

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 657 554 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
02.08.2000 Bulletin 2000/31

(51) Int. Cl.⁷: **C22C 47/06**, C22C 47/20,
C22C 49/11, F01D 21/04,
B23P 15/00, B21K 1/76

(21) Numéro de dépôt: **94402806.7**

(22) Date de dépôt: **07.12.1994**

(54) Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres

Verfahren zur Herstellung eines ringförmigenfaserverstärkten Metallkörpers

Process for preparing a circular fiberreinforced metallic workpiece

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(30) Priorité: **08.12.1993 FR 9314698**

(43) Date de publication de la demande:
14.06.1995 Bulletin 1995/24

(73) Titulaire:
**SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE
CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION,
"S.N.E.C.M.A."
75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **Berthelemy, Jean-Claude
F-91540 Mennecy (FR)**

- **Girault, Daniel Georges
F-77000 Melun (FR)**
- **Bessenay, Gilles Jean-Michel
F-75017 Paris (FR)**
- **Molliex, Ludovic Edmond Camille
F-75013 Paris (FR)**
- **Gauthier, Gérard Philippe
F-91240 St Michel Sur Orge (FR)**

(56) Documents cités:
FR-A- 2 186 353 **FR-A- 2 366 904**
FR-A- 2 607 071 **US-A- 4 012 824**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016 no. 208
(M-1249) ,18 Mai 1992 & JP-A-04 033737
(MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 5 Février 1992,**

EP 0 657 554 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

[0001] L'invention concerne un procédé comportant un forgeage isotherme et permettant d'obtenir des pièces circulaires métalliques renforcées intérieurement par des fibres sur une ou plusieurs parties choisies de leur section. L'invention concerne aussi l'obtention des préformes de fibres de renfort mises en oeuvre dans ce procédé. Ces pièces circulaires ainsi obtenues sont notamment utilisées comme ébauches pour la réalisation de rotors à haut rapport résistance/masse tels les rotors de turbomachine utilisés en aéronautique.

[0002] Les rotors de turbomachines ont une forme générale de révolution autour d'un axe de rotation et ils comportent à leur périphérie ou latéralement une pluralité d'aubes faisant office de compresseur ou de turbine. Ces rotors tournent généralement à une vitesse élevée et sont soumis à des sollicitations importantes provenant principalement de la force centrifuge, mais aussi des vibrations de la machine et de l'ingestion accidentelle de corps étranger.

[0003] La conception de ces rotors est un compromis entre la performance aérodynamique ou hydrodynamique, la résistance et la masse.

[0004] Afin d'améliorer le rapport résistance/masse, on est conduit à renforcer ces rotors par des anneaux ou bandages réalisés dans des matériaux plus résistants et présentant un module d'élasticité appelé aussi module de Young supérieur.

[0005] On connaît des anneaux de renfort pour rotor ayant une structure fibreuse et plus particulièrement des fibres en carbure de silicium, en carbure de bore ou autre matériau à haute résistance, ces fibres étant noyées dans une matrice métallique. Le brevet FR 2 607 071 en donne un exemple de réalisation. Dans ce brevet, des fibres de carbure de silicium (SiC) sont assemblées en un ruban hélicoïdal ou préforme, entre les spires duquel on intercale un autre ruban réalisé dans le matériau de la matrice. L'ensemble est pressé à haute température, les forces de pression diffusent le matériau de la matrice entre les fibres, ce qui assure la cohésion de l'ensemble.

[0006] Dans une seconde forme de mise en oeuvre du procédé, ce brevet propose aussi de compresser et de souder l'article de renfort directement dans la pièce à renforcer.

[0007] Dans une autre forme de réalisation, les préformes sont constituées chacune d'une seule fibre enroulée suivant une spirale plane. Ce procédé permet une remarquable régularité du rayon de courbure de la fibre, pour une meilleure résistance de l'anneau.

[0008] La fibre peut être maintenue en position avant le pressage par des bandes ou des fils rayonnants passant alternativement en-dessous et en-dessus des fibres à maintenir, à la façon des fils d'un tissu. Cette solution délicate à mettre en oeuvre présente aussi l'inconvénient de faire onduler les fibres et de réduire ainsi leur capacité à résister à un effort de trac-

tion.

[0009] Pour éviter cet inconvénient, le brevet EP 0 490 629 propose de graver une rainure en spirale dans du feuillard en matériau de la matrice, à déposer la fibre dans la rainure et à maintenir cette fibre en position par projection d'un liant organique ou par projection plasma de métal de la matrice, ce qui constitue une préforme contenant à la fois de la fibre et du métal de la matrice. Cette solution ne présente plus comme précédemment l'inconvénient de faire onduler les fibres, mais elle est coûteuse et délicate à mettre en oeuvre, car les rainures dans lesquelles la fibre doit être introduite n'ont qu'une largeur très faible, anneau est ensuite réalisé par compression à chaud, avec une température et une pression suffisante pour que le métal pénètre entre les fibres et se soude autour d'elles. Si un liant organique est utilisé il est détruit par pyrolyse pendant la montée en température, ce liant étant choisi pour ne laisser qu'un minimum de résidus carbonés après pyrolyse.

[0010] Le renforcement de rotors avec de tels anneaux peut se faire par montage mécanique de l'anneau sur le rotor, ce montage présentant inévitablement des jeux. L'anneau ne participe donc à l'effort que lorsque le rotor est suffisamment déformé pour que ces jeux soient comblés.

[0011] Les anneaux peuvent aussi être frettés sur les rotors. Cette solution assure une excellente cohésion entre l'anneau et le rotor, mais présente l'inconvénient de mettre l'anneau en précontrainte de traction, ce qui diminue sa capacité à maintenir le rotor. De plus, la géométrie du rotor doit être agencée pour recevoir l'anneau.

