthacrylate, hydroxy propyl méthacrylate, hydroxyéthyl
5 acrylate, éthylène glycol diméthacrylate, vinyl pyrrolidone, glycidyl méthacrylate, méthacrylamide, bis phénol Abis(2 hydroxy propyl méthacrylate)

6/ - Procédé de fabrication selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on mélange à la composition de base au moins un polymère linéaire, en particulier : poly gly-
10 cidyl méthacrylate, polyméthyl méthacrylate, polyvinyl pyrrolidone.

7/ - Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5 ou 6, caractérisé en ce que l'irradiation est assurée de sorte que la densité de puissance au niveau de l'ensemble moule/composition de base soit comprise entre $0,5.10^{-3}$ et 1000.10^{-3} watt/cm³.

8/ - Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, caractérisé en ce que le moule est refroidi extérieurement.

20 9/ - Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, caractérisé en ce que l'on opère sous une pression égale à la pression atmosphérique.

10/ - Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9, caractérisé
25 en ce que l'on opère sous une pression supérieure à la pression atmosphérique, de l'ordre de 2 à 10 bars.

11/ - Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que l'on utilise un moule mettant en jeu une masse de matériau au moins 20 fois supérieure à celle de la quantité de composition de base nécessaire pour réaliser une lentille.

12/ - Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 11 dans lequel on utilise un moule en deux parties, l'une ayant une face concave pour la formation
35 de la face convexe de la lentille, l'autre ayant une face convexe pour la formation de l'autre face de la lentille, caractérisé en ce que, après mise en place de la composition de base dans la partie à face concave, les deux parties de moule sont refermées étanchement l'une dans l'autre, grâce à des

12

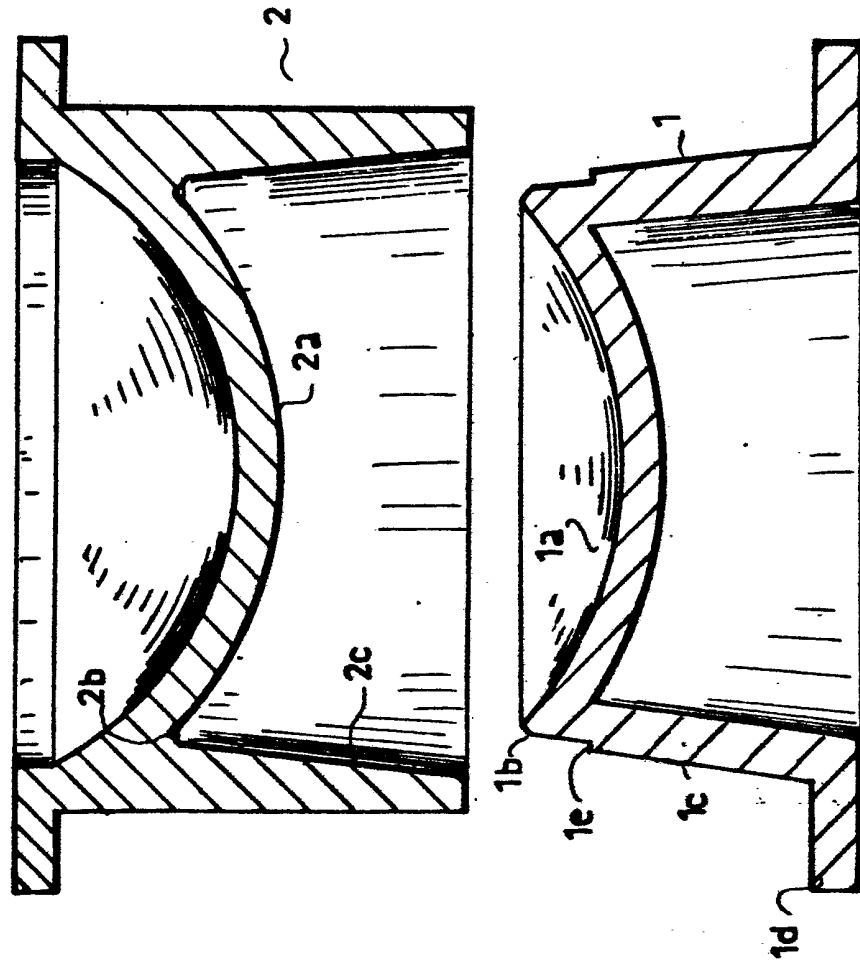
flancs périphériques légèrement coniques que comportent les deux parties de moule.

13/ - Lentille de contact réalisée par mise en oeuvre du procédé conforme à l'une des revendications

5 1 à 12.

1/2

Fig. 1



2/2

Fig. 2

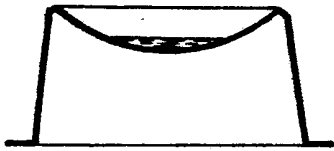


Fig. 3

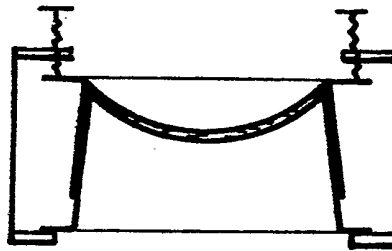


Fig. 4

