



12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt: **91109425.8**

51 Int. Cl.⁵: **B22D 41/50**

22 Date de dépôt: **08.06.91**

30 Priorité: **20.06.90 LU 87752**

43 Date de publication de la demande:
27.12.91 Bulletin 91/52

84 Etats contractants désignés:
AT BE DE ES FR GB IT

71 Demandeur: **ARBED S.A.**
Avenue de la Liberté 19
L-2930 Luxembourg(LU)

72 Inventeur: **Blum, Ferdinand Paul Joseph**
19 rue de la Sûre
L-6484 Echternach(LU)

74 Mandataire: **Freylinger, Ernest T. et al**
Office de Brevets FREYLINGER & ASSOCIES
B.P. 1 321, route d'Arlon
L-8001 Strassen(LU)

54 **Dispositif pour couler du métal liquide.**

57 Amélioration aux dispositifs servant à faire écouler du métal en fusion, caractérisé en ce que la section efficace du dispositif, constituée par la surface du conduit disponible pour l'écoulement du métal lors de l'ouverture progressive du passage, est tenue d'abord petite et en ce qu'au moins sur une partie de sa hauteur le conduit d'écoulement possè-

de une section de passage profilée active, le profil s'étendant jusqu'à la dernière extrémité du conduit et ayant une forme comparable à celle d'une étoile avec trois à quatre branches, les fonds des branches du profil s'étendant axialement en direction de l'écoulement et servant au guidage du métal en écoulement.

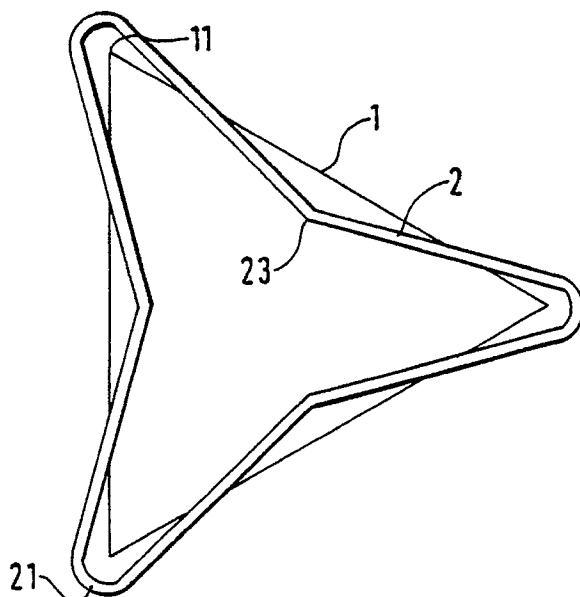


Fig. 1

La présente invention se rapporte à une amélioration apportée aux dispositifs utilisés pour faire écouler du métal liquide d'un récipient quelconque, soit dans un autre récipient de traitement ou de transport, soit dans une enceinte servant à la solidification du métal. Les récipients ainsi visés peuvent être entre autres les convertisseurs et les fours électriques d'élaboration ou de traitement, les poches de transfert ou de mise à nuance, les répartiteurs de coulée. Les dispositifs utilisés pour faire écouler du métal liquide peuvent être des obturateurs classiques à quenouille, mais ce sont de plus en plus des busettes à tiroirs coulissants ou rotatifs sous les formes et dans les exécutions les plus variées, ces dispositifs étant désignés ci-après parfois, sans distinction du type, simplement par le nom d'obturateurs.

En métallurgie il revient une importance assez considérable aux dispositifs servant à délimiter passagèrement le flux des masses en fusion lors de leur écoulement ou de leur transvasement. L'importance n'est pas seulement ergonomique et économique en ce qu'il est impératif de pouvoir exécuter ces opérations avec le moins de danger possible pour les opérateurs et de parvenir à obtenir par ailleurs le plus grand rendement possible de l'opération; mais les incidences métallurgiques, qui découlent de la façon d'une busette ou d'un obturateur de se comporter en opération, c'est-à-dire comment sera conformé et comment s'écoulera le jet de métal qui prend naissance dans le chenal d'évacuation de l'obturateur, sont également considérables. A moins de traitements très spéciaux à exécuter sur un jet éclaté on cherche en règle générale à obtenir les jets d'écoulement les plus compacts, les plus lisses et les plus laminaires possibles. Or, tel n'est pas si facile et on obtient très souvent, soit au démarrage de la coulée, soit au cours de la coulée elle-même, un jet éclaté, ouvert et turbulent qu'on qualifie aussi souvent de 'jet parapluie'. Si jusqu'ici on ne connaissait pas bien les causes réelles de la formation du jet parapluie, on connaissait par contre bien les effets métallurgiques négatifs de ce phénomène.

