

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 331 539 B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication de fascicule du brevet: **26.01.94** (51) Int. Cl.⁵: **B21J 5/08**, B21K 3/04

(21) Numéro de dépôt: **89400273.2**

(22) Date de dépôt: **01.02.89**

(54) **Procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre par refoulage, notamment pour aubes de compresseur et outillage de mise en oeuvre.**

(30) Priorité: **03.02.88 FR 8801227**

(43) Date de publication de la demande:
06.09.89 Bulletin 89/36

(45) Mention de la délivrance du brevet:
26.01.94 Bulletin 94/04

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(56) Documents cités:
FR-A- 2 220 328
FR-A- 2 494 606
SU-A- 183 026
SU-A- 804 163
SU-A- 821 016

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 11, no.
21 (M-555)[2468], 21 janvier 1987;& JP-A-61
193 739 (TOYOTA MOTOR CORP.) 28-08-1986

(73) Titulaire: **SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION, "S.N.E.C.M.A."**
2, Boulevard du Général Martial Valin
F-75015 Paris(FR)

(72) Inventeur: **Lorieux, Alain Georges Henri**
9, rue du 11 Novembre
F-95110 Sannois(FR)

(74) Mandataire: **Moinat, François et al**
S.N.E.C.M.A.
Service des Brevets
Boîte Postale 81
F-91003 Evry Cédex (FR)

EP 0 331 539 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre du pied d'une aube de compresseur de turbomachine par refoulement ainsi qu'un outillage destiné à la mise en oeuvre dudit procédé selon le préambule des revendications 1 et 5.

Il est courant dans la fabrication de certaines pièces telles que des aubes de compresseur à partir d'ébauches forgées d'effectuer une opération de refoulement de l'extrémité d'une barre cylindrique afin d'obtenir par augmentation de la section le volume de matière nécessaire, par exemple, à la réalisation du pied dans le cas d'une aube.

Dans les données de définition d'une telle opération de refoulement, on peut retenir deux types de paramètres :

- des paramètres technologiques tel que le taux de refoulement t , défini par :

$$t = (L_0 - L_1)/D_0$$

où L_0 est la longueur initiale de la portion de barre à refouler,

L_1 est la longueur de cette même portion après refoulement,

D_0 est le diamètre initial de la barre à refouler ;

$L_0 - L_1$ représente la course utile du poinçon de la machine de forgeage utilisée et la limite supérieure de cette course est une donnée de construction de ladite machine ;

- des paramètres métallurgiques et notamment le rapport de réduction r défini par :

$$r = L_0/L_1 = S_1/S_0 = (D_1/D_0)^2$$

où S_0 est la section transversale initiale de la barre,

S_1 est la section transversale de la barre après refoulement et D_1 est le diamètre correspondant.

Dans les diverses applications connues du procédé de refoulement, il apparaît que pour éviter des défauts inacceptables sur les ébauches obtenues, le procédé est soumis à des limitations géométriques. Ces défauts dus à une maîtrise insuffisante de la déformation au cours de l'opération consistent notamment en replis qui peuvent être dus à un phénomène de flambage de la portion de barre à refouler ou en un fibrage perturbé, dû à un phénomène de torsion de la barre après flambage.

Les figures 1a, 1b, 1c, 1d des dessins joints en annexe illustrent la réalisation d'un refoulement sur une barre B, placée dans un conteneur A, au cours duquel lors de quatre opérations successives correspondant respectivement aux quatre figures, une

réduction de longueur L_1 , L_2 , L_3 et L_4 est obtenue et les phénomènes qui viennent d'être signalés (flambage puis torsion) apparaissent conduisant aux défauts qui ont été notés (replis et fibrage perturbé).

Il est couramment admis que pour éviter ces défauts, une valeur limite supérieure du taux de refoulement t de 4 lorsque le refoulement est effectué en une opération ou de 6 lorsqu'il est effectué en deux opérations successives doit être respectée. Une limitation du rapport D_1/D_0 de 1,5 à 2 suivant le type d'alliage concerné est également fixée quelquefois.

Diverses tentatives d'amélioration ont recherché à dépasser les limitations géométriques imposées jusqu'à présent sans encourir l'apparition des défauts. On a ainsi tenté d'effectuer l'opération de refoulement au moyen d'un outillage animé d'un mouvement de nutation sur l'extrémité à refouler de la barre, celle-ci étant simultanément déplacée vers la zone de travail d'une longueur correspondant au volume à déformer. On a également tenté d'effectuer un refoulement en plusieurs passes en avançant successivement, à chaque passe, la barre d'une longueur correspondant au volume à déformer. Des exemples de telles réalisations sont donnés par FR-A-2050 483, FR-A-2050 484, et par FR-A-2220 328. Dans ces procédés, les résultats n'ont pas été entièrement satisfaisants et notamment une orientation suffisamment régulière du fibrage ne peut pas être assurée.

On connaît par ailleurs par SU-A-804 163, qui représente l'état de la technique le plus proche, un outil de matriçage en ébauche d'un objet à section en polygonale tel qu'un écrou.

Cet outil a une cavité de travail intérieure à faces convexes raccordées par des angles arrondis dont le rayon de courbure est tel que le contour sort des limites du contour de l'empreinte de l'outil de finition.

