



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

① Numéro de publication:

**0018255**  
**A1**

⑫

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑦① Numéro de dépôt: 80400429.9

⑤① Int. Cl.<sup>3</sup>: **B 21 D 26/02**

⑦② Date de dépôt: 31.03.80

③① Priorité: 13.04.79 FR 7909529

⑦① Demandeur: **SOCIETE NATIONALE INDUSTRIELLE AEROSPATIALE** Société dite: 37 Boulevard de Montmorency, F-75781 Paris Cedex 16 (FR)

④③ Date de publication de la demande: 29.10.80 Bulletin 80/22

⑦② Inventeur: **Chanteranne, Jacques**, 7 allée de l'Avenir Domaine de Grand-Champ, F-78230 Le Pecq (FR)  
Inventeur: **Lagoutte Gérard**, 43 rue de Lucenay, F-78130 Les Mureaux (FR)

⑧④ Etats contractants désignés: **DE GB IT**

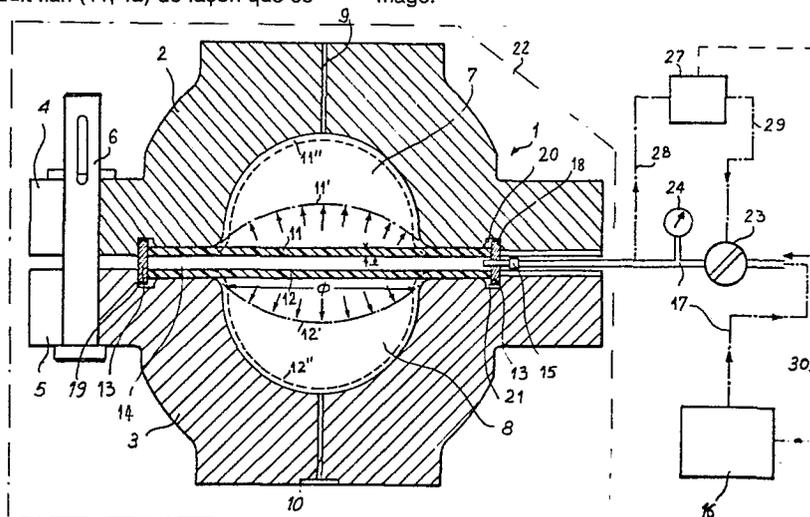
⑦④ Mandataire: **Bonnetat, Christian**, Cabinet PROPI Conseils 23 rue de Léningrad, F-75008 Paris (FR)

⑤④ Procédé pour le formage d'une matière superplastique et pièce obtenue.

⑤⑦ Procédé pour le formage d'une pièce à partir d'un flan (11, 12) qui est placé dans un moule (1) comportant une empreinte (7, 8) de la pièce à obtenir et qui est soumis aux conditions pour lesquelles sa matière constitutive est superplastique, ce formage résultant d'une différence de pression appliquée entre les deux faces dudit flan (11, 12) de façon que ce-

lui-ci déforme plastiquement pour venir épouser ladite empreinte (7, 8).

Selon l'invention, ce procédé est caractérisé en ce que ladite différence de pression est appliquée par impulsions successives (25, 26), ce qui permet de piloter l'opération de formage.



ACTORUM AG

EP 0 018 255 A1

Procédé pour le formage d'une matière superplastique  
et pièce obtenue.

La présente invention concerne un procédé pour le formage d'une matière qui, placée dans certaines conditions de température et de contrainte, est susceptible de devenir superplastique.

5 On sait que les matières superplastiques présentent la propriété de se déformer, lorsqu'elles sont dans les conditions appropriées, d'une manière semblable à celle du verre fondu et des matières plastiques; en effet, leur allongement à la rupture est alors compris  
10 entre 300 % et plus de 2000 %, contre moins de 100 % dans des conditions normales. Il est donc possible de travailler ces matières avec des méthodes voisines de celles mises en oeuvre pour les matières plastiques, en particulier le soufflage.