[0012] Les anneaux de renfort peuvent aussi être glissés sur la périphérie des rotors ou introduits dans des rainures usinées dans ces rotors, puis brasés ou soudés par un moyen quelconque au rotor. Cette solution assure une excellente cohésion de l'anneau de renfort avec le reste du rotor, mais présente l'inconvénient d'imposer aux fibres deux cycles thermiques, ce qui augmente leur dégradation. Par exemple, le carbure de silicium SiC souvent utilisé pour réaliser des fibres de renfort peut réagir à haute température avec le métal de la matrice. Pour réduire ce phénomène, les fibres peuvent être recouvertes d'une couche de carbone, mais cette couche diffuse elle-même dans le métal de la matrice et en modifie la structure métallurgique. La réaction de la matière de la fibre avec la matrice n'est en conséquence que retardée.

[0013] On connaît également par le brevet FR.2.366.904 un procédé de fabrication de tubes en matériaux composites à matrice métallique et charge réfractaire comportant essentiellement les opérations suivantes:

- mise en place des constituants de la matrice et de la charge sur un noyau comportant une cavité,
- introduction de l'ensemble dans un moule,
- chauffage du moule et "compactage" de la pièce

par l'introduction d'un fluide sous pression dans la cavité du noyau en vue de son expansion uniforme.

Un tel procédé présente cependant l'inconvénient de ne pas être utilisable avec des anneaux composites radialement épais, car il y aurait alors rupture de la majorité des fibres de renfort. En effet, il est connu que le "compactage" de la matière composite métallique s'accompagne d'une réduction de volume de 40% à 70% environ. De ce fait, les fibres qui ne sont pas à la périphérie subiraient, sous l'effet de la compression centrifuge, une elongation qui en provoquerait la rupture.

[0014] On connaît par ailleurs le procédé évolué de forgeage isotherme qui consiste, dans une enceinte sous vide ou en atmosphère contrôlée, à chauffer la pièce jusqu'à une température à laquelle le métal peut se déformer de manière superplastique, à disposer cette pièce dans une matrice chauffée à la même température et à exercer sur la pièce une pression continue. Ce procédé autorise une structure métallurgique remarquable et très homogène de la pièce. Il permet aussi de réaliser l'ébauche de la pièce en plusieurs parties qui se souderont entre elles pendant le forgeage.

[0015] Pour résoudre ce problème, l'invention propose de réaliser des pièces circulaires métalliques renforcées par des fibres selon le procédé suivant :

- réalisation d'une ébauche de la pièce,
- réalisation dans l'ébauche d'au moins une rainure annulaire ouverte au moins suivant la direction axiale
- réalisation de préformes de fibres aux dimensions des rainures,
- introduction des préformes dans les rainures,
- pyrolyse du liant organique retenant les fibres,
- forgeage isotherme de l'ébauche avec les préformes,

ce qui permet de réaliser en un seul cycle thermique la compression des préformes, le soudage des zones fibreuses au reste de la pièce et le formage par forgeage de cette pièce.

[0016] Les rainures sont obturées par un couvercle arrivant au contact des préformes et dépassant de ces rainures. Le forgeage isotherme étant effectué dans la direction axiale, ce couvercle permet de démarrer le forgeage isotherme par la compression des préformes. Ce couvercle sera de préférence dans un matériau ayant une température de forgeage isotherme voisine ou un peu supérieure à celle de la matière de la pièce, ledit matériau étant aussi soudable à ladite matière de la pièce.

[0017] Le forgeage isotherme suivant une direction axiale est combiné avec un forgeage isotherme radial afin d'obtenir une compression pratiquement isostatique, c'est à dire homogène dans toutes les directions, ladite compression isostatique améliorant l'homogénéité du soudage de la zone fibreuse avec le reste de la

pièce. Le forgeage radial est obtenu par une pression centrifuge exercée par l'intérieur de la pièce.

[0018] Dans un mode de réalisation préféré, les préformes comportent à la fois de la fibre et du métal d'apport, ce métal d'apport ayant une température de forgeage isotherme voisine ou un peu inférieure à celle du métal de la pièce et étant soudable avec le métal de la pièce. Les espaces laissés entre les préformes et les parois des rainures seront avantageusement comblés avec du métal d'apport en poudre.

[0019] Les préformes seront avantageusement un empilement de rondelles de fibres enroulées en spirales monocouches et de feuillards de métal de matrice.

[0020] Dans un mode de réalisation préféré, la matrice de forgeage isotherme est annulaire avec une section en L dont l'ouverture est tournée vers l'extérieur. Cette matrice est entourée d'une ceinture réalisée dans un matériau à faible coefficient de dilatation thermique et un mandrin à expansion est disposé dans sa partie centrale. Un piston annulaire pénètre entre la paroi verticale de la matrice en L et la ceinture, pour permettre le forgeage de la pièce.

[0021] Le procédé de réalisation des préformes de fibres comporte notamment les opérations suivantes :

- enrobage de la fibre par un liant organique,
- durcissement de l'enrobage,
- bobinage en spirale à spires jointives de la fibre sur un mandrin, en une seule couche plane et radiale.

[0022] Le durcissement de l'enrobage est juste suffisant pour éviter son écrasement pendant le bobinage. Ainsi, les spires jointives se collent entre elles pendant le bobinage sous l'effet de la tension de la fibre, ce qui assure la cohésion de la préforme après sa sortie du mandrin de bobinage.

[0023] Les préformes de fibre peuvent être économiquement réalisées à l'aide d'un dispositif comportant notamment une bobine d'alimentation en fibre, une cuve de solution de liant, un dispositif de séchage de la fibre enrobée tel un tube chauffé par une résistance électrique, ainsi qu'un mandrin comportant deux flasques plans et parallèles dont l'écoulement est égal ou légèrement supérieur au diamètre de la fibre enrobée.

[0024] Le procédé faisant l'objet de la présente invention ne doit pas être confondu avec les procédés d'obtention d'anneaux de renfort tels que celui qui est décrit dans le brevet FR 2 607 071 déjà cité. Ce procédé objet de l'invention consiste en effet à inclure des structures fibreuses de renforcement dans des pièces tout en réservant de la matière pour assurer les fonctions de la pièce, et à compresser ensuite ces structures fibreuses à l'intérieur de la pièce pendant le forgeage de ladite pièce.