Le procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre par refoulement permettant d'éviter ces inconvénients est caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux étapes successives :

- (a) une première étape de refoulement durant laquelle, au moins à partir d'un premier stade de déformation, un contact est maintenu entre au moins trois génératrices de ladite portion de barre et la surface intérieure d'un premier conteneur qui comporte, entre deux desdites lignes de contact respectivement, une excroissance en creux longitudinale formant en section transversale une partie lobée,
- une deuxième étape de refoulement durant laquelle, au moins à partir d'un premier stade de déformation, un contact est maintenu entre les génératrices de sommet des excroissances longitudinales obtenues sur la première

re ébauche à l'issue de la première étape (a) et la surface intérieure d'un deuxième conteneur, ladite surface intérieure de cavité présentant une forme de contour enveloppant ladite première ébauche,

et en ce que ledit taux de refoulement obtenu en deux passes est au moins égal à 8.

Un outillage de refoulement enveloppant une ébauche forgée en barre destiné à la mise en oeuvre dudit procédé est défini par la combinaison de caractéristiques de la revendication 5.

Avantageusement, le premier conteneur présente une cavité de section cruciforme, la barre cylindrique étant en contact avec la surface intérieure du conteneur le long de quatre génératrices situées à 90° l'une de l'autre et le deuxième conteneur présente une cavité de section carrée, à coins arrondis, les sommets des excroissances ou lobes de la section cruciforme de la barre obtenue à l'issue de la première étape étant en contact respectivement avec un côté dudit carré.

Dans certaines applications concernant des alliages de titane, des taux de refoulement de 8 à 10 obtenus en deux opérations par le procédé conforme à l'invention nécessitaient par les procédés antérieurs connus auparavant au minimum cinq opérations successives. Selon les critères de qualité imposés et selon les applications, notamment en fonction des alliages utilisés, des taux de refoulement supérieurs peuvent être obtenus et dans tous les cas, supérieurs aux résultats antérieurs. En outre, les examens métallographiques effectués sur les ébauches forgées obtenues par le procédé de refoulement selon l'invention ont montré une nette amélioration de l'orientation du fibrage par rapport à ces procédés antérieurs ainsi qu'une absence totale de défauts. Ces résultats améliorés proviennent directement de l'application du procédé selon l'invention et peuvent s'expliquer par ses caractéristiques. En effet, lors de la première étape du procédé, la barre est maintenue en appui au moins suivant trois génératrices, évitant ainsi toute déformation par flambage, alors que l'écoulement de l'alliage ne peut se faire qu'en direction des parties en creux du conteneur, rendant ainsi toute déformation par torsion impossible. De même, lors de la deuxième étape, le contact maintenu entre les génératrices extrêmes de l'ébauche et les parois du conteneur empêche toute déformation par flambage ou par torsion.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1a, 1b, 1c, 1d qui ont été précédemment décrites représentent schématiquement les déformations d'une barre lors d'opé-

rations successives de refoulement n'appliquant pas l'invention :

- les figures 2a, 2b représentent la barre dans sa forme initiale avant refoulement, respectivement en vue de face et en vue selon une section transversale,
- les figures 3a, 3b représentent schématiquement la barre représentée aux figures 2a, 2b au cours de la première étape de l'opération de refoulement selon le procédé conforme à l'invention, respectivement en vue suivant une coupe longitudinale et selon une section transversale ;
- les figures 4a, 4b représentent schématiquement l'ébauche obtenue à l'issue de la première étape, au cours de la deuxième étape de l'opération de refoulement selon le procédé conforme à l'invention, respectivement, selon des vues analogues aux figures 3a et 3b, suivant une coupe longitudinale et selon une section transversale ;
- la figure 5 représente une vue de l'ébauche forgée finale obtenue par le procédé conforme à l'invention, selon une section transversale ;
- la figure 6 représente selon une vue analogue à la figure 4b, en section transversale, une variante de mise en oeuvre de la deuxième étape du procédé conforme à l'invention ;
- les figures 7a, 7b, 7c montrent des variantes de mise en oeuvre d'étapes du procédé de refoulement conforme à l'invention.

Le procédé de fabrication d'ébauches forgées par refoulement conforme à l'invention s'applique notamment à des produits en barre tels que une barre cylindrique 1 représentée dans sa forme initiale aux figures 2a et 2b. Comme représenté schématiquement sur les figures 3a et 3b, pour la réalisation de la première étape (a) du procédé de refoulement conforme à l'invention, la barre 1 est placée dans un premier conteneur 2 solidaire d'une presse à forger ou machine à refouler d'un type connu en soi qui n'est pas représentée plus en détails sur les dessins. Au cours de cette première étape (a) de refoulement, une extrémité 1a de la barre 1 est soumise à l'action de refoulement d'un poinçon 3 mû par les moyens de poussée et de commande de ladite machine. La portion 1b de la barre 1 soumise au refoulement tend ainsi à occuper le volume disponible du conteneur 2 limité par la face du poinçon 3, ce qui entraîne une diminution de longueur de ladite portion 1b, accompagnée d'une augmentation de la section transversale correspondante. Dans le mode de réalisation de l'invention représenté sur les figures 3a et 3b, le premier conteneur 2 utilisé lors de la première étape du procédé de refoulement comporte une cavité 4 qui présente en section transversale une forme

générale cruciforme composée de quatre parties lobées 4a, 4b, 4c, 4d disposées symétriquement deux à deux, ménageant ainsi quatre génératrices 5a, 5b, 5c, 5d situées à 90° l'une de l'autre, qui coopèrent avec quatre génératrices correspondantes de la portion refoulée 1b de la barre 1 en maintenant, à partir d'un premier stade de déformation, un contact permanent avec elles au cours de l'étape de refoulement. Ledit contact suivant les génératrices entre conteneur et barre devient nécessaire à partir du moment où au cours de l'opération de refoulement apparaissent des risques de création de défauts irréversibles par flambage ou torsion. Le contact peut être réalisé dès le début de l'opération. Il est souvent dans la pratique plus aisé, pour des facilités de mise en oeuvre, de prévoir un jeu radial au départ entre lesdites génératrices qui peut aller dans le présent mode de réalisation jusqu'à 0,5mm. L'action, dans le sens de l'effort appliqué et du déplacement obtenu, du poinçon 3 s'exerce suivant la flèche F tandis que les flèches f symbolisent les directions d'écoulement de l'alliage constituant la barre 1 au cours du refoulement.