15 Certaines matières, telles que les alliages Pb-Sn et Al-Zn, présentent la propriété de superplasticité à une température modérée et c'est avec elles que les premiers essais de formage ont été effectués, en raison de leur mise en oeuvre facile (voir à ce sujet  
20 l'article "Superplasticity in an Al-Zn alloy" dans TRANSACTIONS of the A.S.M., volume 57, 1964 pages 980-990).

Cependant, la plupart des matières ne sont superplastiques qu'à une température élevée, généralement  
25 supérieure à la moitié de leur température de fusion exprimée en degrés Kelvin.

On connaît déjà, notamment par les brevets américains N° 3 340 101 et 3 595 060, un procédé pour le formage d'une pièce à partir d'un flan qui est placé dans un  
30 moule comportant l'empreinte de la pièce à obtenir et

qui est soumis aux conditions pour lesquelles sa matière constitutive est superplastique, le formage résultant d'une pression et/ou d'une dépression appliquée audit flan de façon que celui-ci se déforme pour  
5 venir épouser ladite empreinte.

Un tel procédé de formage présente de nombreux avantages:

- une économie de matière première importante, par rapport au matriçage et à l'emboutissage;
- 10 - possibilité de préparer les flans avant utilisation (usinage, laminage) ce qui permet d'augmenter l'économie de matière et de réduire le dimensionnement, et donc le coût, de l'outillage, tout en obtenant une pièce finie;
- 15 - possibilité de fabrication à partir de tôles standard du commerce;
- possibilité de réalisation de très grandes pièces (les limites étant celles des moyens de chauffage);
- 20 - possibilité d'utiliser des flans provenant de tôles soudées (pour les formats hors standard, les renforts locaux, etc...);
- obtention de pièces sans contraintes résiduelles;
- 25 - formage sans plissage;
- précision relative de forme inférieure à  $10^{-3}$ ;

- 3 -

- état de surface (du côté empreinte) identique à celui de l'outillage;
- gain d'usinage des pièces formées, seule la face opposée à l'empreinte devant éventuellement être usinée.

5

Toutefois, ce procédé connu n'a été mis en application que pour le formage de pièces à partir de flans dont l'épaisseur, rapportée à la surface d'ouverture de l'empreinte, ou à la plus grande dimension de cette

10 ouverture, est faible. Par exemple, dans le cas d'une ouverture d'empreinte circulaire (demi-sphère par exemple) ayant un diamètre  $\phi$ , l'épaisseur  $e$  du flan peut être telle que le rapport  $\frac{e}{\phi}$  (l'épaisseur relative) soit au plus égal à 2 %. De plus, dans ce procédé

15 connu, la pression appliquée au flan est déterminée, avant le formage grâce au calcul ou à des expériences antérieures, en fonction du flan et de la forme de l'empreinte, et une fois que le formage est commencé, il ne procure aucun moyen pour adapter cette pression

20 à la réaction particulière du flan en cours de formage, qui, d'ailleurs, ne peut être détectée de l'extérieur du moule. Ainsi, dans le cas de fabrication en série de pièces à partir de flans, théoriquement identiques, il est impossible de tenir compte

25 des hétérogénéités entre ces flans.

La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients en permettant de former des flans d'épaisseur relative importante (par exemple au moins égale à 5 %) et de moduler le formage en fonction

30 de la réaction du flan au cours de ce formage.

A cette fin, selon l'invention, le procédé pour le formage d'une pièce à partir d'un flan qui est placé dans un moule comportant l'empreinte de la pièce à obtenir et qui est soumis aux conditions pour lesquelles sa matière constitutive est superplastique, ce formage résultant d'une différence de pression appliquée entre les deux faces dudit flan de façon que celui-ci se déforme plastiquement pour venir épouser ladite empreinte, est remarquable en ce que ladite différence de pression est appliquée par impulsions successives.

Ainsi, la Demanderesse s'est aperçue que l'on pouvait former facilement des pièces à partir de flans d'épaisseur relative importante, tout en utilisant des différences de pression relativement modérées.