[0025] Le brevet FR 2 607 071 se limite au contraire à l'obtention de pièce entièrement fibreuses qui doivent ensuite être rapportées sur les pièces à renforcer.

[0026] Par rapport à la réalisation d'anneaux sépa-

rés, comme par exemple dans le brevet FR 2 607 071 déjà cité, le procédé objet de la présente invention a ainsi l'avantage de réaliser en un seul cycle thermique la compression des préformes et la liaison intime, semblable au soudage, de la zone renforcée par les fibres avec le reste de la matière de la pièce ainsi que le forgeage isotherme et pratiquement isostatique de cette pièce. La suppression d'un cycle thermique ménage les fibres de renfort et autorise une production plus économique des pièces.

[0027] Le procédé offre aussi une grande latitude dans le choix des zones à renforcer. On peut en effet disposer ces zones à différents endroits de la section de la pièce, telles le centre, la périphérie ou les flancs. On répartira la matière de la pièce selon les fonctions à assurer. Par exemple, dans le cas d'un rotor de turbomachine à circulation axiale du fluide, on prévoira de la matière à la périphérie pour l'usinage des aubes et sur les flancs pour l'usinage des brides de raccordement aux autres étages de la machine, et aussi par exemple pour l'usinage de labyrinthes d'étanchéité ou de gorges de fixation de masses d'équilibrages.

[0028] Le procédé est aussi économique car il évite un cycle thermique ainsi que l'usinage précis de l'anneau de renfort et du logement destiné à le recevoir sur la pièce. La réalisation des préformes est aussi particulièrement simple.

[0029] L'invention sera mieux comprise au vu d'un exemple de mise en oeuvre du procédé pour obtenir un rotor à aubes de turbomachine, donné à titre non limitatif de l'invention, ainsi que des figures annexées.

La figure 1 représente une vue en coupe de l'ébauche du rotor et des préformes, le tout disposé dans la matrice de forgeage isotherme.

La figure 2 schématise les étapes d'enrobage de la fibre et de bobinage des préformes.

La figure 3 représente une coupe partielle du mandrin de bobinage des préformes.

[0030] On se reportera en premier lieu à la figure 1.

[0031] Le rotor est usiné dans l'anneau 1 qui a une forme générale de révolution autour de l'axe géométrique 2. L'anneau 1 est obtenu par les opérations 1 à 7 ci-dessous, et le rotor usiné à l'opération 8.

1) Réalisation d'une première ébauche 3 en forme d'anneau suivant l'axe géométrique 2. Cette ébauche 3 est délimitée axialement par deux flancs 4 et 5 et radialement par une surface intérieure de révolution 6 et une surface extérieure de révolution 7.

2) Réalisation dans l'un des flancs 4 ou 5, ou dans les deux flancs 4 et 5 de l'ébauche 3 d'au moins une rainure annulaire 8 d'axe 2.

Dans une forme de réalisation préférée et plus économique, une seule rainure annulaire 8 est réalisée dans un flanc 4.

La rainure 8 comporte une section en U

ouverte sur le flanc 4 suivant une direction parallèle à l'axe 2. La rainure 8 comporte un fond 9 circulaire, plan et radial à l'axe 2, ledit fond 9 étant adjacent à une paroi intérieure 10 et une paroi extérieure 11 cylindriques autour de l'axe 2 et se prolongeant jusqu'au flanc 4 pour former l'ouverture de la rainure 8. On comprend que la rainure 8 définit à l'intérieur de l'anneau 1 l'espace annulaire dans lequel seront disposés les fibres de renfort. La rainure 8 permet aussi d'accéder à cet espace pour y déposer les fibres et le métal d'apport.

Remarquons que si l'on voulait disposer les fibres à la périphérie de la pièce cette rainure prendrait alors la forme d'un L ouvert radialement et axialement.

3) Réalisation des préformes 12 de fibre et de métal d'apport. Les préformes 12 sont une mise en forme suffisamment rigide de la fibre et du métal d'apport pour que ces deux matériaux puissent être transportés sur le lieu de forgeage et disposés dans les rainures 8.

Il est connu de réaliser des préformes 12 contenant à la fois de la fibre et du métal d'apport. Il est aussi connu de réaliser des préformes 2 de deux catégories différentes, soit des préformes 12A contenant la fibre et des préformes 12B distinctes contenant le métal d'apport. Les préformes 12A et 12B ont la forme d'une rondelle plate aux dimensions de la rainure 8.

4) Introduction dans la rainure 8 des préformes 12. Dans le cas où les préformes 12 sont différentes, les préformes 12a de fibre et les préformes 12B de métal d'apport seront introduites alternativement, chaque préforme 12B de métal séparant deux préformes 12A de fibre.

5) Introduction dans les espaces 13 laissés entre les préformes 12 et les parois 10 et 11 de la rainure 8 de poudre de métal d'apport en quantité suffisante pour remplir ces espaces 13.

Ceci permettra au moment du passage et du formage isotherme de mieux combler ces espaces 13, et ainsi d'assurer une meilleure continuité entre la matière de l'anneau 1 dans la zone fibreuse et la matière en-dehors de la zone fibreuse.

6) Réalisation et introduction dans la rainure 8 d'un bouchon 14 pour obturer ladite rainure 8. Le bouchon 14 comporte un fond 15 venant par gravité au contact des préformes 12. Dans une forme de réalisation préférée, le bouchon 14 émerge de la rainure 8 afin de démarrer l'opération de forgeage isotherme de l'anneau par une phase de compression des préformes 12 de fibre et de métal d'apport.

Le bouchon 14 a la forme d'un anneau d'axe 2 avec un fond 15 circulaire, plan et radial à l'axe 2.

Le fond 15 est adjacent à une paroi cylindrique intérieure 16 dont le diamètre est un peu supérieur à celui de la paroi 10 de la rainure 8, et aussi adjacent à une paroi cylindrique extérieure 17 dont le

diamètre est un peu inférieur à celui de la paroi 11 de la rainure 8, le bouchon 14 pouvant ainsi pénétrer dans la rainure 8 avec un jeu suffisant. Le bouchon 14 est aussi délimité axialement par une surface 18 opposée au fond 15. La surface 18 peut être circulaire, plane et radiale à l'axe 2, mais on peut aussi lui donner une forme différente selon le profil de l'anneau 1 et la déformation souhaitée du métal pendant le forgeage.

