

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: 79400149.5

(51) Int. Cl.<sup>2</sup>: **B 21 C 37/29**

(22) Date de dépôt: 07.03.79

(30) Priorité: 08.03.78 FR 7806628

(43) Date de publication de la demande:  
19.09.79 Bulletin 79/19

(84) Etats contractants désignés:  
BE DE GB IT LU NL SE

(71) Demandeur: CREUSOT-LOIRE  
42 rue d'Anjou  
F-75008 Paris(FR)

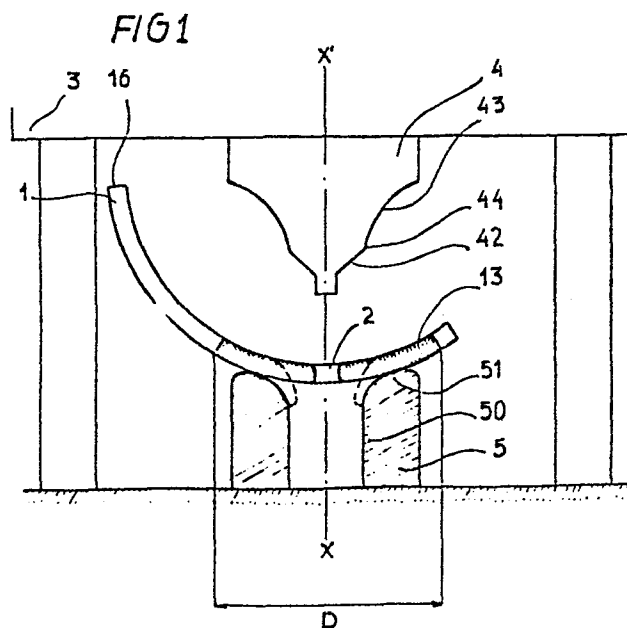
(72) Inventeur: Dulaquais, Pierre  
La Brosse Coulot  
F-71710 Montcenis(FR)

(74) Mandataire: Le Brusque, Maurice et al,  
CREUSOT-LOIRE 15 rue Pasquier  
F-75383 Paris Cedex 08(FR)

(54) Perfectionnements au procédé et installation de fabrication de tubulures d'attente sur une paroi de très forte épaisseur.

(57) L'invention a pour objet un procédé et une installation perfectionnés pour la fabrication d'une tubulure d'attente sur une paroi de très forte épaisseur par pénétration en force dans un orifice d'un poinçon dont la section s'élargit progressivement à partir d'une pointe de centrage jusqu'à un diamètre au moins égal au diamètre intérieur de la tubulure à obtenir, la tôle étant placée pendant l'opération sur une enclume tubulaire munie d'une face d'appui arrondie.

Selon l'invention on réalise la formation de la totalité de la tubulure par un élargissement progressif et continu de l'orifice (2), provoqué par l'enfoncement du poinçon (4) dont la partie active a une forme sensiblement conique (42), le métal étant seulement soumis à une traction circulaire sans compression entre le poinçon et l'enclume, la partie à déformer de la tôle (1) ne pouvant venir s'appuyer sur la paroi interne de l'enclume qu'à la fin de l'enfoncement du poinçon, la tubulure étant à ce moment complètement formée.



EP 0 004 240 A1

Perfectionnements au procédé et installation de  
fabrication de tubulures d'attente sur une paroi  
de très forte épaisseur

L'invention a pour objet des perfectionnements aux procédé et  
5 installation de fabrication de tubulure d'attente sur une paroi de très  
forte épaisseur, notamment supérieure à 200 mm.

L'invention apporte notamment des perfectionnements importants  
au procédé et à l'installation décrits dans le brevet français 2.337.600  
déposé par la même Société le 9 Janvier 1976.

10 On connaît depuis longtemps des procédés de fabrication de tubu-  
lures d'attente sur des tubes dans lesquels la tubulure est formée par  
refoulement entre un poinçon que l'on fait passer en force et une matrice  
tubulaire contre laquelle est appliqué le tube. Dans un tel procédé, qui  
est décrit notamment dans le brevet français 1.033.854 et son addition  
15 n° 61.343, l'enfoncement du poinçon détermine un étirage du métal qui pro-  
voque à la longue l'ouverture d'un orifice dans l'axe du poinçon. Pour  
favoriser cette ouverture, on ménage souvent un orifice à l'avance, qui  
s'élargit au fur et à mesure de l'étirage. Le métal est comprimé entre la  
matrice et le poinçon et subit donc un véritable matriçage.

