



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 674 822 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: B 32 B  
B 29 C 17/06  
51/14

**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

⑳ Numéro de la demande: 3020/87

㉔ Date de dépôt: 06.08.1987

㉓ Priorité(s): 09.08.1986 GB 8619464

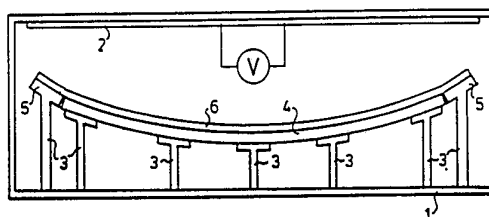
㉔ Brevet délivré le: 31.07.1990

④⑤ Fascicule du brevet  
publié le: 31.07.1990㉓ Titulaire(s):  
Glaverbel, Bruxelles (BE)㉔ Inventeur(s):  
Baudin, Pol, Fontaine l'Evêque (BE)㉔ Mandataire:  
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,  
Patentanwälte, Basel

## ⑤④ Procédé et dispositif pour donner une courbure à une feuille de matière thermoplastique et feuille obtenue par le procédé.

⑤⑦ Une feuille de matière thermoplastique (6) est surdimensionnée et les marges de celle-ci sont supportées par une bordure (5) du moule de bombage qui entoure la surface de moulage proprement dite (4). Après chauffage de la feuille, on la refroidit lentement et on la coupe aux dimensions voulues.

Ce procédé convient pour mettre en forme des feuilles de matière thermoplastique destinées à entrer dans la fabrication de vitrages feuilletés, par exemple des vitrages blindés.



## Description

La présente invention concerne un procédé tel qu'il est défini par le préambule de la revendication indépendante 1 ainsi qu'un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé.

Des panneaux feuilletés verre-plastique sont souvent utilisés lorsque le panneau est susceptible d'être soumis à l'impact. Des feuilles thermoplastiques situées à l'intérieur d'un tel panneau peuvent absorber de l'énergie lors d'un impact contre le panneau, protégeant ainsi de manière efficace l'espace situé derrière un tel panneau utilisé en guise de fenêtre. Une feuille thermoplastique constituant un feuillet extérieur du panneau servira à empêcher que des fragments de verre se détachent du panneau si celui-ci casse, réduisant ainsi le risque de blessure par des éclats de verre. Des panneaux courbés de ce type peuvent être utilisés en tant que parebrise ou autre vitrage de véhicules de différents types, notamment d'avions et d'automobiles.

Il est évidemment bien connu d'utiliser un film flexible mince de matière adhésive thermoplastique, telle que du polyvinylbutyral, pour former un vitrage feuilleté, mais il existe une tendance accrue d'utiliser aussi des matières thermoplastiques plus rigides puisque celles-ci présentent des propriétés de résistance à l'impact appréciables. De tels panneaux sont parfois évoqués sous le nom de «vitrages anti-agression» ou de «vitrages antiballes», et ils peuvent offrir une protection contre le tir d'armes à feu.

Les polycarbonates et les polyméthacrylates sont des exemples de matière thermoplastiques relativement rigides. Le fait que ces matières sont beaucoup plus raides que les matières qui sont habituellement assemblées au verre par feuilletage, telles que le polyvinylbutyral, fait apparaître un problème considérable: si la matière thermoplastique n'épouse pas bien la forme d'une feuille de verre bombée à laquelle elle doit être solidarisée, des forces réactives apparaîtront dans la matière thermoplastique du panneau feuilleté et tendront à l'écarter du verre et à délaminer le panneau. Le problème est particulièrement épineux lorsque le panneau feuilleté a un faible rayon de courbure et également autour des bords du panneau feuilleté, où les contraintes se concentrent. Il est doublement malheureux à cet égard que des parebrise de véhicules présentent souvent une courbure plus importante sur ou près de leurs bords.

Il est de ce fait souhaitable de donner aux feuilles de matière thermoplastique une courbure prédéterminée voulue avant le feuilletage. La matière thermoplastique peut être chauffée et on peut la laisser fléchir pour se conformer à un moule de bombage de dimensions et de forme appropriées. Mais ceci ne résout pas le problème de délaminage, spécialement autour du panneau, parce qu'on a remarqué que, lorsque la feuille de matière thermoplastique se refroidit après bombage, ses bords ont tendance à se recroqueviller, de sorte qu'elle ne se conformera pas à la courbure voulue à cet endroit. Un tel manque de conformité augmente aussi les difficultés de formation d'une bonne liaison entre les

feuilles dans un procédé de feuilletage. Un tel recroquevillement peut disparaître naturellement au cours du feuilletage, mais des contraintes résiduelles subsistent dans la matière thermoplastique tendant à provoquer le délaminage autour des bords du panneau feuilleté. Même si la feuille thermoplastique doit être utilisée en tant que telle sans feuilletage, un tel recroquevillement des bords est indésirable parce qu'il provoque des distorsions optiques aux bords de la feuille, et il rend la pose en châssis plus difficile.

Le but de la présente invention est de créer un procédé pour donner une courbure à une feuille de matière thermoplastique qui réduit, et dans des formes préférées de réalisation, qui élimine ce problème.

Ce but est atteint par l'invention définie par la revendication indépendante 1.

En opérant de cette manière, la tendance de la matière thermoplastique à se recroqueviller sur ses bords est réduite, et il est beaucoup plus simple d'obtenir la courbure voulue sur la totalité de la feuille qui doit être utilisée en tant que ou dans un vitrage. Un tel recroquevillement peut être limité à une bande périphérique relativement étroite qui est enlevée lors de la mise à dimension, et peut même être entièrement éliminé. Dès lors, on obtient un degré de conformité très élevé de la feuille thermoplastique à la courbure prédéterminée requise, ce qui assure que la feuille thermoplastique est de la forme voulue pour faciliter le montage en châssis ou le feuilletage ultérieur, et réduit fortement la tendance au délaminage.

Un autre problème peut survenir lorsqu'on bombe des feuilles thermoplastiques. On a remarqué qu'une certaine ondulation superficielle peut apparaître dans la matière thermoplastique après refroidissement, sauf si la matière thermoplastique a pu se refroidir à une vitesse très faible. Ceci implique un programme de production très lent qui est incompatible avec une fabrication à échelle industrielle. Un tel profil ondulé augmente également les difficultés de formation d'une bonne liaison entre les feuilles dans un procédé ultérieur de feuilletage. De telles ondes peuvent disparaître naturellement par pressage pendant le procédé de feuilletage, mais des contraintes résiduelles restent dans la matière thermoplastique, ce qui tend à provoquer un délaminage, spécialement des bords. Même si la feuille thermoplastique est à utiliser en tant que telle, sans feuilletage, une telle ondulation est préjudiciable parce qu'elle provoque des distorsions optiques.