Dans une forme de réalisation préférée, la partie du bouchon 14 extérieure à la rainure 8 présente une excroissance 19 prolongeant radialement le bouchon 14. L'excroissance 19 est délimitée axialement par la surface 18 du bouchon 14 opposée au fond 15, et par la surface 20 en regard du flanc 4 de l'ébauche 3 et de forme complémentaire audit flanc 4, et entourant le bouchon 14. L'excroissance 19 est aussi délimitée radialement à l'axe 2 par une surface cylindrique intérieure 21 dans le prolongement de la surface 6 de l'ébauche 3, et par une surface cylindrique extérieure 22 dans le prolongement de la surface 7.

Cette surface 18 constituera après forgeage le deuxième flanc de l'anneau 1 et opposé au flanc 5.

Lorsque le bouchon 14 est simplement posé sur les préformes 12, le flanc 4 et la surface 20 sont écartés pour permettre la compression des préformes 12.

La surface 13 de l'excroissance présente aussi une dépression circulaire 23 s'étendant jusqu'à la surface 22. Elle permettra un fluage radial du métal pendant le forgeage.

7) Chauffage et forgeage isotherme de l'ébauche 3 avec le préformes 12 dans la rainure 8 et le bouchon 14.

[0032] L'ébauche 3 est posée sur son flanc 5 dans une machine 31 disposée elle même sur le plateau inférieur 32 d'une presse hydraulique.

[0033] Un piston 33 pénètre dans la matrice et vient transmettre sur la surface 18 du bouchon 14 la pression 34 exercée parallèlement à l'axe 2 par le plateau supérieur de la presse non représenté sur la figure 1.

[0034] Dans un premier temps, le fond 15 du bouchon 14 vient presser sous l'effet de la pression 34 les préformes 12, provoquant le fluage et l'agglomération du métal d'apport entre les fibres. Au fur et à mesure que le métal d'apport vient combler les espaces entre les fibres des préformes 12, la hauteur totale des préformes 12 diminue et le bouchon 14 pénètre dans la rainure jusqu'à ce que la surface 20 de l'excroissance 19 arrive au contact du flanc 4 de l'ébauche 3. La pression 34 s'exerce alors axialement sur toute la matière de l'anneau 1 qui prend progressivement la forme imposée par la matrice 31 et le piston 33. En pratique, la déformation du couvercle 14 commence avant la compression complète des préformes 12.

[0035] Sous l'effet de la pression 34, le métal de

l'ébauche 3, la poudre de métal d'apport introduite dans les espaces 13 et le métal d'apport des préformes 12 finissent de remplir complètement l'espace entre les fibres, arrivent en contact mutuel et se soudent entre eux, réalisant ainsi la compression des fibres et du métal pendant le forgeage isotherme de l'anneau.

[0036] On choisira de préférence un métal d'apport ayant des températures de forgeage isotherme voisines ou un peu inférieures à celle du métal de l'ébauche, afin que la brasure et le métal d'apport aient une plasticité plus importante qui facilite la pénétration du métal entre les fibres. Ce métal d'apport doit évidemment être soudable avec celui de la pièce. Avantagusement les métaux de la pièce, des préformes et de la poudre pourront être identiques, mais ce n'est pas une nécessité.

[0037] Le métal du bouchon 14 aura de préférence une température de forgeage isotherme voisine ou supérieure à la température de forgeage du métal de l'ébauche 3 et du métal d'apport des préformes 12, de façon à ce qu'il soit un peu moins plastique qu'eux pour permettre d'améliorer le pressage des préformes 12 au fond de la rainure 8, et notamment de démarrer la compression des préformes 12 avant le forgeage isotherme proprement dit de l'anneau 1.

[0038] Dans une autre forme de réalisation, les métaux de l'ébauche 3 et du bouchon 14, ainsi que le métal d'apport des préformes 12 et de la poudre sont identiques, ce qui améliore l'homogénéité et la résistance de l'anneau 1.

[0039] Par un moyen 35 on exerce sur l'ébauche 3 une pression 36 radiale combinée à la pression axiale 34, afin de générer à l'intérieur de la pièce une pression isostatique, c'est à dire uniforme dans toutes les directions. Cette pression isostatique améliore le soudage du métal de l'ébauche 3 et du bouchon 14 autour des préformes 12 et permet de réduire la quantité de poudre de métal d'apport à introduire dans les espaces 13, ce qui améliore l'homogénéité de l'anneau 1.

[0040] Le piston 33 est en appui sur le bouchon 14 par sa surface 37. Cette surface 37 comporte une surépaisseur 38 ayant la même forme que la dépression 23, mais la hauteur de la surépaisseur 38 est inférieure à la profondeur de la dépression 23. De ce fait, il subsiste un espace 39 entre ladite surépaisseur 38 et ladite dépression 23, et cet espace 39 sera comblé pendant le forgeage isotherme par le déplacement suivant une direction radiale de la matière du bouchon 14 à proximité de la surface 18 en contact avec le piston 33. Ce déplacement de matière donne aux grains de métal une forme allongée appelée fibrage qui en augmente la résistance.

[0041] Rappelons que le dispositif de forgeage isotherme de l'anneau 1 comporte une matrice 31 posée sur le plateau inférieur 32 d'une presse, un piston 33 sur lequel le plateau supérieur non représenté de la presse exerce une pression axiale 34, ledit piston 33 pénétrant dans ladite matrice 31, et un moyen 35 exerçant une pression centrifuge 36 sur la matrice 31.

[0042] Dans une forme de réalisation préférée, la matrice 31 a une forme annulaire autour de l'axe 2 avec une section en L dont l'ouverture est tournée vers le dessus et vers l'extérieur.

[0043] La branche horizontale 41 du L est en bas et forme par sa surface supérieure le fond 42 de la matrice 31.