20 De tels procédés avaient été proposés spécialement pour la fabri-  
cation de tubes d'échangeurs constitués souvent en un métal assez facile-  
ment déformable et assez peu épais. Il était difficile d'imaginer que l'on  
pouvait utiliser un semblable procédé, sans risque de fissurations, pour  
des tôles d'acier relativement épaisses. En outre, le calcul montre que  
25 dans ce cas, il aurait fallu dépenser pour l'enfoncement du poinçon une  
énergie très grande que ne permettent pas d'obtenir les presses dont on  
dispose généralement.

Aussi, lorsqu'on a imaginé de réaliser des tubulures par enfon-  
cement d'un poinçon sur une tôle relativement épaisse, comme on l'a décrit  
30 dans le brevet français 1.198.440, on a considéré qu'il était nécessaire

de ménager au préalable par alésage une cuvette à l'emplacement de la tubulure à former de façon à diminuer l'épaisseur du métal à déformer. Un tel procédé était prévu pour des tôles pouvant aller jusqu'à une épaisseur de 100 mm au plus. Mais l'alésage prévu était relativement coûteux à réaliser et présentait en outre un risque d'affaiblissement du métal.

La Société déposante a cependant pensé qu'il pouvait être possible de réaliser des tubulures sur des tôles encore plus épaisses sans réalisation d'une cavité préalable, grâce à une modification du processus de déformation de la tôle. En effet, dans le procédé décrit dans le brevet français 2.337.600, la tubulure est réalisée, comme dans les procédés connus, par enfoncement d'un poinçon dans une tôle appliquée contre une matrice tubulaire et dans laquelle on a ménagé au préalable un orifice dans l'axe de la tubulure à réaliser. Cependant, le poinçon est muni d'une surface conique qui, en pénétrant dans l'orifice permet d'écarter vers le bas les bords de celui-ci dont la section s'élargit et / l'épaisseur diminue. On produit ainsi une amorce de tubulure qui vient d'appliquer contre la surface interne de l'enclume. La première surface conique du poinçon se raccorde ensuite par une surface convexe à une partie cylindrique de diamètre sensiblement égal à celui de la tubulure à réaliser et, lorsque l'on continue la pénétration du poinçon, le métal se trouve pincé entre le poinçon et l'enclume et la déformation se poursuit par étirage du métal. Par conséquent, alors que dans le brevet 1.033.864 on réalisait essentiellement un étirage du métal qui produisait l'ouverture d'un orifice central ou bien l'élargissement d'un orifice réalisé à l'avance, dans le procédé selon le brevet 2.337.600, on réalise tout d'abord dans un premier temps l'élargissement de l'orifice et seulement ensuite l'étirage du métal. De la sorte, on diminue les risques de fissuration des bords de l'orifice dont on contrôle bien l'élargissement progressif et la phase de déformation par étirage se produit sur une tôle préalablement amincie par l'élargissement de l'orifice et nécessite donc un effort moins important que celui auquel on pouvait s'attendre.

Toutefois, pour des tôles d'épaisseur supérieure à 200 mm, le procédé décrit dans le brevet 2.337.600, s'il permet d'obtenir une tubulure sans risque de fissuration et d'affaiblissement du métal, nécessite encore un effort d'enfoncement très important qu'il est difficile d'obtenir avec les matériels utilisables habituellement. C'est pourquoi le procédé selon le brevet 2.337.600 a fait l'objet d'études poussées dans le but de réaliser des tubulures dans de bonnes conditions sur des tôles de très forte épaisseur sans être cependant obligé d'utiliser des puissances excessives.

C'est ainsi qu'en étudiant mieux le processus de déformation du métal, on a mis au point un procédé perfectionné qui permet de réaliser la tubulure dans de meilleures conditions par la mise en oeuvre d'un poinçon modifié.

5 Dans la présente invention, on réalise la formation de la totalité de la tubulure par un élargissement progressif et continu de l'orifice, provoqué par l'enfoncement du poinçon dont la partie active a une forme sensiblement conique, le métal étant seulement soumis à une traction circulaire sans compression entre le poinçon et l'enclume, la partie à déformer  
10 de la tôle s'étendant en porte-à-faux à partir de la face d'appui de l'enclume pendant toute la formation de la tubulure et ne pouvant venir s'appuyer sur la paroi interne de l'enclume qu'à la fin de l'enfoncement du poinçon, la tubulure étant à ce moment complètement formée.