De préférence, on applique des impulsions successives de pression du côté du flan opposé à l'empreinte, à la manière d'un gonflage. Il est alors possible de mesurer et/ou d'enregistrer au fur et à mesure de l'arrivée de ces impulsions, la pression résultante cumulée se trouvant du côté du flan opposé à l'empreinte et de suivre ainsi la déformation progressive et donc la réaction, du flan en cours de formage. Grâce à un tel processus, on peut donc agir sur certains paramètres tels que fréquence, durée et amplitude des impulsions de pression, de façon à adapter et à moduler la déformation du flan en fonction de sa réaction propre au formage.

On peut, par exemple, appliquer audit flan des bouffées successives d'un gaz à pression constante, mais réglable, selon une fréquence réglable. Une telle adaptation ou modulation du formage à la

déformation du flan peut être automatique grâce à un asservissement. Avantageusement, on réalise un moule comportant deux empreintes en regard et, entre ces deux empreintes, on dispose un ensemble de deux  
5 flans écartés ou non l'un de l'autre et reliés de façon étanche à leur périphérie et c'est dans la cavité ainsi délimitée que l'on envoie lesdites impulsions de pression.

De préférence, les flans sont rendus solidaires l'un  
10 de l'autre par une couronne fixée de façon étanche à leur périphérie et servant au centrage et au maintien desdits flans par rapport au moule, ce qui permet une répartition régulière des déformations et des épaisseurs.

15 Il est avantageux que les bouffées de gaz soient d'un gaz neutre, tel que l'argon, et que dans l'empreinte règne également une atmosphère neutre. Ainsi, la pièce formée est intégralement protégée contre l'oxydation et l'hydrogénation, ce qui permet d'obte-  
20 nir des pièces fines sans surépaisseur.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

La figure 1 est une vue schématique, partiellement en coupe, d'un outillage utilisé pour la mise en  
25 oeuvre du procédé selon l'invention.

Les figures 2 et 3 illustrent le procédé selon l'invention.

L'outillage montré par la figure 1 est particulièrement approprié à la réalisation de demi-sphères qui,

assemblées deux à deux, sont susceptibles de former un réservoir sphérique, par exemple destiné à des applications aéronautiques ou spatiales.

A cet effet, cet outillage comporte un moule 1 composé  
5 de deux coquilles 2 et 3, susceptibles d'être assemblées l'une à l'autre par l'intermédiaire de leurs brides 4 et 5 et de dispositifs de serrage 6. Ces coquilles comportent chacune une empreinte hémisphérique 7 ou 8 respectivement, lesdites empreintes se  
10 trouvant disposées en regard l'une de l'autre lorsque les coquilles 2 et 3 sont assemblées. Bien entendu, comme il apparaît de la suite, le diamètre  $\phi$  des empreintes hémisphériques 7 et 8 correspond au diamètre extérieur des demi-sphères à obtenir aux  
15 coefficients de dilatation près. Les empreintes 7 et 8 sont en communication avec une ambiance d'argon par l'intermédiaire de trous d'évent 9 et 10, respectivement. Les coquilles 2 et 3 sont réalisées en fonte réfractaire de nickel-chrome, ou mieux en un acier  
20 réfractaire fortement allié, par exemple.

Entre les deux coquilles 2 et 3 du moule 1 est disposé un ensemble métallique comportant deux flans circulaires 11 et 12 d'épaisseur  $e$ , par exemple en  
25 alliage de titane, tel que l'alliage TA6V à 6 % d'aluminium et 4 % de vanadium, réunis à leur périphérie par une couronne 13, soudée de façon étanche sur leur pourtour. Dans cet ensemble métallique les flans ou disques 11 et 12 en position écartée ou non définissent une cavité intérieure 14, limitée à sa  
30 périphérie par la couronne 13. Un embout de raccord 15 est prévu dans celle-ci, en vue de permettre de faire communiquer la cavité intérieure 14 avec une source de gaz sous pression 16, par l'intermédiaire

d'une conduite 17.