[0044] La branche verticale 43 du L est tournée vers l'axe géométrique 2 et constitue la paroi verticale 44 de la matrice 31.

[0045] A l'opposé de cette paroi 44, la matrice 31 est délimitée radialement vers l'axe 2 par une surface cylindrique concave 45 centrée sur l'axe 2.

[0046] Le moyen 35 permettant d'exercer la pression centrifuge 36 sera avantageusement un mandrin radialement expansible réalisé dans un matériau à fort coefficient de dilatation thermique, l'expansion étant obtenue par le chauffage dudit mandrin 35. Le mandrin 35 est délimité radialement vers l'extérieur par une surface cylindrique 46 et s'emboîte à l'intérieur de la surface cylindrique 45 de la paroi verticale 44 avec un jeu réduit entre les surfaces 45 et 46.

[0047] On comprend que lorsque le mandrin 35 se dilate sous l'effet de la chaleur, la surface 46 du mandrin 35 vient pousser la matrice 31 sur sa surface 45, provoquant ainsi la pression centrifuge 36.

[0048] Le présent dispositif comporte aussi une ceinture 47 de forme cylindrique centrée sur l'axe 2 et reposant par l'un de ses flancs 48 sur le plateau inférieur 32 de la presse. La ceinture 47 comporte une paroi intérieure 49 cylindrique et concave centrée sur l'axe 2 qui entoure la matrice 31, qui se trouve en regard de la paroi verticale 44 et qui délimite radialement vers l'extérieur l'espace dans lequel est forgé l'anneau 1. Le piston annulaire 33 vient aussi s'insérer entre la paroi 44 de la matrice 31 et la paroi 49 de la ceinture.

[0049] Cette ceinture 47 est réalisée en un matériau résistant et présentant un faible coefficient de dilatation thermique par exemple en fibres de carbone. Cette ceinture 47 empêche la dilatation radiale de l'ébauche 3 et du bouchon 14 pendant le forgeage isotherme, ce qui améliore l'efficacité de la pression centrifuge 36 tout en maintenant les fibres pour empêcher leur mise en contrainte.

[0050] Dans cet exemple, le rotor est en alliage de titane TA6V et les fibres de renfort en carbure de silicium SiC recouvertes d'un dépôt de carbone. Le forgeage isotherme s'effectue à 950°C sous une pression de 600 bars pendant 50 minutes.

[0051] Usinage final du rotor, à partir de l'anneau 1 ainsi obtenu. Dans le cas d'un rotor axial de turbomachine, les aubes non représentées seront usinées dans la surépaisseur de matière 55 disposée entre les préformes 12 et la surface extérieure 7, alors que les brides non représentées de liaison avec les autres étages de la turbomachine seront usinées dans les surépaisseurs de matière 56A et 56B disposées entre les préformes 12 et les flancs 5 ou 18.

[0052] On se reportera maintenant à la figure 2.

[0053] La fibre de renfort 60 est prise sur une bobine d'alimentation 61. La fibre 60 plonge dans une cuve 62 contenant un bain 63 de liant organique liquide, passe autour d'une poulie de renvoi 64 immergée dans la solution 63 et émerge de cette solution 63 enrobée d'une certaine quantité de solution de liant.

[0054] La fibre 60, passe ensuite dans le moyeu de séchage 65, par exemple un tube chauffé avec une résistance électrique, afin de durcir l'enrobage de liant organique tout en lui conservant une aptitude suffisante à se coller aux fibres voisines.

[0055] La fibre 66 ainsi enrobée contourne ensuite une poulie de renvoi 67 et est bobinée sur le mandrin 68 pour constituer la préforme de fibre 12A. Avec ce procédé, l'épaisseur de l'enrobage est déterminée par la viscosité et donc la concentration et la température de la solution 63, alors que son degré de séchage et donc sa dureté sont déterminés par l'intensité du chauffage dans le tube chauffant 65 et la durée du passage de la fibre dans ce tube 65.

[0056] On se reportera maintenant à la figure 3.

[0057] Le mandrin 68 tourne autour de l'axe géométrique de rotation 69. Ce mandrin 68 comporte deux flasques circulaires 70 disposés de part et d'autre d'un moyeu circulaire 71, ainsi qu'un moyen non représenté de positionnement et d'entraînement en rotation autour de l'axe 69 desdits flasques 70 et dudit moyeu 71.

[0058] Les deux flasques 70 comportent chacun une face latérale 72 plane et radiale, lesdites faces 72 étant en regard l'une de l'autre pour former une rainure annulaire 73 ouverte sur la périphérie 74 du mandrin et délimitée intérieurement par le moyeu 71. Les faces 72 se raccordent à la périphérie 74 du mandrin 68 par un rayon 75, afin de ne pas risquer d'arracher l'enrobage 76 des fibres 60.

[0059] La fibre enrobée 6 est enroulée en spirale dans la rainure 73 pour constituer la préforme de fibre 12A. L'espace formé entre les spires étant égal à deux fois l'épaisseur de l'enrobage 76 de la fibre 60.

[0060] L'écartement des faces 72 est égal ou un peu supérieur au diamètre des fibres enrobées 66, et le diamètre du moyeu 71 est égal au diamètre intérieur de la préforme 12A de fibre à réaliser.

[0061] Dans un mode de réalisation préféré, l'un des flasques 70 est amovible pour permettre de retirer la préforme 12A ainsi bobinée, et le moyeu 71 a la forme d'un tronc de cône dont le petit diamètre est tourné du côté du flasque 70 amovible, afin de faciliter le retrait de la préforme 12A.

[0062] Le séchage de l'enrobage 76 doit être suffisant pour que cet enrobage 76 puisse acquérir une dureté lui permettant de ne pas se déformer de façon significative pendant le bobinage, mais pas trop toutefois. De ce fait, la tension de la fibre 66 pendant le bobinage sur le mandrin 68 provoque le collage des spires adjacentes de fibre enrobée 66 suivant la ligne de contact 77 entre ces spires. Ce collage assure la cohésion

de la préforme pendant son retrait du mandrin, pendant son transport, et pendant son introduction dans la rainure annulaire 8 de l'ébauche 3 du rotor.