Dans l'installation pour la mise en oeuvre du procédé perfectionné,  
15 né, selon l'invention, la partie évasée du poinçon a une forme sensiblement conique jusqu'à un diamètre égal à celui de l'intérieur de la tubulure à obtenir, ladite partie conique se raccordant par un bord arrondi de faible rayon de courbure à une partie torique concave de section identique à la section interne de la tubulure obtenue par élargissement de l'orifice pendant  
20 l'enfoncement de la partie conique.

On a déjà indiqué qu'une originalité essentielle du brevet 2.337.600 consistait à réaliser l'élargissement de l'orifice dans une première phase par l'enfoncement d'une partie conique du poinçon avant la phase d'étirage permettant d'obtenir la longueur de tubulure recherchée alors  
25 que, dans les procédés connus auparavant, l'élargissement de l'orifice était une conséquence de la phase d'étirage. Au cours des études réalisées pour la mise au point de ce procédé, on a constaté que la première phase d'élargissement de l'orifice nécessitait une puissance beaucoup plus faible que dans la deuxième phase où le métal est comprimé entre le poinçon et l'orifice. Pour réduire la puissance de presse nécessaire, on a donc cherché à  
30 augmenter l'importance de la phase d'élargissement de l'orifice. Or, jusqu'à présent, on croyait nécessaire de réaliser des tubulures relativement longues nécessitant par conséquent un étirage du métal. Mais on a constaté qu'en réalisant uniquement un élargissement de l'orifice, par une partie  
35 conique du poinçon, / <sup>l'enfoncement avec</sup> amincissement de la tôle produit dans la partie élargie permettait à lui seul d'obtenir pratiquement une forme convenable. Par conséquent, au lieu de réaliser la tubulure par compression entre un poinçon et une matrice ayant respectivement la section interne et la section externe de la tubulure à obtenir, il était possible de réaliser la tubulure  
40 re sur une tôle qui, pendant tout le processus de formation, s'étendait

en porte-à-faux à partir de la face d'appui de la tôle de l'enclume, la section interne de celle-ci et la section externe du poinçon n'intervenant pratiquement pas dans la formation de la tubulure.

Il faut noter cependant qu'après la formation de la tubulure par  
5 élargissement de l'orifice, il est utile de poursuivre l'enfoncement du poinçon sur une faible distance de façon à bien appliquer les parois de la tubulure contre la paroi interne de l'enclume et une partie évasée du poinçon prolongeant la partie conique. Mais cette opération s'effectue sans véritable travail de compression du métal et s'assimile plutôt à un  
10 gabariage pour être sûr du centrage de l'orifice de la tubulure. Par conséquent, la partie interne de l'enclume et la partie torique concave prolongeant la partie conique du poinçon ont une forme qui correspond à celle que l'on obtient par le seul élargissement de l'orifice et qui peut être déterminée empiriquement notamment par des essais sur modèles <sup>réduits</sup> / .. Au con-  
15 traire, dans les procédés précédents, on choisissait à l'avance la forme de la tubulure que l'on désirait obtenir et l'on donnait au métal la forme recherchée par compression entre le poinçon et la matrice.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- 20 - la figure 1 représente schématiquement une installation pour la mise en oeuvre de l'invention,
- la figure 2 est une vue de détail, à échelle agrandie, de la tôle et du poinçon mis en place avant la formation de la tubulure,
- les figures 3 et 4 représentent schématiquement la phase de déformation  
25 monodimensionnelle avec enfoncement de la tôle, effectuée à l'aide de la partie conique du poinçon,
- la figure 5 représente schématiquement la phase de mise en forme finale sans compression, ni amincissement, effectuée à l'aide de la partie du poinçon galbée et s'évasant vers le haut.

30 Sur la figure 1, on a représenté schématiquement la paroi 1 sur laquelle doit être formée la tubulure. Dans l'exemple représenté, cette paroi peut être une tôle en forme de secteur cylindrique ou de calotte sphérique.

Dans l'axe xx' de la tubulure à obtenir, on réalise tout d'abord  
35 par usinage un orifice 2 dont le diamètre peut être avantageusement de l'ordre de l'épaisseur de la paroi.

La paroi 1 ainsi usinée est placée dans l'axe d'une presse 3 munie d'un poinçon 4 mobile verticalement et d'une enclume 5.