Le diamètre des flans 11 et 12 et de la couronne 13 est supérieur à celui  $\phi$  des empreintes 7 et 8, de sorte que lorsque l'ensemble 11, 12, 13, 14 et 15 est mis en place dans le plan de joint des coquilles 2 et 3, la couronne 13 et une couronne périphérique des flans 11 et 12 se trouvent à l'extérieur desdites empreintes et sont pressées par les parties correspondantes des coquilles 2 et 3. La hauteur de la couronne 13 est supérieure à l'épaisseur hors tout de l'ensemble des disques 11 et 12, de sorte que cette couronne présente deux saillies annulaires 18 et 19 par rapport aux surfaces extérieures des disques 11 et 12. Dans leurs faces en regard, à la périphérie des empreintes 7 et 8, les coquilles 2 et 3 comportent alors des gorges annulaires 20 et 21 respectivement, dans lesquelles peuvent être introduites les saillies annulaires 18 et 19. Ainsi, l'ensemble 11 à 15 peut être facilement mis en place et centré, ainsi que maintenu fermement dans les coquilles 2 et 3.

Le moule 1 enfermant l'ensemble 11 à 15 est placé dans un four 22, seulement schématisé par un cadre en traits mixtes. De plus, dans la conduite 17, on prévoit une vanne 23 et un manomètre 24, disposé du côté de l'embout 15. Le manomètre 24 peut être du type enregistreur.

Pour obtenir des demi-sphères à partir des flans 11 et 12, après que la température dans le four 22 ait été stabilisée à la valeur désirée, on opère de la façon illustrée par les figures 2 et 3, qui donne, en ordonnées, la pression  $P$  à l'intérieur de la cavité 14 en fonction du temps  $t$ , porté en abscisses, cette

pression P étant mesurée par le manomètre 24.

Comme le montre la figure 3 qui reprend à plus grande échelle un détail D de la figure 2, le gaz sous pression, par exemple de l'argon, provenant de la source 16 est envoyé par bouffées successives de volume constant dans la cavité 14.

Pour réaliser une telle bouffée, on ouvre à un instant  $t_0$  la vanne 23, que l'on referme aussitôt. Il en résulte à l'intérieur de la cavité 14, une impulsion de pression 25; mais, la bouffée de gaz envoyée dans ladite cavité 14 se détend rapidement et, à l'instant  $t_1$ , il subsiste une surpression  $\Delta P$  par rapport à la pression régnant dans ladite cavité avant l'instant  $t_0$ . Cette surpression  $\Delta P$  créée dans la cavité provoque la déformation des flans 11 et 12 qui se bombent en direction des empreintes 7 et 8, en chassant l'argon contenu dans celles-ci par les trous d'évent 9 et 10. Aussi, à la fin de cette déformation qui correspond à une augmentation de valeur de la cavité 14, la surpression  $\Delta P$  diminue jusqu'à la valeur  $\Delta'P$ , inférieure. Lorsque cette valeur  $\Delta'P$  est stabilisée, ou même avant qu'elle ne soit stabilisée, on envoie par une nouvelle ouverture de la vanne 23, une autre bouffée de gaz, qui engendre une autre impulsion de pression 26 produisant des effets analogues à ceux décrits ci-dessus pour l'impulsion de pression 25.

Ainsi, pas-à-pas, on déforme des flans 11 et 12 qui passent par une pluralité d'états bombés intermédiaires 11', 12' jusqu'à ce qu'ils soient appliqués (en 11", 12") contre les empreintes 7 et 8 dont ils épousent la forme. L'évolution de la pression dans la cavité 14 qui se déforme est enregistrée en permanence

en fonction du temps par le manomètre enregistreur 24, ce qui permet de moduler à tout instant le rythme du gonflage en agissant sur la pression de gaz sortant de la source 16 et/ou sur l'espace de temps séparant deux bouffées de gaz successives. Eventuellement, on peut prévoir un dispositif d'asservissement 27, qui, en fonction de la pression détectée dans la cavité 14 par l'intermédiaire d'une ligne 28, commande, par une ligne 29 l'ouverture de la vanne 23 pour une courte durée déterminée et à des intervalles de temps fonction de la pression détectée, et, par une ligne 30, la pression du gaz émis par la source 16.