Pour la deuxième étape (b) du procédé de refoulement conforme à l'invention dont le déroulement est similaire à celui de la première étape (a) qui vient d'être décrit ci-dessus, l'ébauche intermédiaire 1c obtenue à l'issue de la première étape (a) est placée dans un deuxième conteneur 6, comme représenté schématiquement sur les figures 4a et 4b, et son extrémité est à nouveau soumise à une action de refoulement d'un poinçon 7. Dans le mode de réalisation de l'invention représenté aux figures 4a et 4b, le deuxième conteneur 6 comporte une cavité 8 qui présente en section transversale une forme générale carrée, à coins arrondis. L'ébauche intermédiaire 1c présente une section cruciforme qui reproduit la forme de la cavité 4 du premier conteneur 2 et les génératrices 1d, 1e, 1f et 1g correspondant aux sommets des parties lobées de cette section cruciforme de l'ébauche intermédiaire 1c sont placées au contact de lignes d'appui correspondantes des côtés du carré de cavité du deuxième conteneur 6 et de manière similaire à la première étape (a), au cours de la deuxième étape (b) de refoulement, le contact est également maintenu en permanence, à partir d'un premier stade de déformation, au niveau de ces quatre génératrices symétriques deux à deux, entre la surface externe de l'ébauche 1c et la surface de la cavité 8 du deuxième conteneur 6. Comme précédemment, un jeu radial variable, de 0 à 0,5 mm dans la présente application, peut être ménagé au départ de la deuxième étape entre les génératrices coopérantes de la barre et du conteneur.

A l'issue de cette deuxième étape (b) du procédé de refoulement conforme à l'invention, la portion

refoulée initiale 1b présente une section finale 1d d'ébauche forgée telle que représentée à la figure 5 dans le mode de réalisation qui vient d'être décrit. Cette portion refoulée de barre 1b peut notamment être destinée à constituer le pied d'une aube de turbomachine obtenue par forgeage.

Divers modes de réalisation appliquant les caractéristiques du procédé de refoulement conforme à l'invention qui ont été décrites peuvent être envisagées. Notamment, en fonction de la nature des alliages concernés, des pièces dont la fabrication est envisagée, du taux de refoulement recherché, un nombre différent d'étapes du procédé de refoulement peut être appliqué. Différentes formes de cavité du conteneur utilisé, ou suivant les étapes associées, peuvent également être associées à condition de ménager, conformément à l'invention, un contact permanent au cours d'une étape entre plusieurs génératrices de l'ébauche et de la surface de cavité du conteneur. Le deuxième conteneur 6 utilisé lors de la deuxième étape (b) de refoulement dans le mode de réalisation qui a été décrit et dont la section est représentée à la figure 4b peut, par exemple, comporter une cavité 8a délimitée par une surface qui est représentée par une section circulaire à la figure 6. Les figures 7a, 7b, 7c, représentent respectivement, selon une section schématique, d'autres formes utilisables de cavité de conteneur 9a, 9b, 9c, respectivement associé à une portion de barre à refouler de section 10a, 10b, 10c, 10c, 10d. Cette section de barre au départ est de forme adaptée à la pièce finale à obtenir et outre cylindrique peut notamment être rectangulaire ou carrée.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre du pied d'une aube de compresseur de turbomachine par refoulement dans lequel au moins une portion de barre (1b), de longueur initiale L_0 et de section initiale S_0 de diamètre D_0 , est transformée par refoulement en une portion de barre (1d) de longueur finale L_I et de section finale S_I de diamètre D_I telles que $L_0 > L_I$, $S_0 < S_I$, $D_0 > D_I$, un paramètre technologique t ou taux de refoulement étant représenté par $t = (L_0 - L_I)/D_0$, ladite barre (1) placée dans un outillage de support ou conteneur (2,6) étant soumise à l'action de refoulement d'un poinçon (3) d'une presse de forgeage, s'exerçant sur l'extrémité de la barre caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux étapes successives :

- (a) une première étape de refoulement durant laquelle, au moins à partir d'un premier stade de déformation, un contact est maintenu entre au moins trois géné-

ratrices de ladite portion de barre et la surface intérieure d'un premier conteneur (2) qui comporte, entre deux desdites lignes de contact (5a,5b,5c,5d) respectivement, une excroissance (4a,4b,4c,4d) en creux longitudinale formant en section transversale une partie lobée ;

- (b) une deuxième étape de refoulement durant laquelle, au moins à partir d'un premier stade de déformation, un contact est maintenu entre les génératrices de sommet (1d,1e,1f,1g) des excroissances longitudinales obtenues sur la première ébauche (1c) à l'issue de la première étape (a) et la surface intérieure de cavité d'un deuxième conteneur (6), ladite surface intérieure de cavité présentant une forme du contour enveloppant ladite première ébauche,

et en ce que ledit taux de refoulement (t) obtenu en deux passes est au moins égal à 8.

2. Procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre par refoulement selon la revendication 1 dans lequel lors de la première étape (a), le premier conteneur (2) présente en section transversale un contour intérieur de forme générale cruciforme et la première ébauche (1b,1c) refoulée est maintenue au cours de ladite première étape (a) suivant quatre génératrices (5a,5b,5c,5d) longitudinales périphériquement réparties à 90° l'une de l'autre et présente à l'issue de la première étape (a) quatre excroissances longitudinales orientées à 90° l'une de l'autre.

3. Procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre par refoulement selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel lors de la deuxième étape (b), le deuxième conteneur (6) présente en section transversale un contour intérieur de forme générale carrée, à coins arrondis.

4. Procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre par refoulement selon l'une des revendications 1 ou 2 dans lequel lors de la deuxième étape (b), le deuxième conteneur (8a) présente en section transversale un contour intérieur circulaire.

5. Outillage de refoulement enveloppant une ébauche (1b,1c) forgée en barre, destiné à la mise en oeuvre d'un procédé de fabrication conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4 consistant en deux conteneurs (2,6) comportant chacun une cavité (4,8) dans laquelle est placée ladite ébauche (1b,1c) caractérisé en ce que le premier conteneur (2) adapté pour la

réalisation de la première étape (a) dudit procédé présente une géométrie de surface intérieure de cavité (4) telle que l'ébauche (1b) avant forgeage est en contact au moins à partir d'un premier stade de déformation, au moins suivant trois génératrices avec des génératrices (5a,5b,5c,5d) coopérantes du conteneur (2) et telle que des excroissances (4a,4b,4c,4d) longitudinales en creux sont ménagées entre lesdites génératrices (5a,5b,5c,5d) et en ce que le deuxième conteneur (6) adapté pour la réalisation de la deuxième étape (b) dudit procédé présente une géométrie de surface intérieure de cavité (8) telle que le contour de section transversale enveloppe le contour de surface intérieure de cavité du premier conteneur et que les formes de contour de surface intérieure de cavité desdits premier (2) et deuxième conteneur (6) sont tangentes suivant au moins trois génératrices et ne sont sécantes en aucun point.

6. Outillages destinés à la mise en oeuvre du procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre par refoulement selon la revendication 5 caractérisé en ce que ledit premier conteneur (2) comporte une cavité présentant une section transversale cruciforme à quatre lobes (4a,4b,4c,4d) répartis à 90° l'un de l'autre.

7. Outillages destinés à la mise en oeuvre du procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre par refoulement selon l'une des revendications 5 ou 6 caractérisés en ce que ledit deuxième conteneur (6) comporte une cavité (8) présentant une section transversale de forme générale carrée, à coins arrondis, la longueur d'un côté du carré représentant la distance entre deux sommets d'excroissances diamétralement opposées (1d-1f,1e-1g) du premier conteneur (2).

8. Outillages destinés à la mise en oeuvre du procédé de fabrication d'ébauches forgées en barre par refoulement selon l'une des revendications 5 ou 6 caractérisés en ce que ledit deuxième conteneur comporte une cavité (8a) présentant une section transversale circulaire, dont la circonférence enveloppe la section de cavité (4) du premier conteneur (2).

Claims

1. Process for manufacturing blanks for turboshaft engine compressor blade roots by upsetting forged bar, in which at least one portion of bar (1b), of initial length L_0 and of initial section S_0 , of diameter D_0 , is transformed by upset-

ting a portion of bar (1d) of final length L1 and final section S1, of diameter D1 such that $L_0 > L_1$, $S_0 < S_1$, $D_0 > D_1$, a technological parameter t or rate of upsetting being represented by $t = (L_0 - L_1)/D_0$, the said bar (1) placed in a supporting tool or container (2, 6) being subjected to the action of upsetting by a forging press punch (3), exerting itself on the end of the bar, characterised in that it comprises at least two successive stages:

- (a) a first upsetting stage during which, at least from a first stage of deformation, a contact is maintained between at least three generatrices of the said portion of bar and the inner surface of a first container (2) which comprises, between two of the said lines of contact (5a, 5b, 5c, 5d) respectively, a protuberance (4a, 4b, 4c, 4d) of longitudinal trough shape forming in cross section a lobed part;
- (b) a second upsetting stage during which, at least from a first stage of deformation, a contact is maintained between the peak generatrices of the longitudinal protuberances obtained on the first blank (1b) at the end of the first stage (a) and the inner cavity surface of a second container (6), the said inner cavity surface presenting a shape of the contour enveloping the said first blank, and in that the said upset rate (t) obtained in two passes is at least equal to 8.

2. Process for producing blade root blanks by upsetting forged bar in accordance with Claim 1, in which during the first stage (a), the first container (2) presents in cross section an inner contour of generally cruciform shape and the first blank (1b, 1c) upset is maintained during the course of the said first stage (a) in accordance with four longitudinal generatrices (5a, 5b, 5c, 5d) peripherally spaced at 90° to each other and presents at the end of the first stage (a) four longitudinal protuberances oriented at 90° from each other.

3. Process for producing blanks by upsetting forged bar in accordance with either of Claims 1 and 2 in which during the second stage (b), the second container (6) presents in cross section an inner contour of generally square shape, with rounded corners.