Ainsi, en sidérurgie, que se soit dans le domaine de la coulée classique en lingotière ou dans celui de la coulée continue, un jet turbulent entraîne des quantités considérables d'air. Le métal, en l'occurrence l'acier, subit de ce fait en surface une oxydation, ce qui conduit sur le produit fini à une augmentation des inclusions qui se répercutent négativement sur le degré de propreté interne, c'est-à-dire sur les propriétés du produit obtenu et sur sa transformabilité. Dans la coulée en lingotière un jet turbulent provoque en plus à l'intérieur de la lingotière un moussage et des éclaboussures qui se solidifient prématurément contre la paroi de la lingotière et conduisent à une qualité de surface

des lingots qui est insuffisante et qui sera responsable des défauts de surface au laminage. Si en coulée continue le jet de coulée, qu'il soit libre et non protégé ou qu'il soit immergé ou protégé, s'écoule dans la partie supérieure de la lingotière d'une manière turbulente, il devient impossible de tenir un ménisque plus ou moins constant et immobile. Des entraînements de laitier incontrôlés en résultent et des défauts de surface, ainsi que des inclusions d'oxydes dans l'acier en sont la conséquence.

Ces apparitions incontrôlées du régime d'écoulement turbulent amènent les métallurgistes à prendre toute une série de mesures préventives empiriques. Parmi celles-ci on peut citer d'une façon générale l'utilisation de busettes ayant des rapports 'longueur busette' sur 'diamètre de l'orifice' très variables, la modification de la géométrie ou de la composition de certaines parties -surtout des parties mobiles- de la busette, ainsi que l'échange plus fréquent des parties de la busette qui sont sujettes à l'usure.

Plus spécifiquement on décrit dans le brevet canadien No 1.200.384 un ensemble coulissant de fermeture de l'orifice d'une poche d'aciérie. Cet ensemble se distingue par le fait que la partie supérieure fixe est pourvue d'un orifice de section ronde et la partie inférieure mobile d'un orifice de section en forme de triangle équilatéral. La base du triangle est étroite et possède à peu près la même dimension que le diamètre de l'orifice supérieur rond et la bisectrice du triangle se couvre avec le chemin d'ouverture et de fermeture. Pour la fermeture le déplacement de la partie de busette inférieure mobile se fait dans la direction de l'angle du sommet du triangle équilatéral, c.-à-d. que tant dans le cas de la fermeture que dans celui de l'ouverture, tout aussi bien le jet final en voie d'étranglement que le jet initial en voie de formation seront importants, étant donné qu'à mi-chemin de la course de la partie mobile devant l'orifice de la partie supérieure fixe c'est la moitié de la section d'écoulement totale qui est à découvert. Les jets déclinants ou naissants sont orientés dans la gouttière formée par l'angle de sommet de la section et s'en écoulent, non sans former des tourbillons et sans projeter des éclaboussures assez importantes.

Aussi, pour éviter tous ces inconvénients, tant pratiques qu'aussi métallurgiques, le but de la présente invention est-il d'apporter aux busettes les améliorations nécessaires pour qu'elles donnent des jets d'écoulement laminaires dans toutes les conditions opératoires, discontinues ou continues, et qu'elles permettent donc de réduire la fréquence et l'importance des défauts internes et de surface du produit obtenu par coulée.

Ce but est pleinement atteint par un dispositif

servant à faire s'écouler du métal, qui est caractérisée en ce que la section efficace du dispositif, constituée par la surface du conduit disponible pour l'écoulement du métal au cours de l'ouverture progressive du passage, est tenue d'abord petite et en ce qu'au moins sur une partie de sa hauteur le conduit d'écoulement possède une section de passage active profilée, le profil s'étendant jusqu'à la dernière extrémité du conduit et ayant une forme comparable à celle d'une étoile avec trois à quatre branches, les fonds des branches du profil s'étendant axialement en direction de l'écoulement et servant au guidage du métal lors de l'écoulement de celui-ci.