Entre l'instant initial de formage (positions 11 et 12 sur la figure 1) et l'instant  $t_c$  auquel les flans 11 et 12 épousent les empreintes 7 et 8 (positions 11" et 12" sur la figure 1) la pression  $P$ , compte non tenu des différentes impulsions de pression 25, 26 etc..., varie selon la partie de courbe OA de la figure 2, correspondant au formage F des demi-sphères. Si, une fois que les flans 11 et 12 épousent les empreintes 7 et 8, on continue d'effectuer des cycles de gonflage de la cavité 14, la pression, à l'intérieur de celle-ci varie de façon linéaire, selon la courbe AB de la figure 2 (compte non tenu des pointes de pression). Au-delà du temps  $t_c$ , la zone délimitée par la portion de courbe AB correspond au calibrage C des demi-sphères.

La partie de droite AB est raccordée à la portion de courbe OA, de sorte qu'au point A, la courbe OAB présente un point anguleux et que la détection de la fin de formage F et du début du calibrage C est particulièrement aisée dans le procédé selon l'invention grâce au manomètre enregistreur 24, ce qui évite l'agencement d'un capteur de déplacement.

Pendant le formage, dans les cavités 7 et 8, règne une ambiance d'argon pour protéger les surfaces externes des flans et des demi-sphères formées à partir de ceux-ci, cette ambiance ajoutant ses effets à un  
5 produit de protection, par exemple à base de graphite, généralement appliqué sur les flans 11 et 12.

Après formage, calibrage et refroidissement, les deux demi-sphères reliées entre elles par la couronne 13 et les brides formées par les couronnes périphériques des  
10 flans 11 et 12 comprises entre cette couronne 13 et les bords des empreintes 7 et 8, sont sorties du moule 1 et soumises à d'autres opérations de traitement, d'usinage, de préparation, etc... ne faisant pas partie de la présente invention.

15 On donne maintenant ci-après, des exemples de réalisation de coques formées par la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, en utilisant le dispositif de la figure 1 ou un dispositif voisin.

EXEMPLE I :

20 On réalise des demi-sphères en TA6V ayant un diamètre  $\phi$  de 580 mm, à partir de flans 11 et 12 d'épaisseur  $e = 3$  mm.

Dans ce cas, l'épaisseur relative des flans est faible, puisque égale à  $\frac{e}{\phi} = 0,5$  %.

25 La température du four 22 est amenée à 920°C et après stabilisation à cette valeur à l'intérieur du moule 1, on envoie, toutes les deux minutes, des bouffées d'argon sous une pression de 10 bars.

Au bout de deux heures, on obtient des ébauches dont l'épaisseur minimale au voisinage du pôle, est de 1,1 mm.

5 Ces ébauches sont usinées chimiquement jusqu'à une épaisseur de 0,6 mm et soudées deux à deux à l'aide d'un faisceau d'électrons de façon à réaliser des capacités sphériques. Ces capacités sphériques résistent à l'éclatement à des pressions de 40 bars.

EXEMPLE II :

10 On réalise des demi-tores en TA6V ayant un diamètre intérieur de 200 mm et un diamètre extérieur de 400 mm avec une épaisseur de peau minimale de 1,5 mm.

15 Deux flans de 7 mm d'épaisseur sont usinés avant formage pour avoir une épaisseur interne finale évolutive pour un travail à isocontrainte de la pièce finie.

20 La température des flans est amenée à 920°C et, toutes les deux minutes environ, on introduit dans le moule de formage des bouffées d'argon pour parvenir à une pression finale de 7 bars. Au bout de deux heures, on obtient des demi-tores, qui assemblés deux à deux forment des tores résistant à la pression d'éclatement de 220 bars.

EXEMPLE III :

25 On réalise des demi-sphères en TA6V ayant un diamètre  $\phi$  de 235 mm, à partir de flans 11 et 12 d'épaisseur  $e = 5\text{mm}$ , soit une épaisseur relative de  $\frac{e}{\phi} = 2 \%$ .

La température des flans est amenée à 920°C et on forme des demi-sphères par bouffées d'argon pour parvenir à une pression finale de 4 bars environ.

EXEMPLE IV :

- 5 On réalise des demi-sphères en TA6V ayant un diamètre  $\phi$  de 200 mm, à partir de flans 11 et 12 d'épaisseur  $e = 15$  mm, soit une épaisseur relative  $\frac{e}{\phi} = 7,5 \%$ , de la façon mentionnée dans l'exemple I. On obtient des
- 10 demi-sphères qui sont usinées jusqu'à présenter une épaisseur de 5 mm.

## RE V E N D I C A T I O N S

1.- Procédé pour le formage d'une pièce à partir d'un  
flan (11,12) qui est placé dans un moule (1) comportant  
une empreinte (7,8) de la pièce à obtenir et qui est  
soumis aux conditions pour lesquelles sa matière consti-  
tutive est superplastique, ce formage résultant d'une  
différence de pression appliquée entre les deux faces  
dudit flan (11,12) de façon que celui-ci se déforme  
plastiquement pour venir épouser ladite empreinte (7,  
8),  
caractérisé en ce que ladite différence de pression est  
appliquée par impulsions successives.

2.- Procédé selon la revendication 1,  
caractérisé en ce qu'on applique des impulsions de pres-  
sion successives (25,26) du côté du flan (11,12) opposé  
à l'empreinte (7,8), à la manière d'un gonflage.

3.- Procédé selon la revendication 2,  
caractérisé en ce que l'on mesure et/ou enregistre (en  
24), au fur et à mesure de l'arrivée desdites impulsions  
de pression, la pression résultante cumulée se trouvant  
du côté du flan opposé à l'empreinte.

4.- Procédé selon la revendication 3,  
caractérisé en ce que l'on agit sur la fréquence, la  
durée et/ou l'amplitude des impulsions de pression pour  
adapter et moduler la déformation du flan (11,12) en  
fonction de sa réaction au formage.

5.- Procédé selon l'une des revendications 2 à 4,  
caractérisé en ce qu'on applique au flan (11,12) des  
bouffées successives d'un gaz à pression constante, mais  
réglable, selon une fréquence réglable.

6.- Procédé selon la revendication 5,  
caractérisé en ce que l'adaptation et la modulation  
de la déformation du flan (11,12) en fonction de  
sa réaction au formage est automatisée par un asservis-  
5 sement (27).

7.- Procédé selon l'une quelconque des revendications  
1 à 6,  
caractérisé en ce qu'on réalise un moule (1) comportant  
deux empreintes (7,8) en regard, en ce que, entre ces  
10 deux empreintes, on dispose un ensemble de deux flans  
(11,12) reliés de façon étanche à leur périphérie, et  
en ce que l'on envoie les impulsions de pression (25,  
26) à l'intérieur de la cavité étanche (14) ainsi  
délimitée entre lesdits flans (11,12).

8.- Procédé selon la revendication 7,  
caractérisé en ce que lesdits flans (11,12) sont rendus  
solidaires l'un de l'autre par une couronne (13) fixée  
de façon étanche à leur périphérie et en ce que cette  
15 couronne (13) sert au centrage et au maintien desdits  
20 flans (11,12) par rapport au moule (1).

9.- procédé selon l'une quelconque des revendications  
1 à 8,  
caractérisé en ce que dans ladite empreinte (7,8) règne  
une atmosphère neutre.

10.-Pièce, notamment en alliage de titane, obtenue par  
mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des  
revendications 1 à 9.