L'enclume 5 est tubulaire et est munie d'un conduit central cylindrique 50 dont le diamètre correspond sensiblement au diamètre extérieur  
40

de la tubulure à obtenir. Le conduit 50 est suivi d'une portion supérieure 51 s'évasant progressivement vers le haut et dont la section est déterminée de telle sorte que le métal ne vienne s'y appuyer qu'à la fin de la formation de la tubulure par élargissement de l'orifice.

5 Le poinçon 4 a une forme spéciale. Il comprend à son extrémité inférieure une pointe de centrage 41 dont le diamètre est légèrement inférieur à celui de l'orifice 2. Cette pointe de centrage à paroi sensiblement cylindrique est suivie d'une première surface conique 42 ouverte vers le haut, elle-même suivie d'une partie torique concave 43 s'évasant vers le haut, et  
10 dont la section correspond à celle de la partie interne de la tubulure obtenue à la fin de l'enfoncement de la partie conique 42. La partie conique 42 se raccorde à la partie concave 43 par un bord arrondi 44 de faible rayon de courbure.

Selon l'invention, la presse 3 fait pénétrer en force le poinçon 4  
15 dans l'orifice 2. Auparavant, on a chauffé la paroi 1 sur une partie 13 entourant l'orifice et d'un diamètre D supérieur au diamètre extérieur de la tubulure à obtenir, jusqu'à une température permettant de dépasser le point de transformation  $A_3$ , mais restant en dessous des températures usuelles de forge.

20 En effet, la chauffe d'un métal, si elle n'est pas accompagnée d'une déformation de celui-ci, provoque un grossissement des grains qui confère audit métal une mauvaise ductilité. D'autre part, il faut éviter de chauffer l'entourage non soumis à déformation, afin de ne pas provoquer de détérioration, par grossissement du grain, du métal entourant l'excroissance  
25 que l'on veut créer. La température ci-dessus définie permet de résoudre ce problème. En effet, dans le procédé selon l'invention, on ne réalise pas un véritable forgeage du métal puisqu'il n'y a pas de compression entre le poinçon et la matrice. On peut donc se contenter d'une température plus basse permettant simplement la déformation du métal. Les températures usuelles  
30 de forge étant de l'ordre de 1200 à 1300°C, et le point de transformation  $A_3$  de l'ordre de 950°C, une température de chauffe de 1000 à 1100°C s'avèrera satisfaisante en permettant d'éviter les détériorations et les déchirures.

Lorsque le poinçon 4 descend verticalement, la pointe 41 pénètre tout  
35 d'abord dans l'orifice 2 et assure le centrage du poinçon le long de l'axe  $xx'$  de l'orifice : c'est la position schématisée sur la figure 2.

Comme on le voit sur les figures 3 et 4, la surface conique 42 vient alors s'appuyer sur le bord supérieur de l'orifice et tend à élargir le diamètre de celui-ci et en même temps à écarter vers le bas la partie du  
40 métal entourant l'orifice et entraînée par le déplacement du poinçon.

En effet, le demi-angle au sommet du cône 42 peut être compris entre 30 et 45°. La poussée exercée sur le poinçon peut se traduire de ce fait par un simple élargissement de l'orifice dont la paroi diminue d'épaisseur à mesure que le diamètre augmente. Pendant cette opération, le métal n'est soumis, en chaque point, qu'à une traction circulaire monodimensionnelle, avec enfoncement. Le rayon de l'orifice s'agrandissant et la masse étant constante, l'épaisseur de la tôle diminue et il y a donc, comme on l'a indiqué sur les figures, un amincissement de la tôle résultant de la traction circulaire exercée et qui favorise l'écartement vers le bas du métal entraîné par le déplacement du poinçon.

Dans les procédés connus auparavant, on cherchait essentiellement à réaliser l'étirage du métal comprimé entre le poinçon et la matrice, et l'élargissement de l'orifice n'était qu'une conséquence de cette action.

En revanche, dans le brevet 2.337.600, on recherchait d'abord à réaliser un élargissement de l'orifice au moins dans une première phase du processus de déformation. Cependant, l'originalité essentielle du procédé selon la présente invention réside dans le fait que la totalité de la formation de la tubulure est obtenue par le seul élargissement de l'orifice et l'écartement vers le bas des bords de celui-ci consécutif au déplacement du poinçon. En effet, la partie conique de celui-ci est prolongée pratiquement jusqu'au diamètre de la tubulure à obtenir, et la face interne torique de l'enclume a une section qui correspond non pas à une forme que l'on voudrait imposer au métal, mais au contraire à la forme que la tubulure prend naturellement à la suite de l'élargissement de l'orifice et qui a pu être déterminée empiriquement par exemple par des essais sur maquettes. De ce fait, jusqu'à la fin de la phase de formation de la tubulure, le métal ne vient pas s'appuyer sur la paroi interne de l'enclume et n'est donc pas comprimé entre celle-ci et le poinçon. Il en résulte une diminution très importante de l'effort de poussée nécessaire et c'est ce qui explique que l'on ait pu réaliser des tubulures sur des parois d'épaisseur supérieure à 200 mm en exerçant un effort de poussée relativement peu important, de l'ordre de 3.000 à 5.000 tonnes, alors qu'avec les procédés connus jusqu'alors et fonctionnant par compression du métal entre un poinçon et une matrice, il aurait fallu utiliser un effort beaucoup plus élevé, de l'ordre de 20.000 tonnes, pour parvenir au même résultat.

Lorsque la partie conique 42 a cessé d'agir, la tubulure est pratiquement formée, mais pourrait ne pas être parfaitement centrée. Or ceci est important pour réaliser sans difficulté le raccordement avec la conduite qui prolonge la tubulure. C'est pourquoi la partie conique 42 se raccorde, par l'intermédiaire d'un bord arrondi de faible rayon de courbure à une

partie évasée 40 du poinçon qui a une forme torique concave de section identique à la section interne de la tubulure obtenue par élargissement de l'orifice pendant l'enfoncement de la partie conique. Un faible déplacement vertical du poinçon, sans effort notable, permet de donner à la tubulure le profil exact recherché et de supprimer éventuellement des irrégularités localisées. Cependant, cette seconde phase est une simple mise au gabarit et ne peut se confondre avec un matriçage car il n'y a pas de compression de la tôle, l'épaisseur de la tubulure ne variant plus. C'est pourquoi, l'effort de 3.000 à 5.000 tonnes qui a été indiqué précédemment est largement suffisant pour effectuer cette opération de mise au gabarit alors qu'un effort bien supérieur aurait été nécessaire pour effectuer une véritable compression. Ainsi, grâce au perfectionnement selon l'invention, il est possible de réaliser une naissance de tubulure dans une tôle de forte épaisseur, par exemple supérieure à 200 mm, en exerçant une force de presse relativement peu importante, de l'ordre de 3.000 à 5.000 tonnes. D'autre part, les essais ont montré que le procédé, grâce aux précautions prises, permettait d'obtenir des tubulures dans d'excellentes conditions de sécurité.

Le mode de réalisation qui vient d'être décrit est applicable pour des parois en forme de secteur cylindrique ou pour des calottes sphériques.

Comme l'installation utilisée diffère essentiellement de celle qui était décrite dans le brevet 2.337.600 par la forme donnée au poinçon et à l'enclume, les moyens décrits dans le brevet précédent permettront également de réaliser des orifices en diverses positions, la paroi étant placée de telle sorte que l'axe de l'orifice soit vertical et coïncide avec l'axe de l'enclume.

L'invention trouve son utilisation dans le domaine de la métallurgie et plus particulièrement dans la confection d'éléments constitutifs de viroles porte-tubulures pour cuves de réacteur nucléaire ou pour générateurs de vapeur. Mais l'invention ne se limite évidemment pas à cette application et couvre également d'autres modes de réalisation qui ne diffèreraient de ceux qui ont été décrits que par des variantes ou par l'emploi de moyens équivalents.

En particulier, on a indiqué que la partie conique du poinçon pouvait avoir un demi-angle au sommet compris entre 30 et 45° car c'est dans ce cas que l'on obtiendra le meilleur résultat. Cependant, le choix de l'angle d'ouverture dépendra essentiellement du résultat recherché c'est à dire d'un élargissement aussi progressif que possible de la section de l'orifice et des moyens disponibles, et notamment de la hauteur de presse dont on peut disposer.



De même, les températures de chauffe ont été indiquées à titre indicatif pour les aciers usuels mais pourraient évidemment être modifiées en fonction des caractéristiques du métal constituant la paroi sur laquelle on veut réaliser la tubulure.

Revendications

1.- Procédé de fabrication d'une tubulure d'attente sur une paroi de très forte épaisseur dans lequel, après avoir réalisé un orifice centré sur l'axe de la tubulure à obtenir et chauffé la partie de la tôle entourant l'orifice, on déforme la paroi au moyen d'une presse par pénétration en force dans l'orifice d'un poinçon dont la section s'élargit progressivement à partir d'une pointe de centrage jusqu'à un diamètre au moins égal au diamètre intérieur de la tubulure à obtenir, la tôle étant placée pendant l'opération sur une enclume tubulaire munie d'une face d'appui arrondie, caractérisé par le fait que l'on réalise la formation de la totalité de la tubulure par un élargissement progressif et continu de l'orifice, provoqué par l'enfoncement du poinçon dont la partie active a une forme sensiblement conique, le métal étant seulement soumis à une traction circulaire sans compression entre le poinçon et l'enclume, la partie à déformer de la tôle s'étendant en porte-à-faux à partir de la face d'appui de l'enclume pendant toute la formation de la tubulure et ne pouvant venir s'appuyer sur la paroi interne de l'enclume qu'à la fin de l'enfoncement du poinçon, la tubulure étant à ce moment complètement formée.

2.- Procédé de fabrication de tubulure selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'après la formation de la tubulure par élargissement de l'orifice, on réalise un recentrage et une finition de la tubulure formée entre une partie évasée du poinçon prolongeant la partie conique et la face d'appui de l'enclume, sans travail de compression du métal.

3.- Procédé de fabrication de tubulure selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'avant l'enfoncement du poinçon, on chauffe la tôle sur une surface circulaire de rayon supérieur à celui de la base de la tubulure à obtenir jusqu'à une température supérieure à celle du point de transformation  $A_3$  et inférieure à la température de forge.

4.- Installation de fabrication de tubulure pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant une

presse, une enclume de forme tubulaire et un poinçon muni à son extrémité d'une pointe de centrage prolongée par une partie dont la section s'évase progressivement, caractérisée par le fait que la partie évasée 42 du poinçon a une forme sensiblement conique jusqu'à un diamètre égal à celui de l'intérieur de la tubulure à obtenir, ladite partie conique 42 se raccordant par un bord arrondi<sup>44</sup> de faible rayon de courbure à une partie torique concave 43 de section identique à la section interne de la tubulure obtenue par élargissement de l'orifice pendant l'enfoncement de la partie conique.

- 10            5.- Installation de fabrication de tubulure selon la revendication 4, caractérisée par le fait que la partie conique 42 a un demi-angle au sommet compris entre 45° et 30°.

FIG 1

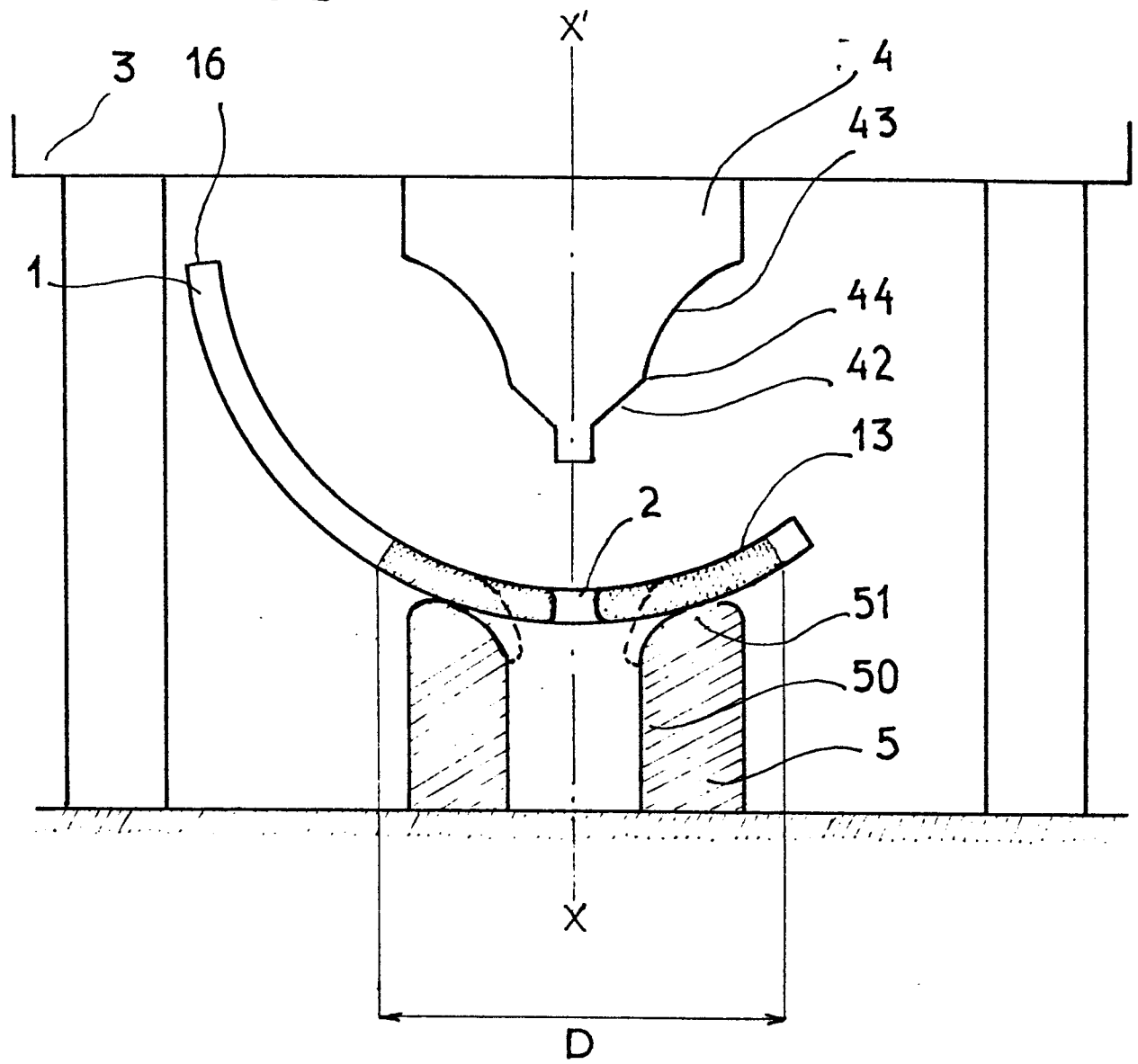


FIG 2

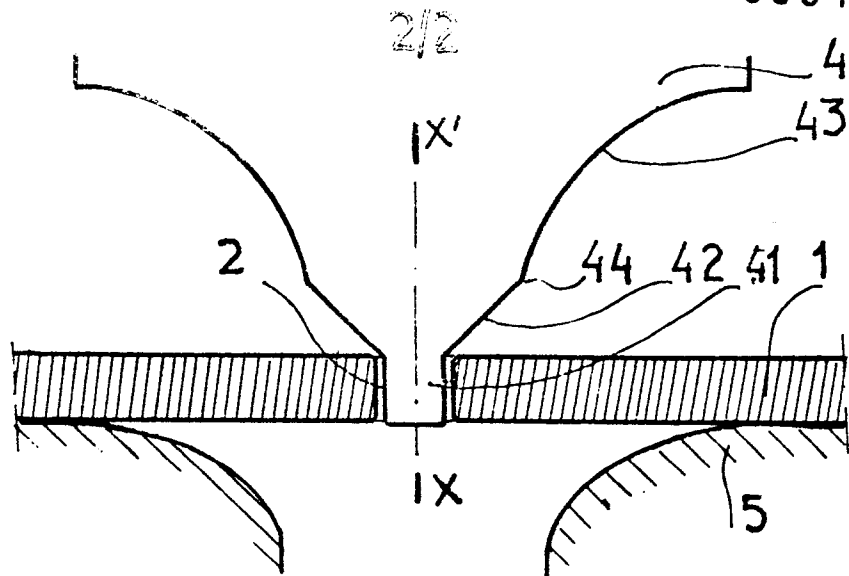


FIG 3

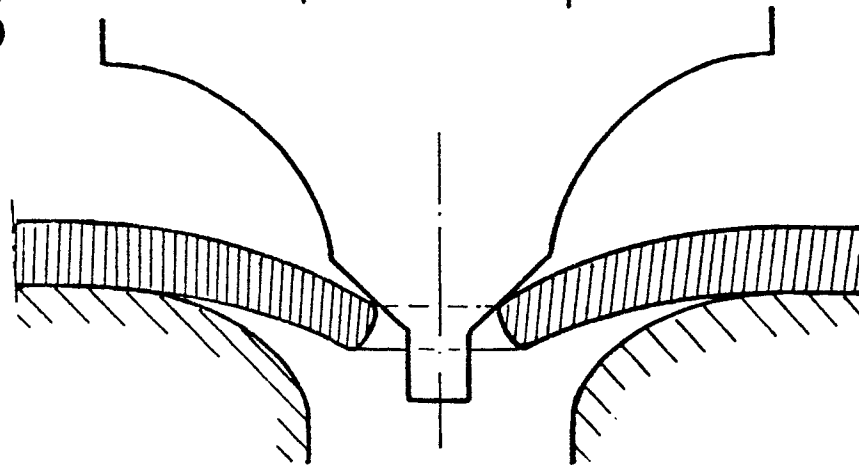


FIG 4

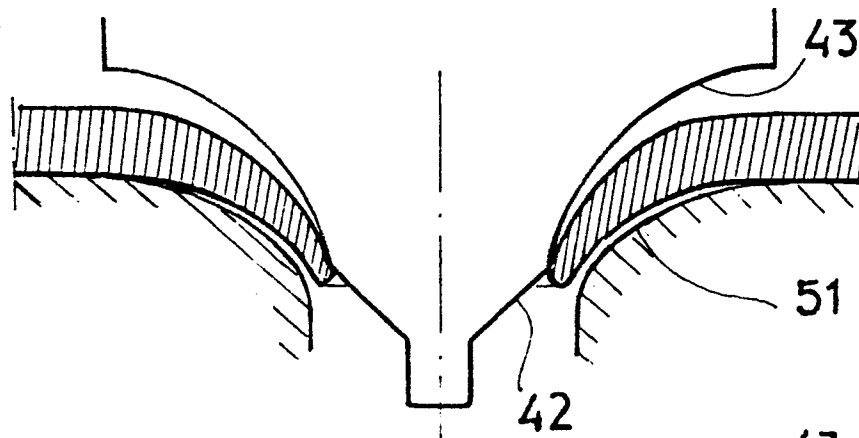
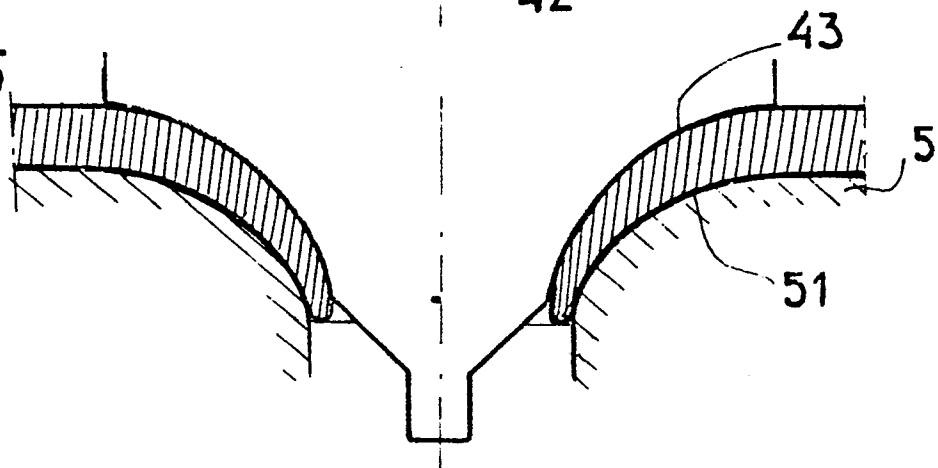


FIG 5





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0004240

Numéro de la demande  
EP 79 40 0149

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
	<u>US - A - 1 911 653 (TAYLOR)</u> * Figures 5-7 * --	1,3	B 21 C 37/29
	<u>US - A - 2 507 859 (KELLER)</u> * Figures 7,8 * --	1,3	
	<u>US - A - 2 290 965 (HODAPP)</u> * Figure 24 * --	1,3	
D	<u>FR - A - 2 337 600 (CREUSOT)</u> * Figures 2,5 * --	4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.)
A	<u>US - A - 2 861 335 (HUET)</u> * Figure 1 * --	1	B 21 C 37/00
A	<u>US - A - 2 859 870 (HITZ)</u> * Figure 5 * ----	1	
			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES
			X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons
<input checked="" type="checkbox"/> Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			&: membre de la même famille, document correspondant
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 08-06-1979	Examineur LOKERE