Suivant une forme d'exécution possible de l'invention, les fonds des branches du profil en étoile, c'est-à-dire les extrémités radiales des rayons de l'étoile, s'étendent en quelque sorte comme des rigoles axialement le long du conduit d'écoulement du métal. A part une partie éventuellement non profilée et occasionnellement évasée en haut dudit conduit, le profil couvre une partie très significative de la longueur du conduit et il s'étend dans tous les cas jusqu'à son extrémité inférieure. Les rayons prémentionnés du profil en étoile forment entre eux un angle aigu pour la forme à trois branches et un angle droit (ou à bras à bases carrées ou à bases rectangulaires resp.) pour la forme à quatre branches, c'est-à-dire que les sections sont en fait sensiblement en forme de triangles et en forme de croix. En opération ces formes s'arrondissent d'elles-mêmes par suite de l'érosion, mais on peut aussi les façonner dès le départ de sorte que les fonds des rigoles axiales des étoiles à trois ou quatre branches sont arrondis et qu'à leurs intersections les parois des branches forment des angles obtus pour les profils triangulaires et des angles droits pour les profils cruciformes. Si on utilise un matériau trop peu résistant et que le profil cruciforme s'érode jusqu'à une forme déjà plutôt carrée, l'effet bénéfique des mesures proposées sur le jet se perd complètement.

Le meilleur effet est obtenu si la section du conduit d'écoulement, aménagé dans la plaque inférieure de l'obturateur -ou solidaire de ce dernier-, est orientée de telle sorte dans ou vis-à-vis de la partie mobile, coulissante ou rotative de l'obturateur, qu'une partie pointue de la section se trouve ouverte en premier lieu lors du mouvement relatif des parties respectives du tiroir lors de l'ouverture de celui-ci. Cette pointe se trouve donc orientée sensiblement dans le sens du mouvement si la plaque inférieure, portant la partie de busette à conduit profilé, est mobile, alors qu'elle l'est dans le sens opposé au mouvement si une plaque mobile supérieure sert à l'obturation. Dans le cas de la croix l'axe de celle-ci peut être tourné d'un angle donné par rapport à la direction d'ouverture -fer-

meture. On peut se rendre assez facilement compte, par les projections correspondantes l'un sur l'autre des deux profils des parties supérieure et inférieure d'un obturateur coulissant, que si la partie mobile s'est déplacée jusqu'à la mi-chemin du trajet d'ouverture, la section profilée est encore assez loin d'être découverte à moitié et il en est de même de la section ronde de l'autre partie de l'obturateur. Contrairement à ceci, la section de passage est au moins à 50 % dégagée à mi-parcours du chemin d'ouverture dans le cas de l'ensemble suivant le brevet canadien 1 200 384 précité.

Suivant l'invention on aura encore soin de veiller à ce que la section à l'entrée du conduit d'écoulement soit au moins égale, sinon de préférence de 10% à 15% supérieure à la section au niveau où le jet sort du conduit. L'évasement, abstraction faite d'un éventuel siège élargi et arrondi, destiné à recevoir la tête d'un dispositif de fermeture à quenouille, se trouvera de préférence dans la partie supérieure du conduit, la partie inférieure de celui-ci étant de diamètre constant. Dans le cas d'un obturateur coulissant le rapport entre la section à la sortie de la partie supérieure et la section moyenne de la partie inférieure sera à peu près semblable à ce qui a été dit au sujet des sections supérieure et inférieure du conduit profilé lui-même, c'est-à-dire que si les sections ne restent pas sensiblement constantes, elles diminuent du haut vers le bas.