Fig.1

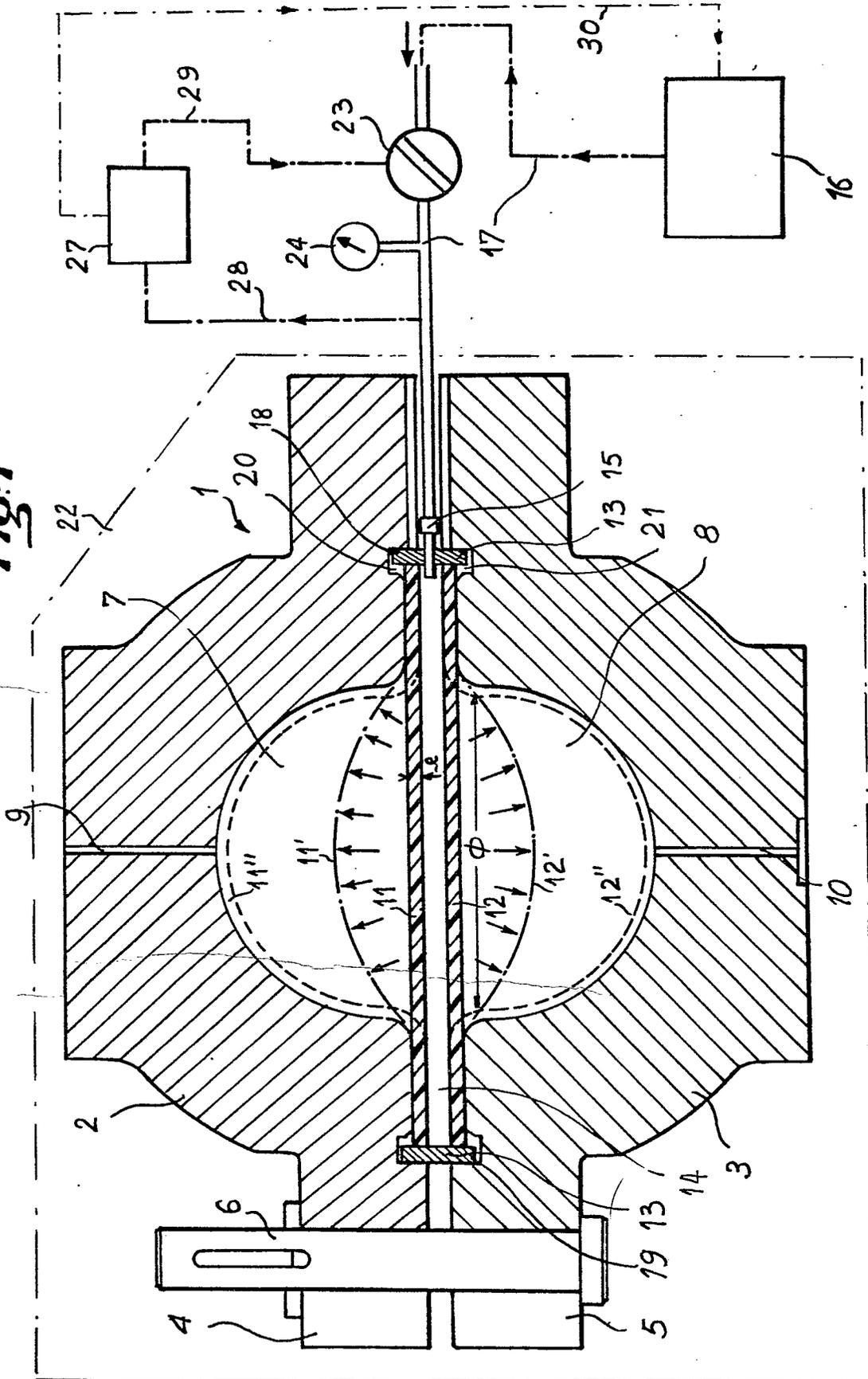


Fig:2

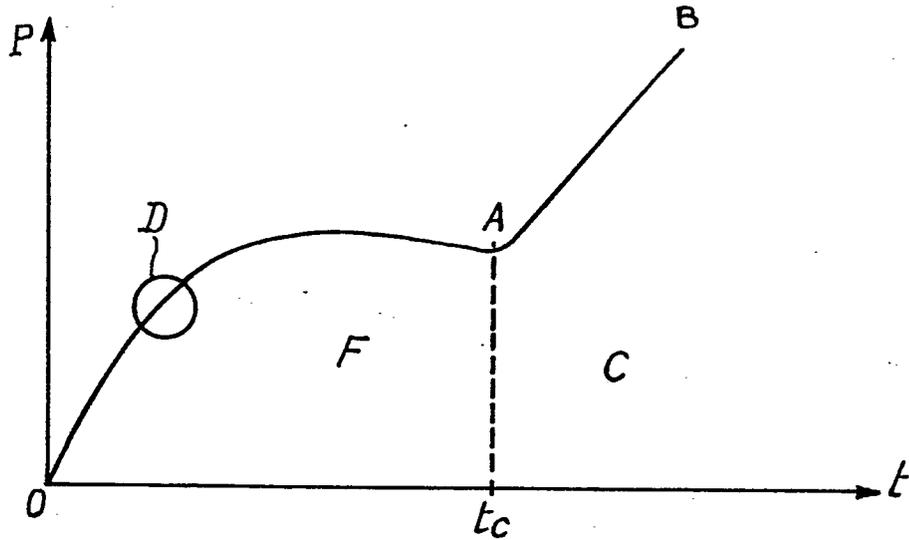
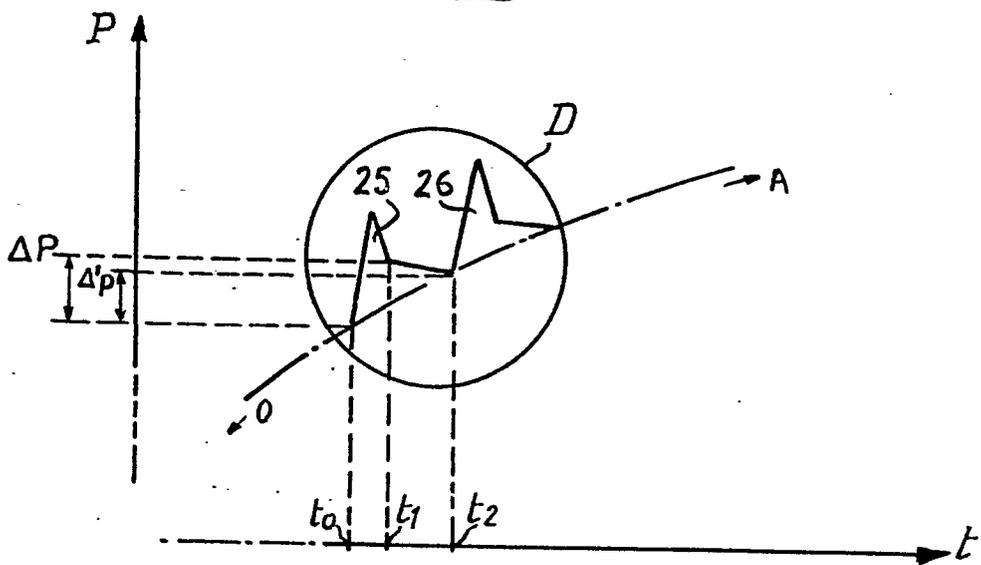


Fig:3



0018255

Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 80 40 0429

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	
	FR - A - 2 245 428 (ALTER LICENSING) * Page 7, lignes 27-37; page 8, lignes 1-10; page 9, page 10, figures *	1,2,4,5	B 21 D 26/02
	--		
	FR - A - 2 134 253 (TOKYU SHARYO SERO) * Pages 15 et 16; figures *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. )
	--		
	US - A - 3 800 578 (CONTINENTAL CAN COMP.) * Colonne 6, lignes 24-68; colonne 7; colonne 8; figures *	1,2	B 21 D
	--		
A	FR - A - 1 548 977 (PRESSED STEEL)	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
A	FR - A - 1 537 815 (PRESSED STEEL)	1	
A	FR - A - 2 101 119 (PRESSED STEEL)	1	
A	US - A - 3 934 441 (ROCKWELL INTERNATIONAL)	1	
A	FR - A - 1 485 606 (INTERNATIONAL BUSINESS)	1	
A	DE - A - 1 914 035 (PRESSED STEEL)	1	
A	US - A - 3 934 440 (BERG)	1	
P	US - A - 4 181 000 (HAMILTON) * Ensemble du document *	1-6	& membre de la même famille document correspondant
	--		
K 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	24-07-1980	PEETERS L	