[0063] Les faces 72 et la périphérie du moyeu 71 sont en un matériau dur et non adhésif tel le téflon.

[0064] La concentration et la température du bain de liant organique 63, le chauffage de la fibre enrobée 66 et la tension de ladite fibre enrobée 66 peuvent être déterminés par des expérimentations courantes pour l'homme de métier. Dans le présent exemple de réalisation, le bain de liant 63 est une solution de polyméthyl-métacrylate de formule chimique générale $(CH_2C(CH_3)(CO_2CH_3))_n$ (appelé couramment PMMA) dans de l'acétone. Le PMMA est pyrolysable entre 400°C et 600°C.

[0065] De ce fait, pendant le chauffage du rotor 1 avant l'opération de forgeage isotherme, un palier de une heure à 2 heures environ est effectué vers 500° pour pyrolyser le liant et éliminer les gaz résultant de cette pyrolyse.

[0066] L'empilage des préformes de fibre 12A et des rondelles de métal d'apport 12B est assez compact. De ce fait, et afin de faciliter l'évacuation des gaz produits par la pyrolyse du liant, on préférera perforer les rondelles 12B de métal d'apport séparant les préformes de fibre 12A. Afin de ne pas modifier les proportions respectives de fibre et de métal, et afin aussi de ne pas risquer de mettre en contact les fibres de deux préformes voisines 12A à travers les perforations des rondelles 12B, ces perforations seront de préférence réalisées sans enlèvement de matière, par exemple à l'aide d'une pointe métallique ou d'une lame.

Revendications

1. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres, ledit procédé comportant les opérations suivantes :

- réalisation d'une ébauche (3) de la pièce (1),
- réalisation d'au moins une rainure (8) dans l'ébauche (3); ladite rainure (8) étant annulaire et ouverte au moins dans la direction axiale;
- réalisation de préformes (12) de fibre et de métal d'apport;
- introduction dans la rainure (8) des préformes (12) de fibre et de métal d'apport ;
- obturation de la rainure (8) par un bouchon (14) arrivant au contact des préformes (12) et dépassant de la rainure (8), ledit bouchon (14) étant réalisé dans un métal présentant une température de forgeage isotherme voisine ou supérieure à celle du métal d'apport des préformes (12);
- forgeage de l'ébauche (3) suivant la direction axiale, afin de réaliser simultanément la compression des préformes (12), le soudage des préformes (12) comprimées avec le reste de la

pièce (1) ainsi que le forgeage de la pièce (1); caractérisé en ce que le forgeage de l'ébauche (3) est un forgeage isotherme suivant la direction axiale combiné à un forgeage isotherme radial centrifuge afin d'obtenir une compression pratiquement isostatique.

2. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que les espaces (13) restant entre les préformes (12) et les parois (10) et (11) de la rainure (8) sont comblés de poudre soudable au métal de la pièce.

3. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres conforme à la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la poudre et le métal d'apport des préformes (12) ont des températures de forgeage isotherme voisines ou inférieures à celle du métal de l'ébauche (3).

4. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que un fluage de métal de l'anneau (1) suivant une direction radiale est effectué sur au moins un flanc (18) de cette pièce (1) pendant l'opération de forgeage isotherme.

5. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'ébauche (3) est entourée d'une ceinture (47) présentant un faible coefficient de dilatation thermique.

6. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres, conformément à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on réalise des préformes de fibre (12A) distinctes des préformes de métal d'apport (12B), lesdites préformes de fibre (12A) et lesdites préformes de métal (12B) ayant chacune la forme d'une rondelle plate évidée en son centre, et en ce que les préformes de fibre (12A) et les préformes de métal (12B) sont empilées alternativement dans la rainure (8), de sorte que chaque préforme de métal (12B) sépare deux préformes de fibre (12A).

7. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres conformément à la revendication 6, caractérisé en ce que les préformes de métal 12B sont perforées sans perte de matière.

8. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres conforme à la revendication 6 ou 7 caractérisé en ce que l'obtention des

préformes de fibre (12A) comporte notamment les opérations suivantes :

- enrobage de la fibre (60) par une couche de liant, 5
 - bobinage de la fibre ainsi enrobée (66) sur un mandrin (68).
9. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres conforme à la revendication 8 caractérisé en ce que le bobinage de la fibre enrobée (66) sur le mandrin (68) est effectué en une seule couche plane et radiale. 10
10. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres conforme à la revendication 8 ou 9 caractérisé en ce que l'enrobage de la fibre (60) est réalisé par trempage de ladite fibre (60) dans une solution (63) de liant organique, suivi d'un séchage. 15 20
11. Procédé d'obtention d'une pièce circulaire métallique renforcée par des fibres conforme à la revendication 10 caractérisé en ce que la solution (63) est du polyméthylmétacrylate de formule chimique $(CH_2C(CH_3)(CO_2CH_3)-n$ dissous dans de l'acétone. 25
12. Dispositif de forgeage isotherme conçu pour la mise en oeuvre du procédé d'obtention conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 11 caractérisé en ce qu'il comporte 30
- une matrice annulaire (31) ayant une section en L dont la branche horizontale forme le fond (42) de ladite matrice (31), et dont la branche verticale (43) est vers l'axe géométrique (2) de la matrice (31) et en constitue la paroi verticale (44), 35
 - une ceinture (47) entourant la matrice (31) et réalisée en matériau à faible coefficient de dilatation thermique, 40
 - un piston annulaire (33) qui s'insère entre la paroi verticale (44) de la matrice (31) et la ceinture (47), afin de transmettre l'effort axial de pressage (34), 45
 - un mandrin radialement expansible (35) disposé à l'intérieur de la paroi verticale (44) et exerçant pendant le forgeage isotherme la pression centrifuge (36) sur ladite paroi verticale (44). 50
13. Dispositif conçu pour la mise en oeuvre du procédé d'obtention conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 11 caractérisé en ce qu'il comporte une bobine (61) d'alimentation en fibre (60), une cuve (62) contenant un bain de liant (63), un moyen de séchage (65) et un mandrin (68) pour

bobiner la fibre enrobée (66).