L'analyse détaillée des résultats positifs obtenus avec des busettes de cette géométrie particulière suivant l'invention, ainsi que des études de simulation effectuées pour des busettes classiques à tiroirs, nous ont permis de comprendre un peu mieux les phénomènes d'éclatement du jet de coulée et de formation du parapluie, phénomènes qui peuvent maintenant être reconstitués en simulation. Ainsi, on peut s'expliquer l'éclatement du jet en deux phases successives brièvement comme suit:

- au début de l'ouverture progressive du tiroir de la busette le jet naissant n'est que très inhomogène et asymétrique, alors que la busette n'est que partiellement remplie. Il s'ensuit une forte production d'éclaboussures et de gouttes de métal, mais pas encore à proprement parler de jet et/ou de parapluie,
- lorsque le tiroir est suffisamment (environ 50%) ouvert, il en sort un jet qui est plus ou moins centré, mais qui, pour l'exécution classique de la busette avec section ronde ou ovale, est invariablement en rotation rapide. Une fois que la tension de surface du métal n'est plus suffisante pour tenir le jet fermé et cohérent, la rotation se transforme en mouvement rectiligne suivant les tangentes et il y a apparition d'un parapluie à environ 15 à 20

cm en dessous du nez de la busette à écoulement libre.

Alors qu'on ne peut pour ainsi dire pas éviter le premier phénomène ci-devant, résultant de l'entrée asymétrique du métal dans la busette, on peut l'atténuer suivant la présente invention en donnant à une pointe de la section particulière du conduit d'écoulement suivant l'invention une orientation spécifique par rapport aux mouvements d'ouverture des plaques de l'obturateur, de telle façon que -par rapport à la coulée classique- il y a en début de coulée une section efficace plus réduite et qu'ensuite la section de passage devient progressivement, et non pas brusquement, plus grande. L'amélioration la plus spectaculaire est toutefois obtenue là où les perturbations étaient les plus notables et étaient manifestement responsables de la plus grande partie des défauts externes et internes sur le produit, à savoir l'instabilité incontrôlée du jet s'écoulant en parapluie. La suppression déjà mentionnée de la rotation de l'acier mène à un effet de guidage axial tel que maintenant l'acier sort en ligne droite de la busette. Ceci résulte du fait que le métal rentrant dans le conduit est concentré dans des coins qui sont orientés différemment que l'ouverture par laquelle l'acier est rentré. Le jet est donc subdivisé en plusieurs parties ou flux et sa rotation est empêchée. On conçoit aussi qu'une usure trop prononcée du profil peut de nouveau aboutir à un stade où la rotation n'est de nouveau plus supprimée si efficacement. Ceci explique aussi qu'entre une section de forme sensiblement cruciforme ou une forme triangulaire, la forme triangulaire présente plus d'avantages. En effet le rainurage à extension axiale peut être plus anguleux et aussi plus profond avec rétrécissement progressif vers le fond des rayons, alors qu'il ne s'efface pas tellement par usure. Il en est un peu autrement de la section cruciforme. Celle-ci conduit à une section sensiblement carrée, si une usure importante ou rapide use les coins proéminents de la croix. Vers la fin de la coulée le jet est donc moins bien guidé dans un chenal devenant de plus en plus carré, et la suppression de la rotation est moins prononcée. Pour cette forme la résistance à l'érosion du matériau est donc plus importante parce qu'elle conditionne l'efficacité.

A la lumière de ces explications il apparaît qu'une busette ne doit pas nécessairement présenter la géométrie particulière de sa section sur toute la longueur du canal d'écoulement. Il est toutefois primordial que la partie terminale du chenal d'écoulement du corps d'une busette ou de la partie inférieure d'un obturateur présente la géométrie particulière. En général le profil couvre une étendue supérieure à au moins 50 %, de préférence supérieure à 75 % de la longueur totale du chenal. Il importe aussi que la stabilité de forme de

la busette soit bonne et ne change que peu par l'érosion, de sorte que même en fin de coulée le profil reste suffisamment prononcé pour empêcher que le jet ne commence à tourner et ne conduise à la formation d'un jet parapluie.

D'un autre côté il est également recommandé de tenir l'étendue de la section efficace dans un certain rapport vis-à-vis de celle de la section standard d'une busette tout à fait classique. Ainsi, cette section ne devrait pas être inférieure à environ 40 % de la section standard d'une busette à section circulaire et pas supérieure à environ 120 % de cette section de référence.