Des facteurs qui semblent rendre ce problème plus aigu sont la conductibilité thermique relativement faible et le coefficient de dilatation thermique linéaire relativement élevé des matières thermoplastiques particulièrement concernées.

Le problème de l'obtention ou du maintien d'une qualité superficielle élevée de la matière thermoplastique tout en réduisant la durée requise pour le refroidissement pourrait donc être résolu en contrôlant la vitesse de refroidissement que manière que toute irrégularité de la contraction de la feuille thermoplastique pendant son refroidissement après bombage puisse être compensée par un écoulement

plastique à l'intérieur de la matière. En d'autres termes, un refroidissement plus rapide peut être toléré pendant que la matière thermoplastique est plus chaude et plus molle, mais lorsque la matière se refroidit et devient plus visqueuse, la vitesse de refroidissement doit être réduite.

Certaines formes spécialement préférées de réalisation de l'invention reposent sur notre découverte que ceci est tout à fait inexact. Nous avons en fait découvert l'exactitude du contraire. Pour cette raison, dans les formes préférées de réalisation de l'invention, tandis que la matière thermoplastique reste en contact avec la dite portion du surface du moule de bombage, on la fait ou la on laisse refroidir depuis son maximum de température pendant une première période à une première vitesse de refroidissement, et ensuite pendant une seconde période à une seconde vitesse de refroidissement qui est plus élevée que la première.

A notre grande surprise, nous avons trouvé que la vitesse de refroidissement est d'avantage critique lorsque la matière thermoplastique est près de la température maximum à laquelle elle est chauffée pour le bombage et que c'est à de telles températures que la vitesse de refroidissement doit être le plus soigneusement contrôlée, alors que des vitesses de refroidissement plus élevées peuvent être acceptées à des températures plus basses afin d'obtenir un temps de refroidissement total acceptable et d'obtenir une feuille thermoplastique de régularité superficielle acceptable. Ainsi qu'on l'a signalé, c'est le contraire de ce qu'on pourrait attendre, et nous ne pouvons à présent en expliquer la raison.

Les avantages d'une conformation précise d'une feuille thermoplastique à une courbure prédéterminée sont particulièrement manifestes dans des cas où la feuille doit ensuite être solidarisée à une ou plusieurs autre(s) feuille(s) ayant la même courbure pour former un panneau feuilleté.

Avantageusement, la ou chaque dite feuille thermoplastique est mise à dimension après solidarisation et un panneau feuilleté. Ceci facilite la découpe précise de la feuille de matière thermoplastique à la dimension et à la forme correcte.

Une telle feuille thermoplastique peut être solidarisée entre deux feuilles de verre de même forme. Dans ce cas, toutes contraintes résiduelles dans la matière thermoplastique seront réparties sur l'une et l'autre des faces solidarisées. La concentration de contraintes à tout point de la jonction verre/plastique sera dès lors approximativement la moitié de ce qu'elle serait si la matière thermoplastique était seulement solidarisée à une face d'une feuille de verre. L'invention est pour cette raison particulièrement avantageuse dans des procédés de fabrication d'un panneau feuilleté du type dans lequel de la matière thermoplastique est exposée sur au moins une face principale du panneau.

De préférence, une telle feuille de verre et une telle feuille thermoplastique sont disposées de part et d'autre d'un film adhésif thermoplastique et un plaque de moulage incurvée en verre est mise en contact avec la ou chaque face exposée de matière thermoplastique, et l'assemblage ainsi formé est

soumis à des conditions de température et de pression telles que les feuilles de verre et de matière thermoplastique se solidarisent l'une à l'autre. L'emploi d'une telle plaque de moulage favorise une régularité de surface élevée de la matière thermoplastique en contact avec elle.

Dans de telle formes de réalisation, on préfère que la ou chaque plaque de moulage incurvée en verre et la ou chaque feuille incurvée de verre destinée à faire partie d'un panneau feuilleté soient assemblées et bombées en même temps à la courbure voulue. Ceci constitue un moyen très approprié de s'assurer que les deux ou toutes les feuilles de verre reçoivent la même courbure.

La matière thermoplastique peut avoir été mise en feuilles par extrusion. En général, des feuilles extrudées ont une qualité de surface assez pauvre et elles ne sont pas suffisamment planes pour permettre une vision sans déformation, ce qui les exclut de différents usages. Toute irrégularité d'épaisseur de la matière thermoplastique peut rendre un tel panneau feuilleté insatisfaisant au point de vue commercial et même dangereux lorsqu'une bonne visibilité est importante, comme pour des parebrise de véhicules. Pour cette raison, il est connu de rectifier toute irrégularité de surface des feuilles thermoplastiques en soumettant les feuilles à un traitement de conditionnement de surface.

On a trouvé que, même si on peut rectifier beaucoup d'irrégularités de surface en chauffant la feuille thermoplastique de manière à la ramollir pendant qu'elle est soumise à une pression entre une paire de plaques de moulage, une certaine ondulation de surface apparaît néanmoins dans la matière thermoplastique après refroidissement et remise à la pression atmosphérique à la fin du traitement de conditionnement, même si on laisse la matière thermoplastique se refroidir à une vitesse très lente et si la matière thermoplastique n'adhère pas aux plaques de moulage avec lesquelles elle est en contact.

Ici encore, ce problème est d'autant plus aigu que la différence entre les coefficients de dilatation thermique linéaire de la plaque de moulage et de la matière thermoplastique augmente, et il doit aussi être imputable à cette différence.

Afin de résoudre ce problème, on préfère conditionner les surfaces d'une feuille thermoplastique par un procédé comprenant la prise en sandwich de la feuille thermoplastique entre une paire de plaques de moulage en verre et l'application au sandwich de conditions de température et de pression de manière à ramollir la matière thermoplastique et à exécuter le conditionnement requis des surfaces, et, avant d'enlever les dites plaques de moulage, faire ou laisser refroidir la matière thermoplastique depuis son maximum de température pendant une première période à une première vitesse de refroidissement, et ensuite pendant une seconde période à une seconde vitesse de refroidissement qui est plus élevée que la première.

Ceci permet également une réduction du temps de refroidissement nécessaire, et permet en même temps un degré élevé de régularité de la feuille thermoplastique conditionnée en surface.

Nous mettons en évidence l'utilisation de plaques

de moulage en verre parce qu'elle est particulièrement avantageuse du fait de la commodité avec laquelle une telle plaque de moulage peut être mise en forme tout en présentant une régularité de surface élevée, même si la différence entre les coefficients de dilatation thermique du verre et de nombreuses matières thermoplastiques concernées est assez importante.