14. Dispositif conforme à la revendication 13, caractérisé en ce que le mandrin (68) comporte un moyeu (71) flanqué de deux flasques (70) plans et radiaux à l'axe géométrique de rotation (69) du mandrin (68), lesdits flasques (69) étant écartés d'une distance égale ou un peu supérieure au diamètre de la fibre enrobée (66), l'un au moins desdits flasques (70) étant amovible pour permettre de retirer la préforme (12A) obtenue.
15. Dispositif conforme à la revendication 14, caractérisé en ce que le moyeu (71) du mandrin (68) a la forme d'un tronc de cône dont le petit diamètre est situé du côté du flasque (70) qui est amovible, pour faciliter le retrait de la préforme (12A).
16. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que les surfaces (72) des flasques (70) en contact avec la fibre enrobée (66) sont en un matériau dur et non adhésif tel le téflon.

Claims

1. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece, the said method including the following operations:
- producing a blank (3) of the piece (1),
 - forming at least one groove (8) in the blank (3); the said groove (8) being annular and open at least in the axial direction;
 - producing preforms (12) of fibre and of filler metal;
 - introducing the preforms (12) of fibre and of filler metal into the groove (8);
 - blocking off the groove (8) with a plug (14) coming into contact with the preforms (12) and protruding from the groove (8), the said plug (14) being produced from a metal exhibiting an isothermal forging temperature close to or above that of the filler metal of the preforms (12);
 - forging of the blank (3) along the axial direction, so as simultaneously to bring about compression of the preforms (12), welding of the compressed preforms (12) with the rest of the piece (1) as well as forging of the piece (1); characterised in that the forging of the blank (3) is an isothermal forging along the axial direction combined with a centrifugal radial isothermal forging so as to obtain practically isostatic compression.
2. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece in accordance with Claim 1, characterised in that the spaces (13) remaining between the pre-

forms (12) and the walls (10) and (11) of the groove (8) are filled up with powder which can be welded to the metal of the piece.

3. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece in accordance with Claim 1 or 2, characterised in that the powder and the filler metal of the preforms (12) have isothermal Forging temperatures which are close to or below that of the metal of the blank (3). 5
4. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece in accordance with any one of Claims 1 to 3, characterised in that a plastic flow of metal of the ring (1) along a radial direction is implemented over at least one flank (18) of this piece (1) during the isothermal forging operation. 10
5. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece in accordance with any one of Claims 1 to 4, characterised in that the blank (3) is surrounded by a belt (47) exhibiting a low coefficient of thermal expansion. 15
6. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece, in accordance with any one of Claims 1 to 5, characterised in that fibre preforms (12A) are produced which are separate from the filler metal preforms (12b), the said fibre preforms (12A) and the said metal preforms (12B) each having the shape of a flat washer hollowed out at its centre, and in that the fibre preforms (12A) and the metal preforms (12B) are stacked alternately in the groove (8), in such a way that each metal preform (12B) separates two fibre preforms (12A). 20
7. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece in accordance with Claim 6, characterised in that the metal preforms 12B are perforated without loss of material. 25
8. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece in accordance with Claim 6 or 7, characterised in that the obtaining of the fibre preforms (12A) especially includes the following operations: 30
 - coating the fibre (60) with a layer of binder,
 - winding the fibre thus coated (66) over a mandrel (68).
9. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece in accordance with Claim 8, characterised in that the coated fibre (66) is coiled on the mandrel (68) in a single flat radial layer. 35
10. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece in accordance with Claim 8 or 9, characterised in that the coating of the fibre (60) is carried out 40

by soaking the said fibre (60) in a solution (63) of organic binder, followed by drying.

11. Method of obtaining a fibre-reinforced circular metal piece in accordance with Claim 10, characterised in that the solution (63) is polymethylmethacrylate with chemical formula $(CH_2C(CH_3)(CO_2CH_3))_n$ dissolved in acetone. 45
12. Isothermal forging device designed for implementing the method of obtention in accordance with any one of Claims 1 to 11, characterised in that it includes: 50
 - an annular die (31) having an L-shaped cross section, the horizontal branch of which forms the bottom (42) of the said die (31), and the vertical branch (43) of which is towards the geometric axis (2) of the die (31) and constitutes the vertical wall (44) thereof,
 - a belt (47) surrounding the die (31) and produced from a material with a low coefficient of thermal expansion,
 - an annular piston (33) which is inserted between the vertical wall (44) of the die (31) and the belt (47), so as to transmit the axial pressing force (34),
 - a radially expansible mandrel (35) arranged within the vertical wall (44) and exerting the centrifugal pressure (36) on the said vertical wall (44) during the isothermal forging.
13. Device designed for implementing the method of obtention in accordance with any one of Claims 1 to 11, characterised in that it includes a reel (61) for supplying fibre (60), a vat (62) containing a bath of binder (63), a drying means (65) and a mandrel (68) for coiling the coated fibre (66). 55
14. Device in accordance with Claim 13, characterised in that the mandrel (68) includes a hub (71) flanked by two flanges which are flat and radial to the geometric axis of rotation (69) of the mandrel (68), the said flanges (69) being spaced apart by a distance which is equal to or slightly greater than the diameter of the coated fibre (66), at least one of the said flanges (70) being removable so as to make it possible to withdraw the preform (12A) obtained. 60
15. Device in accordance with Claim 14, characterised in that the hub (71) of the mandrel (68) has the form of a truncated cone the small diameter of which is situated on the same side as the flange (70) which is removable, in order to facilitate withdrawal of the preform (12A). 65
16. Device in accordance with either of Claims 14 and 15, characterised in that the surfaces (72) of the 70

flanges (70) in contact with the coated fibre (66) are of a hard and non-adhesive material such as Teflon.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall mit folgenden Arbeitsschritten:

- Herstellen eines Rohlings (3) des Werkstücks (1), 10
- Herstellen wenigstens einer Nut (8) in dem Rohling (3), wobei diese Nut (8) ringförmig und zumindest in axialer Richtung offen ist,
- Herstellen von Vorformen (12) aus Fasern und Auftragsmetall, 15
- Einbringen der Vorformen (12) aus Fasern und Auftragsmetall in die Nut (8),
- Verschließen der Nut (8) mit einem Deckel (14), der mit den Vorformen (12) in Kontakt 20 kommt und aus der Nut (8) hervorsteht, wobei dieser Deckel (14) aus einem Metall hergestellt ist, dessen isothermische Schmiedetemperatur in der Nähe oder über derjenigen des Auftragsmetalls der Vorformen (12) liegt, 25
- Schmieden des Rohlings (3) in axialer Richtung, um gleichzeitig das Komprimieren der Vorform (12), das Verschweißen der komprimierten Vorformen (12) mit dem Rest des Werkstücks (1) und das Schmieden des Werkstücks (1) zu bewirken, 30

dadurch gekennzeichnet,

daß das Schmieden des Rohlings (3) ein isothermisches Schmieden in axialer Richtung ist, kombiniert mit einem radial zentri- 35 fugalen isothermisches Schmieden, um eine praktisch isostatische Komprimierung zu erzielen.

2. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen den Vorformen (12) und der Nut (8) verbleibenden Zwischenräume (13) mit einem mit dem Metall des 45 Werkstücks verschweißbaren Pulver ausgefüllt werden.

3. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulver und das Auftragsmetall der Vorformen (12) isothermische Schmiedetemperaturen haben, in der Nähe oder unter derjenigen des Metalls des Rohlings (3) liegen, 50

4. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall nach einem der

Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß während des Arbeitsschritts des isothermischen Schmiedens ein Fließen von Metall des Ringes (1) in einer radialen Richtung auf wenigstens eine Flanke (18) des Werkstücks (1) herbeigeführt wird.

5. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling (3) von einem Gürtelring (47) umschlossen ist, der einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten hat.

6. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,

daß Faservorformen (12A) hergestellt werden, die von den Vorformen (12B) aus Auftragsmetall getrennt sind, wobei die Faservorformen (12A) und die Vorformen (12B) aus Auftragsmetall jeweils die Form einer flachen Scheibe mit ausgespartem Zentrum haben, und daß die Faservorformen (12A) und Metallvorformen (12B) einander abwechselnd in der Nut (8) gestapelt werden, so daß jede Metallvorform (12B) zwei Faservorformen (12A) voneinander trennt.

7. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallvorformen (12B) ohne Materialverlust perforiert werden.

8. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Herstellung der Faservorformen (12A) in erster Linie folgende Arbeitsschritte umfaßt:

- Beschichten der Faser (60) mit einer Bindemittelschicht,
- Aufwickeln der so beschichteten Faser (66) auf einen Wickeldorn (68).

9. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufwickeln der beschichteten Faser (66) auf den Wickeldorn (68) in einer einzigen ebenen und radialen Lage erfolgt.

10. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-verstärkten Werkstücks aus Metall nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Beschichten der Faser (60) durch Eintauchen der Faser (60) in eine Lösung eines organischen Bindemittels (63) durchgeführt wird, gefolgt von einem Trocknungsvorgang.

11. Verfahren zur Herstellung eines kreisrunden faser-
verstärkten Werkstücks aus Metall nach Anspruch
10, dadurch gekennzeichnet, daß die Losung (63)
aus in Azeton gelöstem Polymethylmetachrylat der
chemischen Formel $(\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)(\text{CO}_2\text{CH}_3))_n$ 5
besteht.
12. Vorrichtung zum isothermischen Schmieden für die
Durchführung des Herstellverfahrens nach einem
der Ansprüche 1 bis 11, 10
gekennzeichnet durch
- eine ringförmige Matrize (31) mit einem L-för-
migen Querschnitt, dessen horizontaler Schen- 15
kel den Boden (42) der Matrize (31) bildet und
dessen vertikaler Schenkel (43) der geo-
metrischen Achse (2) der Matrize (31) zuge-
kehrt ist und deren vertikale Wandung (44)
bildet,
 - einen Gürtelring (47), der die Matrize (31) 20
umschließt und aus einem Material mit niedri-
gem Wärmeausdehnungskoeffizienten herge-
stellt ist,
 - einen ringförmigen Kolben (33), der zwischen
die vertikale Wandung (44) der Matrize (31) 25
und den Gürtelring (47) eindringt, um die verti-
kale Preßkraft (34) zu übertragen,
 - ein in radialer Richtung ausdehnbares Futter
(35), das im Innern der vertikalen Wandung
(44) angeordnet ist und während des isother- 30
mischen Schmiedens den zentrifugalen Druck
(36) auf die vertikale Wandung (44) ausübt.
13. Vorrichtung zur Durchführung des Herstellverfah-
rens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekenn- 35
zeichnet durch eine Spule (61) für die Zuführung
der Faser (60), eine Wanne (62), die ein Bad des
Bindemittels (63) enthält, eine Trocknungsvorrich-
tung (65) und einen Wickeldorn (68) zum Aufwik-
keln der beschichteten Faser (66). 40
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Wickeldorn (68) einen Kern (71)
aufweist, der von zwei ebenen und zur geo-
metrischen Rotationsachse (69) des Wickeldorns 45
(68) radialen Flanschen (70) flankiert wird, wobei
diese Flansche (70) einen Abstand voneinander
haben, der gleich oder geringfügig größer ist als der
Durchmesser der beschichteten Faser (66), und
wobei wenigstens einer der Flansche (70) abnehm- 50
bar ist, um das Herausnehmen der gewonnenen
Vorform (12A) zu ermöglichen.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Kern (71) des Wickeldorns (68) 55
die Form eines Kegelstumpfes hat, dessen kleiner-
er Durchmesser auf der Seite des abnehmbaren
Flansches (70) liegt, um das Herausnehmen der
- Vorform (12A) zu erleichtern.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 oder 15,
dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächen (72)
der Flansche (70), die mit der beschichteten Faser
(66) in Berührung kommen, aus einem harten und
nichthaftenden Material, wie Teflon, bestehen.