Il s'est aussi avéré que l'usure de parties autres que celle du chenal servant au guidage du jet suivant les enseignements de la présente invention, comme par exemple l'usure du bord supérieur de la plaque mobile d'un obturateur, n'est pas critique. En effet, si la section augmente à ce niveau, alors que la longueur de la busette reste évidemment constante, l'ouverture légèrement conique du jet (c'est-à-dire son évasement) sera un peu plus grande, sans qu'il y ait toutefois formation d'un jet parapluie. Ceci est favorable parce que du fait de la turbulence au niveau du passage du métal de la plaque à ouverture circulaire vers la section à 3 - 4 rayons sous-jacente de la busette, l'usure des plaques mobiles est plus importante qu'auparavant. Cette usure peut être très largement atténuée si la partie initiale du chenal de passage de la busette reste circulaire, ce qui, comme on l'a déjà mentionné, ne diminue en rien l'efficacité intrinsèque se manifestant dans l'empêchement de la rotation et dans la suppression de la formation du parapluie.

Alors que pour les jets issus de busettes classiques l'éclatement est en permanence sous-jacent, parce qu'il y a toujours rotation du jet dans un canal d'écoulement rond ou polygonal et donc risque latent de l'apparition de l'éclatement en parapluie, tel n'est plus le cas pour la busette montrant la configuration suivant l'invention. Les premiers essais d'orientation en aciérie avec coulée en chute en lingotières ont montré une diminution de 50 % des défauts de surface genre 'pailles' sur les deux premiers lingots de chaque coulée d'acier, alors que pour chaque charge entière la réduction des défauts de surface a été supérieure à 20 %.

Des formes d'exécution possibles de l'invention sont illustrées dans les dessins annexés qui représentent respectivement:

- en figure 1: les profils de la section triangulaire, ainsi que de la section en étoile à trois branches;
- en figure 2: une vue en projection horizontale d'une plaque inférieure mobile avec section ronde à l'entrée et à section en étoile à un niveau un peu plus bas;
- en figure 3: une vue pareille à celle de la fig.

2, sauf que la section profilée du chenal d'écoulement est cruciforme. La section de la partie supérieure 4, généralement immobile, de l'obturateur présente une section ronde 5.

Comme illustré par la figure 1, la section en étoile présente de préférence des extrémités de branches 21, c'est-à-dire les pointes des rayons, arrondies. Ces fonds de rayons sont par ailleurs aussi plus faciles et plus économiques à produire par les réfractoristes que les pointes aigües 11 de la section strictement triangulaire, représentée par la ligne 1 la plus fine. Les trois côtés latéraux de la section représentée par la ligne 2 plus grasse sont rentrants. La striction latérale 23, telle que montrée, est comprise par exemple entre 3 et 4 mm par rapport à la paroi latérale correspondante de la section équivalente triangulaire 1. Dans les deux cas le rayon d'une branche du profil se couvre avec l'axe du déplacement relatif entre les parties d'un obturateur coulissant avec au moins une partie mobile et il pointe dans la direction du déplacement de la partie inférieure 3 mobile qui, en vue de l'ouverture du passage de coulée, va à la rencontre de l'orifice de section ronde dans la plaque supérieure.

Sur la figure 2 la projection de la plaque inférieure 3 à gauche de la figure fait ressortir que sur au moins quelques millimètres la section du conduit d'écoulement est circulaire 5, mais que la partie sousjacente possède la section en étoile 2 qui s'étend jusqu'au fond. Dans ce cas le guidage du jet ne commence donc pas directement sous la plaque d'ouverture mais légèrement plus bas et il se prolonge dans la partie terminale profilée de la busette.

La figure 3 montre une vue semblable à celle de la figure 2, sauf que la section profilée 6 du chenal d'écoulement est cruciforme. Comme illustré, les extrémités des bras de la croix peuvent être arrondis au lieu d'être à angles droits. La partie tout à fait amont du chenal est également de section ronde 5, alors que plus en aval la section présente le profil 6. Le rayon du profil illustré reste constant de haut en bas, mais la surface de la section à l'entrée est légèrement plus grande qu'à la sortie.

Cette nouvelle conception suivant l'invention présente par ailleurs un avantage supplémentaire qui joue surtout lors de la vidange rapide de récipients métallurgiques contenant métal et scorie, comme c'est le cas pour les convertisseurs d'aciérie, ou lorsqu'on laisse le niveau dans un récipient à grande surface, comme le tundish, baisser très bas. En effet l'action antirotation du profil suivant l'invention s'oppose à la formation d'un vortex d'écoulement trop important. Ainsi, comme le vortex ne peut pas vraiment se développer, il n'y a pas de cône de laitier et/ou d'air qui est entraîné

par le centre du vortex et qui nécessite en général un arrêt prématuré de la vidange avec une perte correspondante de matière et de productivité.