On préfère spécialement qu'une feuille de verre flotté constitue la surface de moulage de la ou de chaque plaque de moulage en verre. En raison de la manière dont il est fabriqué, le verre flotté à une régularité de surface très élevée sans qu'un traitement ultérieur de surfaçage soit nécessaire. L'emploi de verre flotté ayant une épaisseur nominale comprise entre 4 mm et 8 mm, par exemple 6 mm, est spécialement recommandé parce que le verre flotté de cette épaisseur présente la meilleure qualité de surface.

Dans des formes de réalisation qui utilisent cette caractéristique préférée de l'invention, on préfère que plusieurs sandwichs constitués d'une feuille thermoplastique et de plaques de moulage en verre forment un sandwich multicouches, de sorte que toutes les feuilles thermoplastiques qui le constituent soient conditionnées simultanément. Ceci représente une utilisation plus efficace de l'installation et procure de la sorte un procédé plus économique.

Avantageusement, le traitement de conditionnement de surface est exécuté avant le bombage de la matière thermoplastique. Ceci évite la nécessité de fabriquer plusieurs plaques de moulage bombées ayant chacune la même courbure prédéterminée. La matière thermoplastique peut subir le conditionnement de surface à plat, et ceci simplifie fortement le processus.

On a trouvé que l'importance de la réduction de l'ondulation ou des contraintes irrégulières dans la matière thermoplastique par le contrôle du refroidissement dépend de la vitesse de refroidissement au cours des première et seconde périodes de refroidissement, et aussi de la température à laquelle commence le refroidissement non contrôlé. Pour cette raison, l'adoption d'une ou de plusieurs des caractéristiques préférées suivantes de l'invention est recommandée:

la durée de la ou au moins une, et de préférence chaque, première période de refroidissement est telle que la température de la matière thermoplastique tombe de 20°C à 60°C;

la durée de la ou au moins une, et de préférence chaque, première période de refroidissement est comprise entre 40 et 90 minutes;

la somme des durées de la ou au moins une, et de préférence chaque, première et seconde période de refroidissement est comprise entre 90 et 150 minutes;

la durée de la ou au moins une, et de préférence chaque, seconde période de refroidissement est telle que la température de la matière thermoplastique tombe de 100°C;

la durée de la ou au moins une, et de préférence chaque, seconde période de refroidissement est telle que la température de la matière thermoplastique tombe de 80°C.

Pour des raisons similaires, il est également avantageux d'adopter une ou les deux caractéristiques préférées suivantes:

pendant la ou au moins une, et de préférence chaque, première période de refroidissement, on fait ou on laisse refroidir la matière thermoplastique à une vitesse qui ne dépasse pas 2°C par minute, et qui de préférence ne dépasse pas 1°C par minute; et pendant la ou au moins une, et de préférence chaque, seconde période de refroidissement, on fait ou on laisse refroidir la matière thermoplastique à une vitesse qui ne dépasse pas 5°C par minute, et qui de préférence ne dépasse pas 2,5°C par minute.

On a trouvé que de telles vitesses de refroidissement sont tout-à-fait compatibles avec des rendements de production industrielle courants.

On notera que la matière thermoplastique ne doit adhérer à la plaque de moulage ni au cours du traitement de conditionnement de surface, ni au cours du traitement de feuilletage. Si l'élimination ultérieure de la plaque de moulage s'avère en fait toujours possible pratiquement, elle abîmerait cependant quasi inévitablement la surface de la matière thermoplastique si une telle adhérence se produisait. Certaines feuilles de matière thermoplastique n'adhèrent normalement pas au verre pendant les traitements envisagés, à condition d'utiliser un enduit ou un adhésif particulier. D'autres matières peuvent adhérer si on ne prend pas certaines précautions pour éviter cette adhérence. Afin d'empêcher l'adhérence de manière sûre, il peut donc être préférable que la ou chaque plaque de moulage en verre porte une couche anti-adhérente, par exemple d'un produit fluorocarboné tel qu'un fluoroalkyl-sulfonate, spécialement avec radical alkyl C14 à C18.

Comme mentionné déjà ci-dessus, plusieurs problèmes concernés par certaines formes de réalisation de la présente invention sont d'autant plus aigus que le coefficient de dilatation thermique linéaire de la matière thermoplastique est plus élevé. Pour cette raison, des formes de réalisation de l'invention dans lesquelles le coefficient de dilatation thermique linéaire de la matière de la ou d'au moins une feuille thermoplastique est au moins 43.10<sup>-6</sup>°C<sup>-1</sup>, c'est-à-dire environ 5 fois celui du verre sodo-calcique ordinaire, présentent une valeur commerciale particulièrement importante.

La valeur commerciale de ces formes préférées de réalisation de l'invention dans lesquelles la matière des feuilles thermoplastiques a un coefficient de dilatation thermique linéaire relativement élevé ne dépend pas toujours uniquement de la résolution des difficultés dues à l'importance de la contraction thermique. D'autres propriétés de la matière thermoplastique doivent aussi être prises en considération.

Dans certaines formes préférées de réalisation de l'invention, la ou au moins une feuille thermoplastique est une feuille de polycarbonate. Les polycarbonates ont, outre leur coefficient de dilatation thermique, des propriétés physiques particulièrement intéressantes qui justifient leur incorporation dans des panneaux feuillets destinés à différents usages, en particulier leur aptitude à dissiper de

l'énergie en cas de rupture ou de tentative de rupture du panneau feuilleté. Des métacrylates présentent également de bonnes propriétés pour les buts poursuivis, ainsi que certains chlorures de polyvinyl et certains polyuréthanes.

D'autres propriétés de la matière des feuilles thermoplastiques sont également importantes. Par exemple, une résistance élevée aux griffes revêt une importance commerciale considérable lors de la manipulation d'une feuille thermoplastique, par exemple avant son incorporation dans un panneau feuilleté, et spécialement pour toute surface exposée en matière thermoplastique d'un panneau feuilleté fini.

Quoiqu'il soit parfois possible de sélectionner la matière des feuilles thermoplastiques pour sa bonne résistance à l'abrasion, en raison de sa dureté, il est en général plus aisé d'augmenter la dureté superficielle de la feuille par application d'une couche appropriée, par exemple au moyen d'une résine synthétique qui peut, pour l'une ou l'autre raison, ne pas convenir pour former la totalité de l'épaisseur de la feuille. Pour cette raison, dans des formes préférées de réalisation de l'invention, la ou au moins une feuille thermoplastique porte au moins un revêtement superficiel qui est, ou que l'on peut traiter pour devenir, plus dur que la matière thermoplastique de cette feuille.

Dans de telles formes préférées de réalisation, il convient particulièrement que ce traitement du/des revêtement(s) superficiel(s) soit effectué pendant le conditionnement de surface. Un tel traitement peut aussi être effectué pendant le bombage. Ceci évite la nécessité d'un traitement séparé, et réalise donc une économie de temps et, dans le cas d'un traitement thermique, d'énergie calorifique.

Un revêtement superficiel de mélamine est avantageux en raison de ses propriétés excellentes pour les buts que l'on poursuit. D'autres matières de revêtement qui peuvent être avantageusement utilisées sont des résines polysiloxane et des résines polymérisables par faisceau d'électrons ou par ultra-violet, par exemple celles décrites dans la demande de brevet britannique n° 2 131 324 A.

Avantageusement, la portion de surface du moule de bombage et la bordure du moule de bombage sont constituées d'éléments séparables. Cette disposition facilite la séparation du moule de bombage et de la feuille de matière thermoplastique mise en forme, et permet l'utilisation de matériaux différents pour les portions séparables du moule de bombage.

Les matériaux constituant les portions du moule de bombage ne sont pas critiques. La forme de la portion de surface du moule de bombage ayant les dimensions et la courbure voulues est cependant très importante. De préférence, la dite portion de surface du moule de bombage de dimensions et de courbure voulues est constituée par une face d'une feuille incurvée en verre. Il est beaucoup plus facile d'obtenir avec du verre plutôt qu'avec toute autre matière une portion de surface du moule de bombage de courbure précise et de haute qualité superficielle. La bordure peut être réalisée en polytétrafluoréthylène ou en bois, par exemple.

La forme de la surface de moulage du moule de bombage est particulièrement importante dans les cas où les feuilles thermoplastiques doivent ensuite être solidarisées à une feuille de verre incurvée. Si la matière thermoplastique doit se conformer de manière précise au verre auquel on doit la solidariser, il est évident que cette portion du moule de bombage doit aussi s'y conformer de manière précise. La manière la plus simple de s'en assurer est que la dite portion de surface du moule de bombage de dimensions et de courbure voulues soit constituée par une face de la feuille incurvée en verre à laquelle la feuille thermoplastique doit ensuite être solidarisée. Des formes de réalisation de l'invention incorporant cette caractéristique sont dès lors préférées. L'adoption de cette caractéristique préférée implique que la surface de moulage du moule de bombage soit changée pour chaque feuille thermoplastique. Ceci n'est pas désavantageux, même lorsqu'on fabrique des séries, par exemple, de parebrise devant être adaptés à des automobiles de même modèle, et qui doivent pour cette raison avoir les mêmes dimensions et courbure nominales. En fait, dans la production d'une série donnée de panneaux incurvés destinés à des parebrise de véhicules, on sait qu'on peut tolérer une petite variation de courbure d'un panneau à l'autre. Toutefois, on a remarqué qu'une conformité précise entre une feuille thermoplastique et une feuille de verre à laquelle la feuille thermoplastique doit être solidarisée est exigée et peut souvent être plus contraignante, et ceci justifie dès lors l'utilisation en tant que forme de bombage de la feuille incurvée en verre à laquelle la feuille thermoplastique doit être solidarisée. Evidemment, pendant le bombage d'une série de feuilles thermoplastiques à la même courbure nominale dans un tel cycle de production, il n'est généralement pas nécessaire de changer la bordure de la forme de bombage.

De préférence, on fait ou laisse la matière thermoplastique prendre la forme d'une surface de moulage concave. On a trouvé que ceci simplifie l'obtention de la conformité de surface voulue.

Il est particulièrement important d'obtenir une bonne conformité sur les bords de la feuille thermoplastique après mise à dimension. Afin de favoriser cette conformité, on préfère que la courbure de la bordure du moule de bombage soit plus forte que celle du bord de la portion de surface du moule de bombage de dimensions et de courbure voulues. De manière surprenante, on a trouvé que cette disposition donne les meilleurs résultats, même lorsqu'on fait ou laisse la matière thermoplastique prendre la forme d'une surface de moulage concave.

La présente invention inclut une feuille de matière thermoplastique transmettant la lumière qui a été bombée par un procédé tel que décrit ci-dessus; elle inclut un panneau feuilleté transmettant la lumière comprenant au moins une feuille de verre incurvée solidarisée à au moins une telle feuille bombée de matière thermoplastique, ainsi qu'un panneau feuilleté transmettant la lumière fabriqué par un procédé tel que décrit ci-dessus.

La présente invention s'étend à un dispositif pour donner une courbure prédéterminée, à une feuille

de matière thermoplastique, tel qu'il est défini par la revendication 12.

Ce dispositif offre une solution très simple pour conformer une feuille de matière thermoplastique à une feuille incurvée en verre. La bordure de la forme de bombage peut être utilisée pour supporter une portion marginale d'une feuille thermoplastique de manière à la laisser se dilater et se contracter librement lors de son chauffage et de son refroidissement, et en combinaison avec les moyens permettant le refroidissement contrôlé, elle permet le refroidissement plus uniforme de la feuille thermoplastique, réduisant ainsi le risque de distorsion de la feuille dû à une contraction irrégulière.

Avantageusement, la surface de moulage du moule de bombage est délimitée par une face d'une feuille incurvée en verre. Il est très facile de réaliser une forme de bombage incurvée en verre possédant une surface lisse de haute qualité. De préférence, la dite feuille de verre est une feuille de verre flotté. La verre formé par le procédé de flottage a une qualité de surface particulièrement bonne sans qu'il soit nécessaire de lui faire subir des traitements de surface spéciaux.

Le moule de bombage a de préférence une surface de moulage concave. On a trouvé qu'il est plus simple de conformer une feuille thermoplastique à une face concave de courbure donnée plutôt qu'à une face convexe de même courbure.

Dans des formes préférées de réalisation de l'invention, la courbure de la bordure est plus forte que la courbure du bord de la surface de moulage proprement dite du moule de bombage. On a trouvé que cette disposition est particulièrement intéressante lorsque la courbure qu'on désire donner à la feuille thermoplastique a un rayon relativement petit, spécialement au voisinage des bords de la surface de moulage du moule de bombage, et lorsqu'on désire conférer une courbure gauche à la feuille de matière thermoplastique.

La présente invention sera maintenant décrite plus en détails, au moyen d'exemples, en se référant aux dessins schématiques annexés dans lesquels:

la figure 1 est une représentation d'une forme de réalisation d'un dispositif selon l'invention;

la figure 2 est un graphique représentant des cycles de températures de deux procédés spécifiques pour conformer une feuille de matière thermoplastique à une feuille incurvée en verre, selon la présente invention;

la figure 3 est une coupe schématique d'un dispositif pour conditionner la surface d'une feuille de matière thermoplastique avant de la conformer à une feuille de verre;

la figure 4 est une coupe schématique d'un dispositif pour solidariser un panneau feuilleté incurvé, et

la figure 5 représente un cycle pression-température qui est utilisé dans un exemple spécifique d'un procédé pour conditionner la surface d'une feuille de matière thermoplastique.