4. Process for producing blanks by upsetting forged bar in accordance with either of Claims 1 and 2 in which during the second stage (b), the second container (8a) presents in cross

section a circular inner contour.

5. Upsetting tool enveloping a blank (1b, 1c) forged from bar, designed for putting into practice a production process conforming to any of Claims 1 to 4 consisting of two containers (2, 6) each comprising a cavity (4, 8) in which is placed the said blank (1b, 1c) characterised in that the first container (2) suited to the carrying out of the first stage (a) of the said process presents an inner cavity surface geometry (4) such that before forging the blank (1b) is in contact, at least from a first stage of deformation, at least in accordance with three generatrices, with the matching generatrices (5a, 5b, 5c, 5d) of the container (2) and such that trough-shaped longitudinal protuberances (4a, 4b, 4c, 4d) are formed between the said generatrices (5a, 5b, 5c, 5d) and in that the said second container (8)[sic. 8a] adapted for the carrying out of the second stage (b) of the said process presents an inner cavity surface geometry (8) such that the cross sectional contour envelopes the inner surface cavity geometry contour of the first container and that the inner surface cavity contour shapes of the said first (2) and second containers (6) are tangents in accordance with at least three generatrices and are secants at no point.

6. Tools designed for carrying out the process of manufacturing blanks by upsetting forged bar in accordance with Claim 5 characterised in that the said first container (2) comprises a cavity presenting a cruciform cross section with four lobes, spaced at 90° from each other.

7. Tools designed for carrying out the process of manufacturing blanks by upsetting forged bar in accordance with either of Claims 5 or 6 characterised in that the said second container (6) comprises a cavity (8a) of generally square shape, with rounded corners, the length of one side of the square representing the distance between two peaks of protuberances diametrically opposite (1d-1f, 1e-1g) the first container.

8. Tools designed for carrying out the process of manufacturing blanks by upsetting forged bar in accordance with either of Claims 5 or 6 characterised in that the said second container comprises a cavity (8a) presenting a circular cross section whose circumference envelopes the cavity section (4) of the first container (2).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung geschmiedeter Rohlinge aus Stangenmaterial für den Fuß einer Turbomaschinen-Kompressorschaukel durch Stauchen, wobei wenigstens ein Stangenabschnitt (1b) mit der Ausgangslänge L_0 und dem Ausgangsquerschnitt S_0 des Durchmessers D_0 durch Stauchen in einen Stangenabschnitt (1d) mit der Endlänge L_1 und dem Endquerschnitt S_1 des Durchmessers D_1 dergestalt umgewandelt wird, daß $L_0 > L_1$, $S_0 < S_1$, $D_0 > D_1$, wobei ein technischer Parameter t oder Stauchungsgrad ausgedrückt ist durch $t = (L_0 - L_1) / D_0$, wobei die genannte, in ein Haltewerkzeug oder Behälter (2, 6) gesteckte Stange (1) der Stauchwirkung eines Stempels (3) einer Schmiedepresse ausgesetzt wird, die auf das Ende der Stange ausgeübt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß es aus wenigstens zwei aufeinanderfolgenden Schritten besteht:

- (a) einem ersten Stauchschritt, bei dem zumindest ab einem ersten Verformungsstadium eine Berührung zwischen mindestens drei Mantellinien des genannten Stangenabschnitts und der Innenfläche eines ersten Behälters (2) aufrechterhalten wird, der zwischen zwei der genannten Berührungslinien (5a, 5b, 5c, 5d) jeweils eine hohle Ausstülpung (4a, 4b, 4c, 4d) in Längsrichtung aufweist, die im Querschnitt einen keulenförmigen Abschnitt bildet;
- (b) einem zweiten Stauchschritt, bei dem zumindest ab einem ersten Verformungsstadium eine Berührung zwischen den Spitzen (1d, 1e, 1f, 1g) der länglichen Ausstülpungen, die an dem ersten Rohling (1c) am Ende des ersten Schritts (a) erzielt werden, und der Innenfläche der Höhlung eines zweiten Behälters (6) aufrechterhalten wird, wobei die genannte Innenfläche der Höhlung eine Form der Kontur aufweist, die den genannten ersten Rohling umhüllt, und daß der genannte Stauchungsgrad (t), der in zwei Durchgängen erzielt wird, mindestens gleich 8 ist.

2. Verfahren zur Herstellung geschmiedeter Rohlinge aus Stangenmaterial durch Stauchen nach Anspruch 1, wobei beim ersten Schritt (a) der erste Behälter (2) im Querschnitt eine allgemein kreuzförmige Innenkontur aufweist und der erste gestauchte Rohling (1b, 1c) während des genannten ersten Schritts (a) an vier Man-

tellinien (5a, 5b, 5c, 5d) in Längsrichtung gehalten wird, die am Umfang um 90° versetzt voneinander verteilt sind, und am Ende des ersten Schritts (a) vier Ausstülpungen in Längsrichtung aufweist, die im 90° -Winkel zueinander liegen.

3. Verfahren zur Herstellung geschmiedeter Rohlinge aus Stangenmaterial durch Stauchen nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei beim zweiten Schritt (b) der zweite Behälter (6) im Querschnitt eine allgemein quadratische Innenkontur mit abgerundeten Ecken aufweist.

4. Verfahren zur Herstellung geschmiedeter Rohlinge aus Stangenmaterial durch Stauchen nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei beim zweiten Schritt (b) der zweite Behälter (8a) im Querschnitt eine kreisförmige Innenkontur aufweist.

5. Stauchwerkzeug, das einen geschmiedeten Rohling (1b, 1c) aus Stangenmaterial umhüllt, zur Durchführung eines Herstellungsverfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bestehend aus zwei Behältern (2, 6), die jeweils eine Höhlung (4, 8) aufweisen, in der der genannte Rohling (1b, 1c) angeordnet wird,

dadurch gekennzeichnet, daß der erste Behälter (2), der für die Durchführung des ersten Schritts (a) des genannten Verfahrens geeignet ist, eine dergestaltete Innenflächengeometrie der Höhlung (4) aufweist, daß der Rohling (1b) vor dem Stauchen zumindest ab einem ersten Verformungsstadium mit mindestens drei Mantellinien in Berührung mit den zusammenwirkenden Mantellinien (5a, 5b, 5c, 5d) des Behälters (2) ist und daß zwischen den genannten Mantellinien (5a, 5b, 5c, 5d) hohle Ausstülpungen (4a, 4b, 4c, 4d) in Längsrichtung ausgeführt sind,

und daß der zweite Behälter (6), der für die Durchführung des zweiten Schritts (b) des genannten Verfahrens geeignet ist, eine dergestaltete Innenflächengeometrie der Höhlung (8) aufweist, daß die Querschnittkontur die Innenflächenkontur der Höhlung des ersten Behälters umhüllt und daß die Konturen der Höhlungsinnenflächen des genannten ersten (2) und zweiten Behälters (6) mit mindestens drei Mantellinien Tangenten bilden und in keinem Punkt schneidend verlaufen.

6. Werkzeugausrüstung zur Durchführung des Verfahrens zur Herstellung geschmiedeter Rohlinge aus Stangenmaterial durch Stauchen nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Behälter (2) eine Höhlung mit

einem kreuzförmigen Querschnitt mit vier im 90°-Winkel zueinander angeordneten Keulen (4a, 4b, 4c, 4d) aufweist.

7. Werkzeugausrüstung zur Durchführung des Verfahrens zur Herstellung geschmiedeter Rohlinge aus Stangenmaterial durch Stauchen nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte zweite Behälter (6) eine Höhlung (8) mit einem allgemein quadratischen Querschnitt mit abgerundeten Ecken aufweist, wobei die Länge einer Seite des Quadrats den Abstand zwischen zwei sich diametral gegenüberliegenden Ausstülpungsgipfeln (1d-1f, 1e-1g) des ersten Behälters (2) darstellt. 5
10
15

8. Werkzeugausrüstung zur Durchführung des Verfahrens zur Herstellung geschmiedeter Rohlinge aus Stangenmaterial durch Stauchen nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte zweite Behälter eine Höhlung (8a) mit einem kreisförmigen Querschnitt aufweist, dessen Umfangslinie den Querschnitt der Höhlung (4) des ersten Behälters (2) umhüllt. 20
25

30

35

40

45

50

55

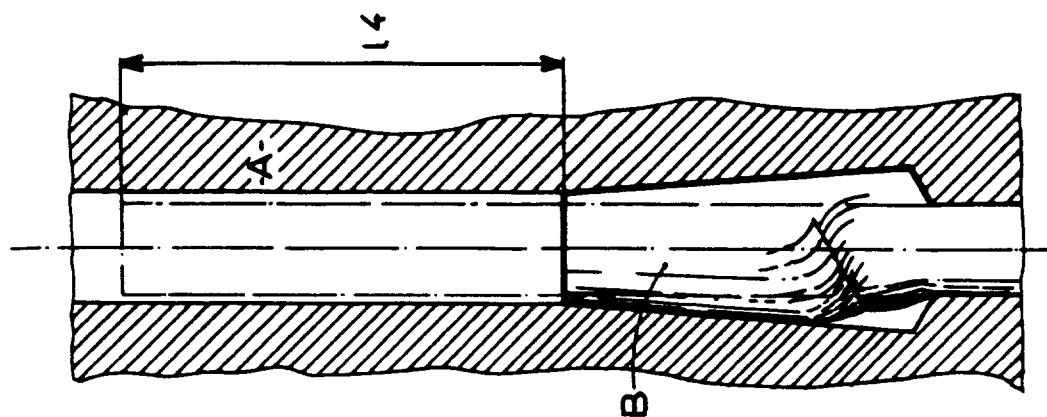


FIG. 1d

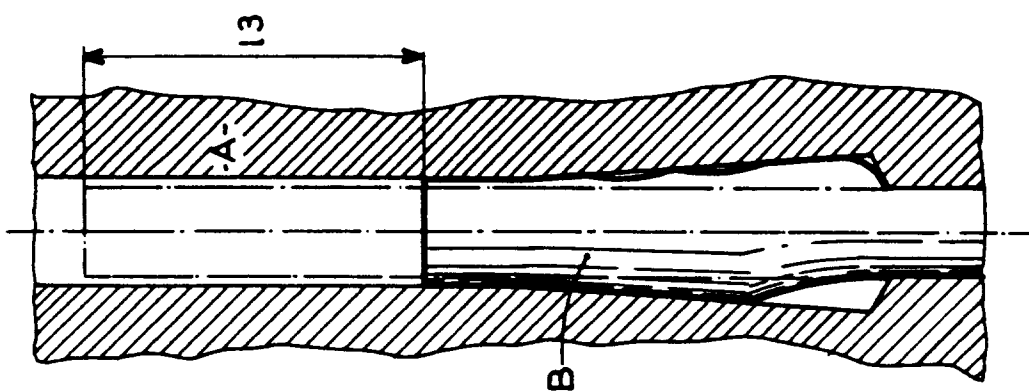


FIG. 1c

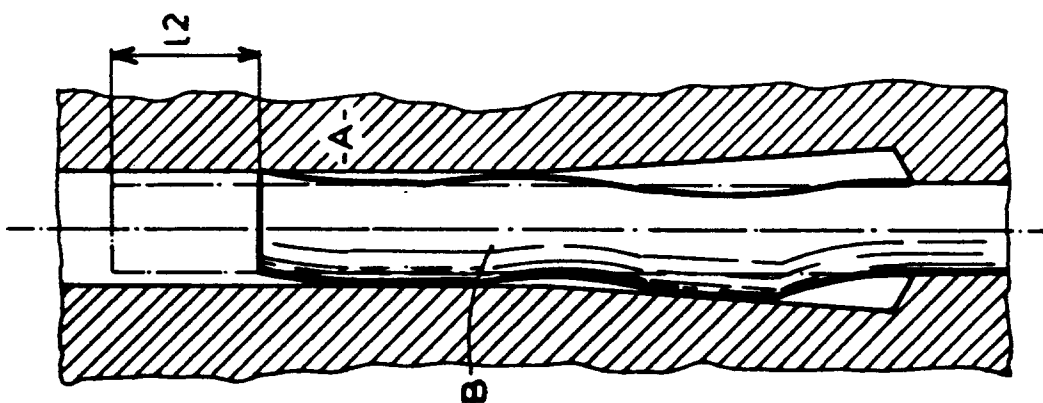


FIG. 1b

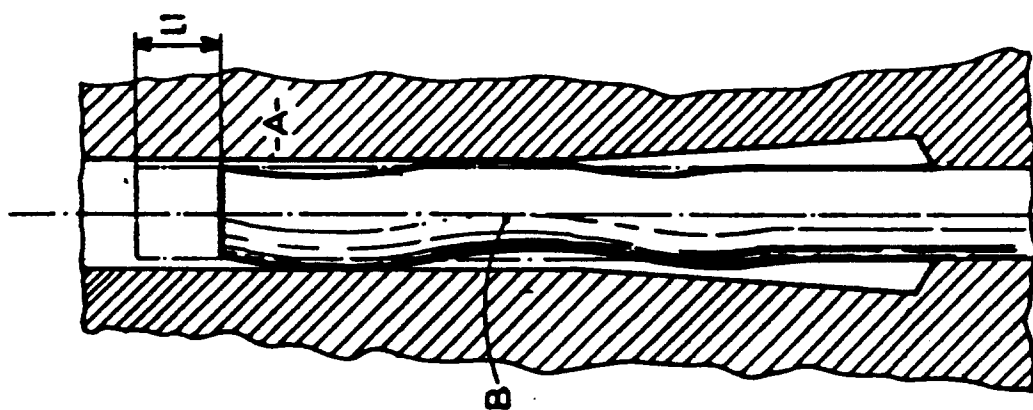


FIG. 1a

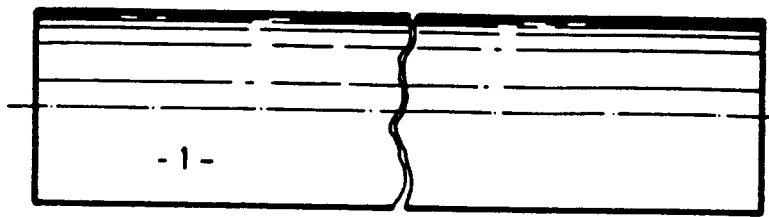


FIG: 2a

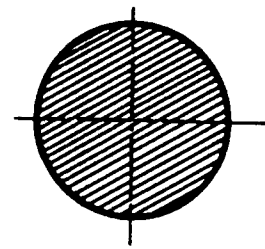


FIG: 2b

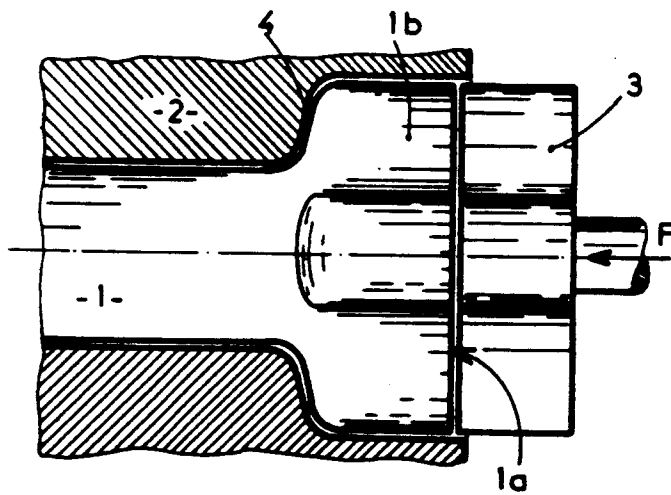


FIG: 3a

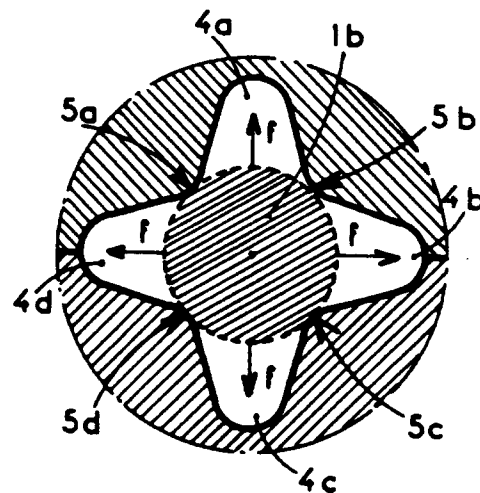


FIG: 3b

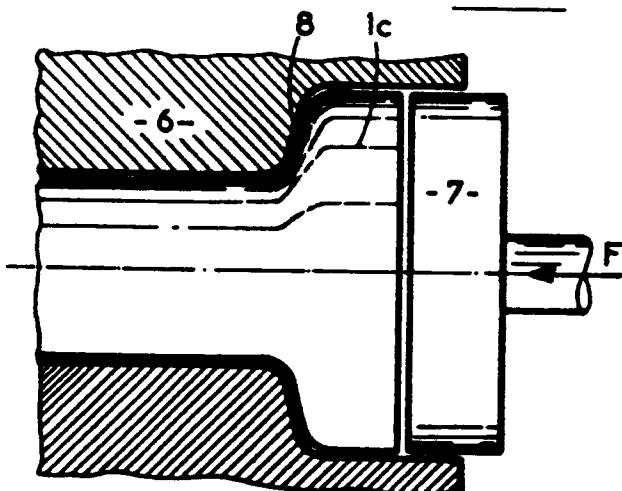


FIG: 4a

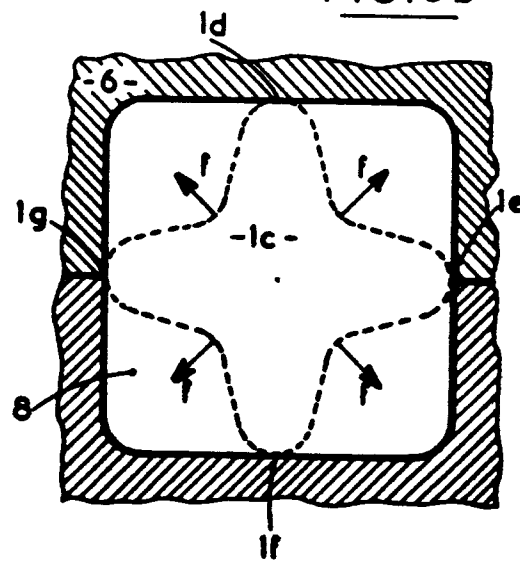


FIG: 4b

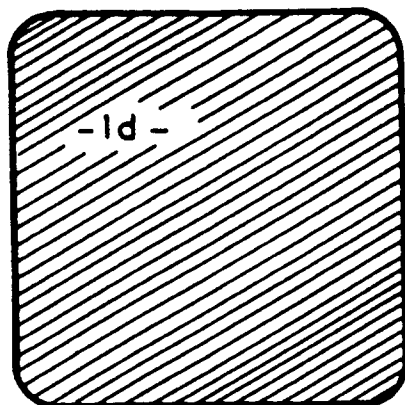


FIG: 5

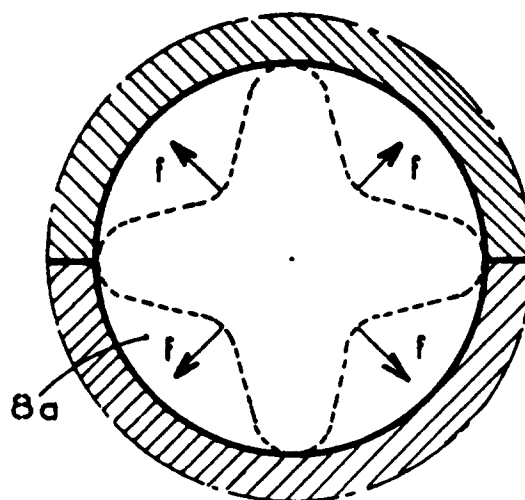


FIG: 6

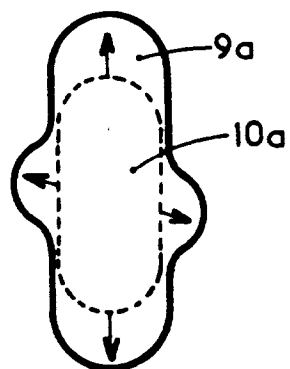


FIG: 7a

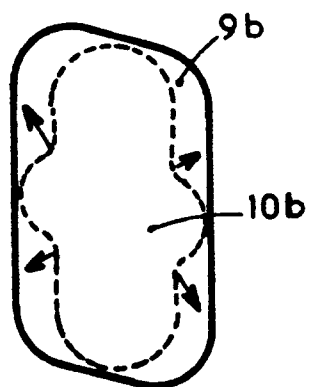


FIG: 7b

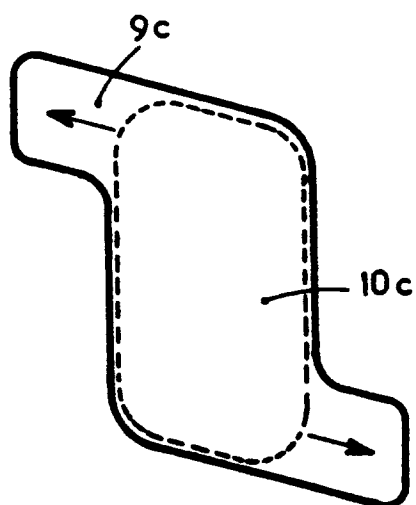


FIG: 7c