5 Revendications

1. Dispositif amélioré servant à faire écouler du métal en fusion, caractérisé en ce que la section efficace du dispositif, constituée par la surface du conduit disponible pour l'écoulement du métal lors de l'ouverture progressive du passage, est tenue d'abord petite et en ce qu'au moins sur une partie de sa hauteur le conduit d'écoulement possède une section de passage profilée active, le profil s'étendant jusqu'à la dernière extrémité du conduit et ayant une forme comparable à celle d'une étoile avec trois à quatre branches, les fonds des branches du profil s'étendant axialement en direction de l'écoulement et servant au guidage du métal en écoulement.
2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisée en ce que les fonds des branches du profil en étoile à trois branches sont à angle aigu, la section étant donc sensiblement en triangle.
3. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisée en ce que les fonds des branches du profil en étoile à quatre branches sont à angle droit, la section étant donc sensiblement en croix.
4. Dispositif suivant une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le profil actif de la section du conduit, avec ses rigoles à extension axiale, s'étend sur la plus grande partie de la longueur de la busette et occupe la partie inférieure de celle-ci.
5. Dispositif suivant une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que les fonds des rigoles axiales sont arrondis et en ce qu'à leurs intersections les rayons des branches forment des angles compris entre un angle obtus et un angle droit.
6. Dispositif suivant une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le profil de la section du conduit d'écoulement dans la partie inférieure de la busette est orienté de telle sorte vis-à-vis de l'autre partie supérieure qu'une partie pointue ou étroite de la section se trouve ouverte en premier lieu lors du mouvement relatif des parties l'une par rapport à l'autre.
7. Dispositif suivant une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la section du conduit d'écoulement est comprise entre 40% et 120%

de la section standard d'une busette classique
à section circulaire.

8. Dispositif suivant une des revendications 1 à 7,
caractérisé en ce que le rapport des sections à l'entrée et à la sortie du conduit d'écoulement est compris entre 1 et 1,15. 5
9. Dispositif suivant une des revendications 1 à 7,
caractérisé en ce que le rapport des sections entre les parties supérieure et inférieure d'un ensemble à parties mobiles relativement est compris entre 1 et 1,15. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