Dans la figure 1, un autoclave 1 contient un dispositif de chauffage de voûte 2 connecté à une alimen-

tation variable V. A l'intérieur de l'autoclave 1 se trouve un dispositif de bombage qui est constitué de deux parties et est porté par plusieurs supports 3. La première partie du moule de bombage consiste en une feuille, de préférence en verre, et de préférence en verre flotté, qui délimite une surface de moulage 4 de dimensions et de courbure requises. Une bordure 5 entoure le bord de la feuille de verre constituant la surface de moulage 4. Une feuille de matière thermoplastique 6 est représentée, se conformant à la surface de moulage 4 du moule de bombage et à la surface de la bordure 5. La périphérie de la surface de moulage 4 du moule de bombage est contigüe à la périphérie interne de la bordure 5 du moule de bombage à la surface de travail de la forme de moulage, et la bordure 5 est disposée de telle manière que le rayon de courbure de la bordure 5 du moule de bombage est plus petit que celui de la marge de la surface de moulage 4 du moule de bombage.

#### Exemple 1

On désire conformer une feuille de polycarbonate à la face concave d'une feuille de verre ayant une courbure prédéterminée voulue. La feuille de verre est placée dans le dispositif représenté à la figure 1 pour constituer la surface de moulage 4 du moule de bombage, et une feuille plane, surdimensionnée de polycarbonate est déposée au-dessus de la surface de moulage 4 du moule de bombage et de la bordure 5. Le dispositif de chauffage 2 est ensuite mis en route, en prenant soin de s'assurer que la feuille de verre constituant la surface de moulage 4 et la feuille de polycarbonate 6 sont chauffées de manière aussi uniforme que possible, et la feuille de polycarbonate est chauffée jusqu'à une température d'environ 155°C en environ deux heures un quart ainsi que l'indique la ligne continue de la figure 2. Cette température est maintenue pendant environ une heure, à la fin de laquelle le polycarbonate s'est affaissé et a épousé la forme de la feuille de verre constituant la surface de moulage 4; on réduit ensuite la puissance fournie au dispositif de chauffage 2 en agissant sur l'alimentation variable V, de sorte que le polycarbonate refroidit à partir de sa température maximum pendant une première période d'environ une heure un quart à raison de 0.5°C par minute. L'alimentation est de nouveau réduite et on laisse le polycarbonate refroidir à raison de 1°C par minute pendant une seconde période de refroidissement, également d'une heure un quart. Lorsque le polycarbonate a atteint la température de 50°C, on ouvre l'autoclave et on laisse le polycarbonate refroidir naturellement. Les bords surdimensionnés du polycarbonate sont ensuite découpés à dimension. La feuille de polycarbonate a un degré très élevé de conformité avec la feuille de verre 4, même sur ses bords.

En variante de cet exemple, on désire conformer le polycarbonate à une face convexe d'une feuille incurvée en verre. Pour effectuer cette opération, la feuille incurvée en verre est bombée par une technique connue en soi en contact face à face avec une seconde feuille de verre dont la face concave correspond à la face convexe de la première

feuille. Dans ce cas, c'est la seconde feuille de verre qui est placée dans le dispositif de la figure 1 en tant que moule de bombage.

Dans une seconde variante de cet exemple, le polycarbonate est soumis à un chauffage plus rapide et reste plus longtemps à son maximum de température. Cette variante de procédé est particulièrement appropriée pour obtenir une courbure gauche et/ou faibles rayons de courbure, et elle est représentée en trait mixte dans la figure 2. La température du polycarbonate est portée à 140°C en une heure environ et ensuite à 155°C en une demi-heure. Il reste à cette température pendant environ deux heures et demie, et est ensuite soumis au cycle de refroidissement décrit ci-dessus.

La figure 3 représente un autoclave 7 dans lequel est disposé un sandwich comprenant une feuille 8 en matière thermoplastique, par exemple en polycarbonate, disposée entre deux plaques de moulage planes 9 en verre, constituées de verre flotté de 6 mm. Chaque plaque de moulage en verre 9 porte sur chacune de ses faces un revêtement facultatif anti-adhésif constitué par exemple d'une fluoro-alkylsulfonate de potassium tel que FC129 de 3M.

Un tel revêtement anti-adhérent peut être déposé par pulvérisation ou par immersion.

On notera que plusieurs sandwiches constitués d'une feuille thermoplastique telle que celle indiquée en 8 et de plaques de moulage en verre 9 portant sur chacune de leurs faces un revêtement anti-adhérent peuvent former un sandwich multicouche, de sorte que toutes les feuilles thermoplastiques qui le constituent soient conditionnées simultanément.

Un tore en matière élastomère est fendu pour définir des lèvres 11 qui sont placées en contact avec les marges des plaques de moulage 9 (externes) de manière à délimiter un espace 12 autour des tranches du sandwich. Cet espace 12 est en communication avec une pompe à vide (non représentée) via une canalisation 13. L'espace intérieur 14 de l'autoclave 7 est connecté à une autre pompe (également non représentée) via une seconde canalisation 15. L'autoclave est pourvu de moyens de chauffage qui ne sont pas représentés sur le dessin.

### Exemple 2

Une feuille extrudée de polycarbonate de 6 mm d'épaisseur nominale est assemblée entre des feuilles de verre flotté de 6 mm d'épaisseur servant de plaques de moulage. Le verre est préalablement revêtu sur chacune de ses faces d'un agent anti-adhérent. Le sandwich est placé à l'intérieur du dispositif représentée à la figure 3 et est soumis aux cycles de température et de pression représentés à la figure 5.

La pression  $P_{14}$  (trait continu dans la figure 5), à l'intérieur 14 de l'autoclave, qui agit sur les faces principales du sandwich est augmentée pendant une période d'environ une heure de 10<sup>5</sup>Pa jusqu'à environ 13.10<sup>5</sup>Pa, et elle est maintenue à cette valeur pendant environ 3 heures.

Il importe que la pression  $P_{14}$  sur les faces principales du sandwich soit exercée par un milieu fluide, tel que du gaz, plutôt que par calandrage ou par l'utilisation de toute forme de presse mécanique, parce que ceci assure une pression uniforme sur ces faces, ce qui, à son tour, conduit à un traitement plus uniforme de la feuille de matière thermoplastique.

La pression  $P_{13}$  (trait interrompu dans la figure 5) à l'intérieur du conduit 13 est réduite à environ 1333Pa de manière à éviter l'emprisonnement d'air entre le polycarbonate et les plaques de moulage, et est maintenue à cette valeur basse pendant environ 2 heures, et elle est ensuite portée à environ 13.10<sup>5</sup>Pa, par exemple en ouvrant une communication entre les canalisations 13 et 15.

La température  $T$  (trait d'axe dans la figure 5) de la feuille de polycarbonate est élevée jusqu'à 140°C à 150°C sur une période de 75 minutes, et elle est maintenue à cette valeur pendant 30 minutes. On laisse ensuite refroidir le polycarbonate à raison de 0,5°C/min pendant une première période d'environ 60 minutes, et la vitesse de refroidissement est ensuite portée à environ 1°C/min pendant une seconde période de refroidissement d'environ 75 minutes. A la fin de cette seconde période de refroidissement, lorsqu'une durée totale de 4 heures s'est écoulée, la température du polycarbonate est environ 50°C, et à ce stade, on laisse revenir la pression à l'intérieur de l'autoclave à la pression atmosphérique et on laisse le sandwich, qui est à l'intérieur, refroidir naturellement. L'autoclave peut alors être ouverte après environ 15 autres minutes, et le polycarbonate et les plaques de moulage peuvent être enlevés.

A la fin du procédé, l'épaisseur de la feuille de polycarbonate s'est réduite à environ 5 mm et sa surface est substantiellement plane, ce qui permet de voir très clairement à travers elle.

La feuille de polycarbonate résultante est tout-à-fait capable de satisfaire au test de distorsion optique décrit au «Moniteur Belge» du 4 février 1981, page 1165 à 1170.

En variante de cet exemple, une face d'une feuille de polycarbonate est prérevêtue d'une résine mélamine. La feuille de polycarbonate portant le revêtement est ensuite soumise à un traitement de conditionnement de surface substantiellement identique au cycle mentionné ci-dessus; on trouve après ce traitement que le revêtement superficiel a polymérisé in situ. Le revêtement superficiel résultant est plus dur et résiste mieux aux griffes que le polycarbonate non revêtu. On obtient la même régularité de surface.

La feuille de polycarbonate résultante conditionnée superficiellement est alors bombée à une courbure prédéterminée par un procédé tel que celui établi dans l'exemple 1.

Le produit du procédé de cet exemple convient parfaitement pour être incorporé dans un vitrage feuilleté, par exemple en tant que feuillet extérieur de ce vitrage.

Un dispositif approprié pour solidariser un panneau feuilleté par un procédé selon l'invention est il-

lustré dans la figure 4. En fait, ce dispositif est très similaire à celui illustré dans la figure 3, et on alloue les mêmes références numériques aux différentes parties du dispositif dans la figure 4 que dans la figure 3.

Un sandwich est constitué d'une feuille incurvée en verre 4, d'une feuille de matière thermoplastique qui s'y conforme 6, et d'un film intermédiaire 16 de matière adhésive thermoplastique. On représente en traits interrompus un second film adhésif 17 entre la feuille de matière thermoplastique 6 et une seconde feuille incurvée en verre 18, pour solidariser, si nécessaire, cette seconde feuille de verre au panneau feuilleté à former. Si la feuille de matière thermoplastique 6 doit constituer un feuillet externe du panneau feuilleté fini, le second film 17 de matière adhésive est alors omis. La totalité du sandwich est assujettie au moyen d'un tore 10 et placée dans l'autoclave ainsi qu'on l'a décrit en se référant à la figure 1. La première feuille de verre 4 peut porter un revêtement favorisant l'adhérence et la seconde feuille de verre 18 peut porter un revêtement favorisant l'adhérence ou un revêtement empêchant l'adhérence, selon qu'elle doit ou ne doit pas être solidarisée dans le panneau feuilleté, comme on le souhaite. En variante, la seconde feuille de verre 18 est omise.

On notera qu'on peut, par un procédé selon cet aspect de l'invention, solidariser en un panneau feuilleté autant de feuilles de matière thermoplastique et de verre entre lesquelles sont insérés des films de matière adhésive, qu'on le désire. Seulement à titre d'exemple, le sandwich à solidariser en panneau feuilleté comprend un sous-ensemble consistant en quatre feuilles de verre entre lesquelles sont insérés seulement des films de matière adhésive, ce sous-ensemble étant pourvu d'un autre film adhésif pour y solidariser une feuille unique de matière thermoplastique sur une face de ce sous-ensemble.

#### Exemple 3

Afin de fabriquer un parebrise incurvé de véhicule, on constitue un sous-ensemble formé d'une feuille de verre et d'une feuille de polycarbonate entre lesquelles est inséré un film adhésif de polyuréthane. La feuille de verre a 6 mm d'épaisseur et elle peut être prérevêtue, si nécessaire, d'une couche favorisant l'adhérence. Le polyuréthane utilisé a 2 mm d'épaisseur. La feuille de polycarbonate utilisée est le produit revêtu de mélamine des exemples 2 et 1, tel que décrit ci-dessus, le revêtement de mélamine se trouvant évidemment à l'opposé du verre.

Une plaque de moulage en verre 18 portant un revêtement empêchant l'adhérence est ensuite assemblée contre la feuille de polycarbonate, et l'ensemble est enfermé dans le tore fendu et placé dans l'autoclave, où il est soumis aux cycles de pression et de température pour en effectuer la solidarisation en un panneau feuilleté.

Dans une première période du traitement de solidarisation, la pression agissant sur les faces principales, de l'ensemble est maintenue proche de la pression atmosphérique, tandis que les espaces en-

tre les feuilles sont soumis à de la basse pression en réduisant la pression dans la canalisation 7 pour effectuer le dégazage du sandwich. On augmente la température dans l'autoclave. Ensuite, dans une seconde période, l'intérieur 6 du tore 4 est mis en communication avec le reste de l'intérieur 8 de l'autoclave, et la pression y est augmentée pendant que l'ensemble est chauffé pour effectuer la solidarisation finale.

On trouve à la fin du procédé que le panneau feuilleté est fermement solidarisé et que ses surfaces sont substantiellement régulières et permettent de voir clairement à travers lui. Le panneau feuilleté résultant est tout-à-fait apte à satisfaire au test de distorsion optique décrit dans le «Moniteur Belge» du 4 février 1981, pages 1165 à 1170.

#### Exemple 4

En variante de l'exemple 3, le sous-ensemble 4, 16, 6 est simultanément solidarisé au second film 17 de matière adhésive (de nouveau du polyuréthane de 2 mm d'épaisseur) et à la seconde feuille de verre 18 qui, dans cet exemple, est revêtue d'une couche d'impression l'adhérence.

#### Revendications

1. Procédé pour donner une courbure à une feuille de matière thermoplastique dans lequel une feuille thermoplastique est bombée en la plaçant contre une face d'un moule de bombage ayant une surface de la courbure voulue, en chauffant la feuille thermoplastique et en la faisant ou en la laissant prendre la forme de la dite surface, caractérisé en ce qu'on place une feuille thermoplastique surdimensionnée contre un moule de bombage dont une portion de surface possède les dimensions et la courbure requises et est entourée d'une bordure, on chauffe la feuille thermoplastique et on la fait ou on la laisse prendre la forme de la dite portion de surface tandis que ses marges surdimensionnées sont supportées par la dite bordure, on refroidit ensuite la feuille thermoplastique à une allure suffisamment lente pour maintenir une telle forme, et en ce que la feuille thermoplastique est ensuite mise à dimension.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la feuille de matière thermoplastique est bombée et ensuite assemblée à au moins une feuille incurvée en verre, les feuilles assemblées étant soumises à des conditions de température et de pression pour effectuer leur solidarisation en un panneau feuilleté.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le dit panneau feuilleté est du type dans lequel de la matière thermoplastique est exposée sur au moins une face principale du panneau.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, tandis qu'elle reste en contact avec la dite portion de surface du moule de bombage, on fait ou on laisse refroidir la matière thermoplastique depuis son maximum de température pendant une première période à une première vitesse de refroidis-

sement, et ensuite pendant une seconde période à une seconde vitesse de refroidissement qui est plus élevée que la première.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que avant le bombage de la feuille thermoplastique, les surfaces de celle-ci sont conditionnées par un procédé comprenant la prise en sandwich de la feuille thermoplastique entre une paire de plaques de moulage en verre et l'application au sandwich de conditions de température et de pression de manière à ramollir la matière thermoplastique et à exécuter le conditionnement requis des surfaces, et en ce que, avant d'enlever les dites plaques de moulage, on fait ou on laisse refroidir la matière thermoplastique depuis son maximum de température pendant une première période à une première vitesse de refroidissement, et ensuite pendant une seconde période à une seconde vitesse de refroidissement qui est plus élevée que la première.

6. Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que, pendant la ou au moins une, et de préférence chaque, dite première période de refroidissement, on fait ou on laisse refroidir la matière thermoplastique à une vitesse qui ne dépasse pas 2°C par minute, et qui de préférence ne dépasse pas 1°C par minute.

7. Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que, pendant la ou au moins une, et de préférence chaque, dite seconde période de refroidissement, on fait ou on laisse refroidir la matière thermoplastique à une vitesse qui ne dépasse pas 5°C par minute, et qui de préférence ne dépasse pas 2,5°C par minute.

8. Procédé selon l'une des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que la durée de la ou au moins une, et de préférence chaque, dite première période de refroidissement est telle que la température de la matière thermoplastique tombe de 20°C à 60°C.

9. Procédé selon l'une des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que la durée de la ou au moins une, et de préférence chaque, dite première période de refroidissement est comprise entre 40 et 90 minutes.

10. Procédé selon l'une des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que la somme des durées de la ou au moins une, et de préférence chaque, dite première et dite seconde période de refroidissement est comprise entre 90 et 150 minutes.

11. Procédé selon l'une des revendications 4 à 10, caractérisé en ce que la durée de la ou au moins une, et de préférence chaque, dite seconde période de refroidissement est telle que la température de la matière thermoplastique tombe de 100°C.

12. Dispositif de mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une moule de bombage ayant une surface de dimensions et de courbure voulues et une bordure, des moyens pour chauffer et ramollir une feuille thermoplastique de manière qu'elle se conforme à la dite surface de bombage, tandis que les bords de la dite feuille sont en partie supportés par la dite bordure, et des moyens pour permettre un refroidissement contrôlé de la feuille thermoplastique de manière

qu'elle conserve la forme de la surface de moulage du moule de bombage.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que la surface de moulage du moule de bombage est délimitée par une face d'une feuille incurvée en verre.

14. Dispositif selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce que la courbure de la bordure est plus forte que la courbure du bord de la dite surface de moulage du moule de bombage.

15. Feuille de matière thermoplastique transmettant la lumière qui a été bombée par le procédé selon la revendication 1.

16. Panneau feuilleté transmettant la lumière, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une feuille incurvée de verre solidarisée à au moins une feuille bombée de matière thermoplastique selon la revendication 15.

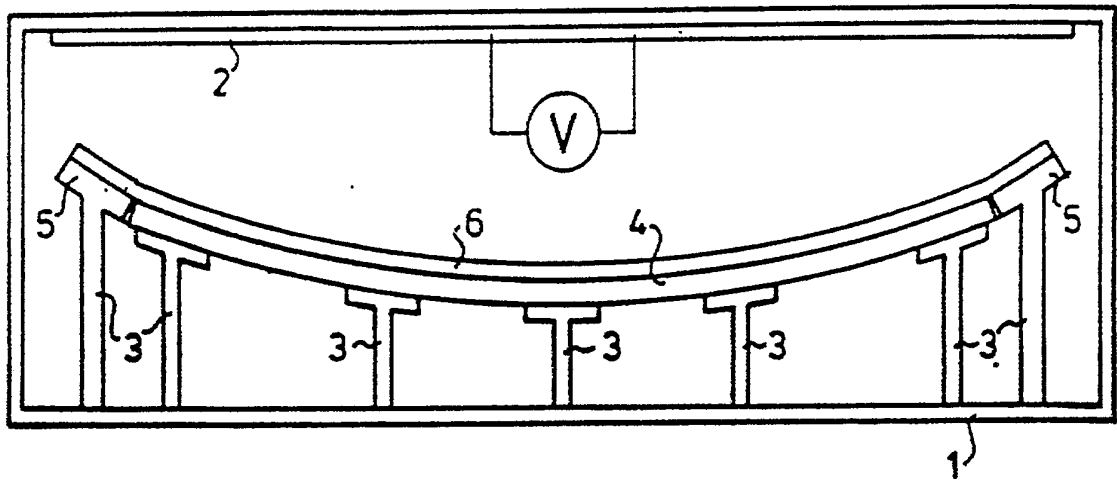
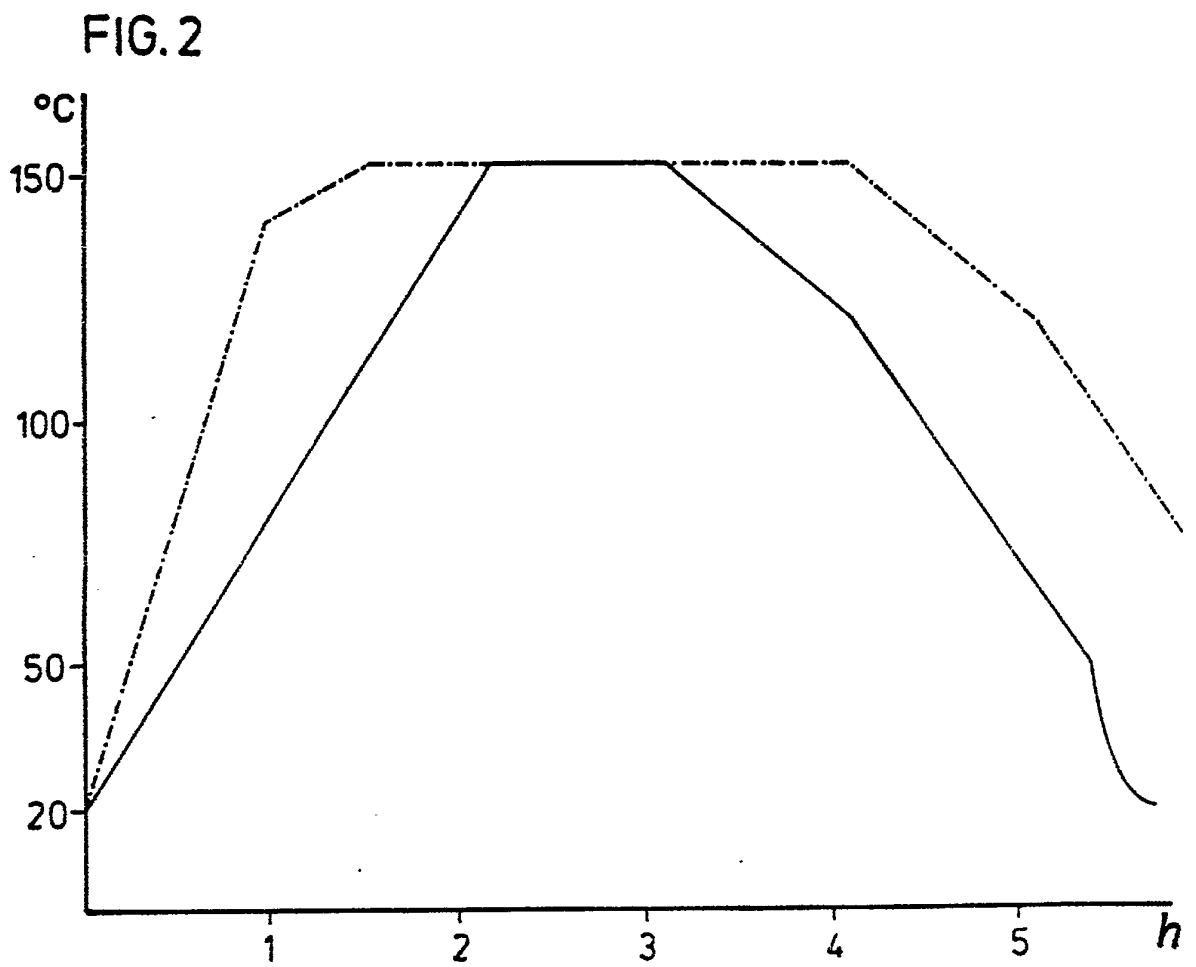


FIG.1



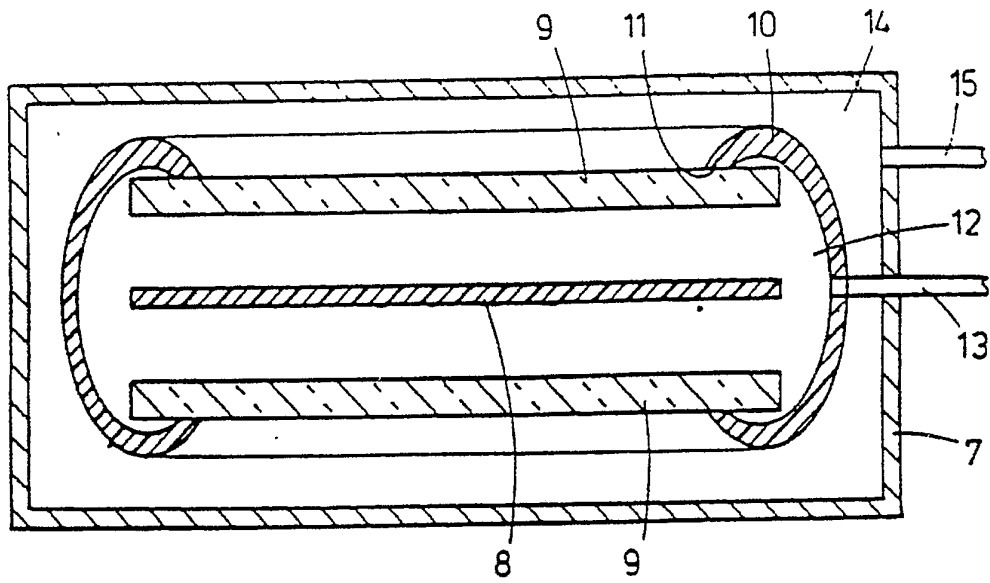


FIG. 3

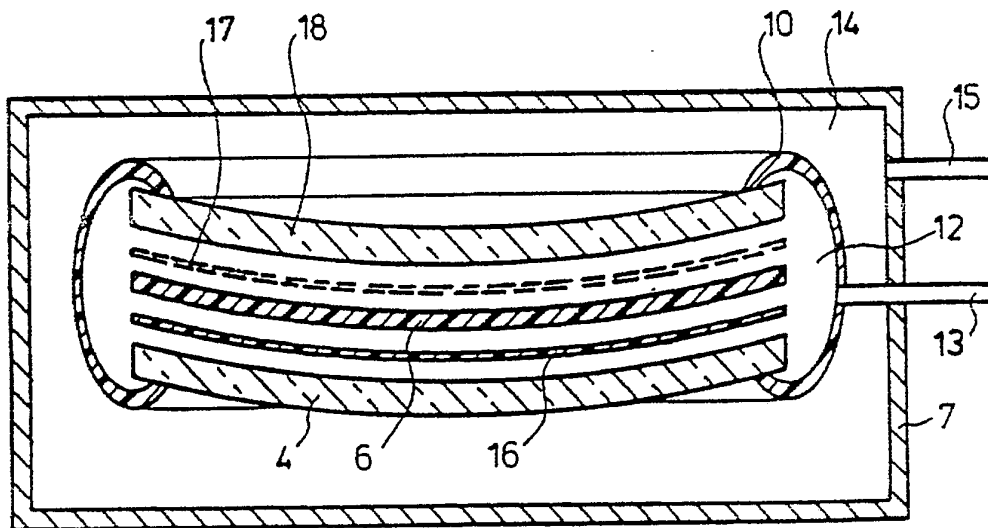


FIG. 4