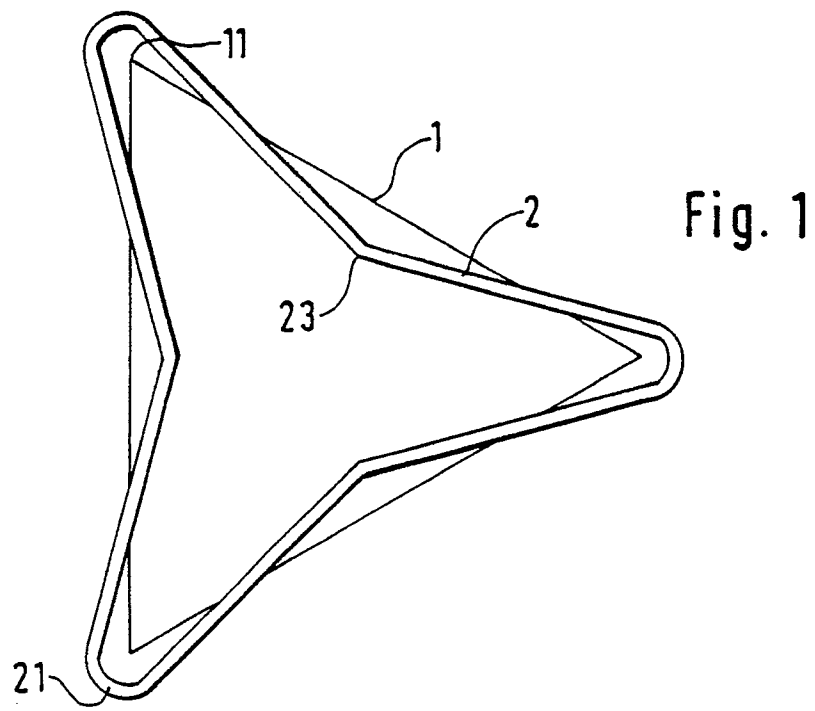


Fig. 2

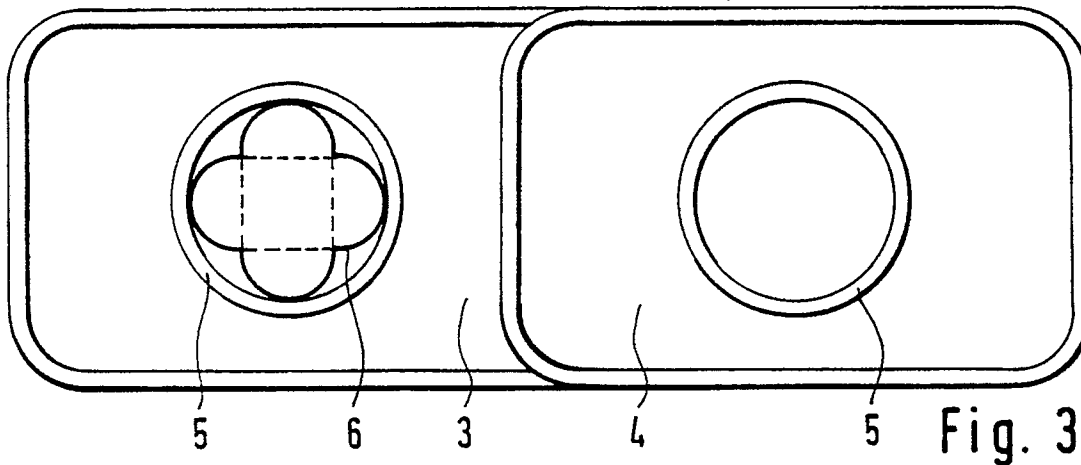
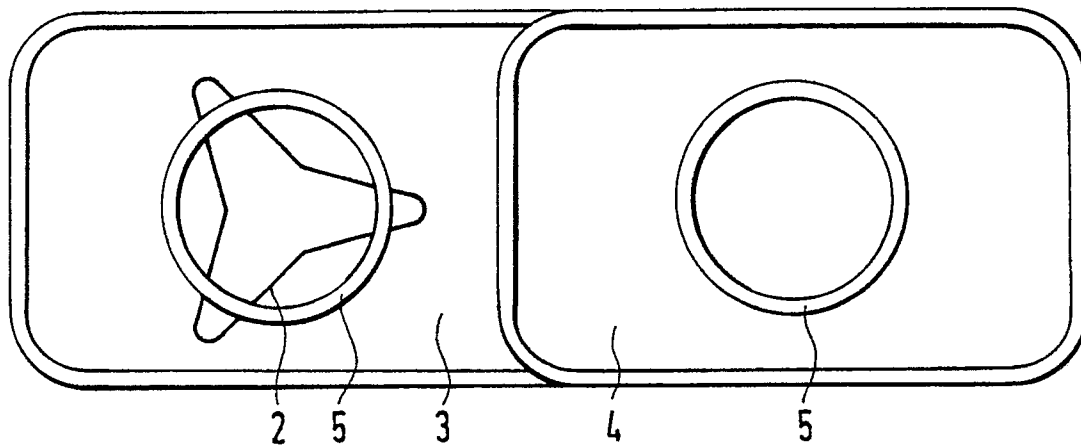


Fig. 3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 91 10 9425

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. C1.5)
X,Y	CA-A-1 200 384 (F.KEMENY) * page 6, ligne 4 - ligne 35 ** page 7, ligne 10 - ligne 14 * - - -	1-2,4,6,7, 3,5	B 22 D 41/50
Y	GB-A-1 159 118 (STOECKER & KUNZ GMBH) * page 3, ligne 39 - ligne 63; figure 4 * - - -	3,5	
A	DE-A-1 201 013 (STOECKER & KUNZ GMBH) * colonne 3, ligne 1 - ligne 25 * - - -	1-5	
A	FR-A-1 514 434 (STOECKER & KUNZ GMBH) * page 1, colonne de droite, ligne 35 - page 2, colonne de gauche, ligne 9 * - - - - -	1,3-5	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		29 août 91	MAILLIARD A.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant			