



PROCEDE DE PREPARATION D'UN MATERIAU COMPOSITE RENFORCE  
DE FIBRES

L'invention concerne d'une manière générale un procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres, et plus précisément, un procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres utilisant un métal comme matrice.

Un procédé classique de production d'un matériau composite renforcé de fibres de ce type consiste à introduire un métal fondu servant de matrice dans un article formé de fibres placé dans la cavité d'un moule de coulage afin de les rendre composites par solidification sous pression élevée, de façon à couler un matériau composite et simultanément, à renforcer de fibres une partie prédéterminée de ce matériau composite.

Cependant, il n'est pas toujours possible de faire pénétrer de façon satisfaisante le métal fondu dans l'article formé de fibres par simple application d'une pression hydrostatique élevée sur le métal fondu lorsqu'on le verse dans la cavité et des défauts internes peuvent se produire. En conséquence, on ne peut pas obtenir de façon régulière un matériau composite de haute qualité.

L'invention a par conséquent pour but de fournir un procédé permettant de produire de façon régulière un matériau composite renforcé de fibres de haute qualité exempt de tous défauts internes en faisant pénétrer de façon contrôlée un métal fondu dans l'article formé de fibres.

Pour atteindre le but mentionné ci-dessus, la présente invention fournit un procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres, consistant à disposer un article formé de fibres dans la cavité d'un moule de coulée, à couler un métal fondu servant de matrice dans la cavité et à le soumettre à une pression

primaire; à maintenir le métal fondu sous la pression primaire pendant un temps prédéterminé, et à soumettre le métal fondu à une pression secondaire, du moins dans sa partie proche de l'une des extrémités de l'article  
5 formé de fibres, une fois cette période prédéterminée écoulee, à une pression hydrostatique élevée, de façon à rendre le métal fondu composite avec l'article formé de fibres.

L'invention fournit en outre un procédé de  
10 production d'un matériau composite renforcé de fibres consistant à disposer un article formé de fibres dans la cavité d'un moule de coulée et à couler un métal fondu servant de matrice dans la cavité, à faire pénétrer le métal fondu dans l'article formé de fibres  
15 de façon à les rendre composites par solidification sous pression élevée, caractérisé en ce que lorsque le métal fondu est soumis à une solidification sous pression élevée, celui-ci est comprimé à proximité des deux extrémités de l'article formé de fibres.

20 Si l'on maintient le métal fondu coulé dans la cavité à la pression primaire de façon à l'amener à l'état semi-solidifié, puis que l'on fait pénétrer de façon contrôlée le métal fondu semi-solidifié dans l'article formé de fibres de façon à en faire un composite,  
25 par application d'une pression secondaire de la manière décrite ci-dessus, on peut obtenir un matériau composite renforcé de fibres de haute qualité, mais exempt de défauts internes.

Si l'on comprime le métal fondu à proximité  
30 des deux extrémités de l'article formé de fibres, tout en le soumettant à une solidification sous pression élevée, le métal fondu peut être efficacement introduit à l'intérieur de l'article formé de fibres et être transformé en composite avec celui-ci.

35 Ces buts et caractéristiques de la

présente invention ainsi que d'autres apparaîtront plus clairement à la lecture de la description décrite ci-après, associée aux dessins annexés.

La fig. 1 est une coupe longitudinale d'un  
5 appareil servant à couler une bielle ;

La fig. 2 est une coupe transversale selon la ligne II-II de la fig. 1;

La fig. 3 est un graphique représentant la variation de pression d'un métal fondu;

10 La fig. 4 est une vue plane d'une bielle ;

La fig. 5 est une section le long de la ligne V-V de la fig. 4; et

La fig. 6 est un graphique représentant les résultats expérimentaux d'essais de résistance à la  
15 fatigue auxquels ont été soumises des bielles.

On décrit ci-après un mode de réalisation de l'invention en se référant aux dessins, ce mode de réalisation convenant à la production d'une bielle pour un moteur à combustion interne dont la bielle est ren-  
20 forcée par des fibres.

Les figs. 1 et 2 représentent un appareil permettant la coulée d'une bielle. Un moule 4 constitué d'un moule supérieur 2 et d'un moule inférieur 3 est placé sur un banc 1 de telle manière que le moule intérieur  
25 3 soit fixé au banc 1, alors que le moule supérieur 2 est fixé à un support 5 entraîné de bas en haut par un mécanisme hydraulique (non représenté) ou un autre dispositif de ce type. Une cavité 6 est définie par le moule supérieur 2 et coopère avec le moule inférieur 3.  
30 Une première et une seconde chevilles  $9_1$  et  $9_2$ , dont les diamètres respectifs sont légèrement inférieurs à ceux de trous pratiqués dans la grande extrémité et dans la petite extrémité 7 et 8, partent du moule inférieur 3 au niveau d'une partie 6a formant la grande extrémité.  
35 Des sillons entaillés  $10_1$  et  $10_2$ , présentant tous deux

une forme de U en vue plane, sont formés aux extrémités des chevilles  $9_1$  et  $9_2$ , de façon à ce qu'ils soient en vis-à-vis les uns des autres et qu'ils maintiennent un article formé de fibres.

5            La partie 6a formant la grande extrémité est en communication avec un orifice de coulée 12 par l'intermédiaire d'un orifice  $11_1$ , et l'extrémité d'un piston 13 servant au remplissage du métal fondu, pénètre dans l'orifice de coulée 12. Ce piston 13 est ajusté de  
10 façon à coulisser dans la base 1. Le métal fondu est introduit dans l'orifice de coulée 12 par l'intermédiaire d'un mécanisme d'introduction du métal fondu non représenté.

          Trois poinçons de pressage  $14_1 - 14_3$  sont  
15 ajustés dans le support 5 et le moule supérieur 2 de façon à pouvoir coulisser de bas en haut. Les extrémités de ces poinçons de tressage  $14_1 - 14_3$  s'adaptent dans les parties 6a et 6b formant la grande extrémité et la petite extrémité et dans une boîte de  
20 coulée 15 qui est en communication avec la partie 6b formant la petite extrémité, par l'intermédiaire d'un orifice  $11_2$ . Les diamètres des premiers et seconds poinçons de pressage  $14_1$  et  $14_2$  sont légèrement inférieurs aux diamètres des trous 7 et 8 des grande et petite  
25 extrémités, et leurs axes sont alignés avec les axes des première et seconde chevilles  $9_1$  et  $9_2$ .

          En utilisant des fibres longues telles que des fibres métalliques, des fibres d'acier inoxydable, on met un article formé de fibres F sous forme d'une  
30 bielle ayant une densité apparente appropriée. Après avoir soulevé le moule supérieur 2, on fait pénétrer de force les deux extrémités de l'article formé de fibres F dans les sillons entaillés  $10_1$  et  $10_2$  des chevilles  $9_1$  et  $9_2$ , l'article formé de fibres F étant ainsi main-  
35 tenu en place entre les deux chevilles  $9_1$  et  $9_2$ .

Dans ce cas, l'article formé de fibres F est placé au centre de la partie 6c formant la bielle de la cavité 6, de façon à correspondre aux hauteurs de dépassement des chevilles 9<sub>1</sub> et 9<sub>2</sub> par rapport au moule inférieur 3, et à la hauteur des sillons entaillés 10<sub>1</sub> et 10<sub>2</sub>. Le diamètre de l'article formé de fibres F est légèrement supérieur à la largeur de chaque sillon entaillé 10<sub>1</sub>, 10<sub>2</sub>, alors que sa longueur est légèrement plus faible que la distance séparant les sillons entaillés 10<sub>1</sub> et 10<sub>2</sub>, de façon à ce que l'article formé de fibres F soit maintenu fermement entre les deux chevilles 9<sub>1</sub> et 9<sub>2</sub>.

La capacité de la boîte de coulée 15 est choisie de façon à être deux à trois fois supérieure au volume entourant l'article formé de fibres F. Le métal fondu restant dans cette boîte de coulée 15 maintient à haute température l'article formé de fibres F et la partie 6b formant la petite extrémité qui présente un petit volume et se trouve éloignée de l'orifice de coulée 12.

Lorsqu'on coule une bielle, le moule de coulage 4 est chauffé entre 250 et 350°C et l'article formé de fibres F, entre 460 et 700°C. On introduit dans l'orifice de coulée 12, un métal fondu constitué d'un alliage d'aluminium à une température de 700 à 800°C au moyen d'un mécanisme d'introduction de métal fondu non représenté. On déplace ensuite de bas en haut, le piston 13 pour faire pénétrer le métal fondu, puis on coule le métal fondu dans la cavité 6 et la boîte de coulée 15 de sorte que la vitesse à laquelle le métal fondu s'écoule à travers l'orifice 11<sub>1</sub> soit faible et comprise entre 0,09 et 0,17 mètres/seconde. On soumet ensuite le métal fondu à une pression primaire exercée par le piston 13 comprise entre 35,3 et 58,8 MPascal (fig. 3, ligne a).

Le métal fondu est maintenu sous pression pendant une à dix secondes jusqu'à ce qu'il soit semi-solidifié (fig. 3, ligne b). Chacun des poinçons de pressage 14<sub>1</sub> - 14<sub>3</sub> appliquent une pression locale au métal fondu sur les grande et petite extrémités 6a et 6b et soumettent de ce fait le métal fondu à proximité des deux extrémités de l'article formé de fibres F et de la boîte de coulée 15, à une pression comprise entre 98 et 245 MPascal, de sorte que l'application de la pression secondaire s'effectue avec une pression hydrostatique élevée (fig.3, ligne c), et le métal fondu est introduit dans l'article formé de fibres et mis sous forme de composite avec celui-ci. Sous cette pression, le métal fondu se solidifie complètement (fig. 3, ligne d). Comme le métal fondu présent dans la boîte de coulée 15 est comprimé au niveau de ces deux positions, le métal fondu est envoyé vers la cavité 6 et l'efficacité avec laquelle il pénètre dans l'article formé de fibres F, peut être améliorée.

On peut de la manière décrite ci-dessus effectuer la coulée d'une bielle brute. Au cours de ce processus de coulage, l'article formé de fibres F est maintenu par les deux chevilles 9<sub>1</sub> et 9<sub>2</sub> de façon à ce qu'ils ne se déplacent pas.

La bielle brute est ensuite séparée du moule et soumise à un usinage pour finir les trous des grande et petite extrémités 7 et 8 à des dimensions prédéterminées. On peut ainsi obtenir une bielle 19 dont la partie axiale 16 est renforcée par des fibres, comme le montrent les figs. 4 et 5, comportant des grande et petite extrémités 17 et 18 et une partie axiale 16.

La fig. 6 représente les résultats expérimentaux d'essais de résistance à la fatigue menés sur des bielles A - D obtenues par le procédé de l'invention,

c'est-à-dire par l'application de pression en deux stades, et sur des bielles E - G obtenues par application de pression en un seul stade, représentés par ligne E de la fig. 3. Le nombre de fois où l'on a appliqué une contrainte est des 1.000.000 pour les billes A - G.

Les conditions de pression appliquées aux bielles A à D obtenues par le procédé de l'invention, sont les suivantes :

bielles	A	B	C	D
pression primaire (MPascal)	39,2	49	58,8	58,8
pression secondaire (MPascal)	98	107,8	117,6	245

Les pressions appliquées aux bielles E - G obtenues par application en un seul stade d'une pression sont les suivantes :

bielles	E	F	G
pression (MPascal)	58,8	98	117,6

Comme le montre clairement la fig. 6, les bielles A - D obtenues par le procédé de l'invention, présentaient des résistances à la fatigue beaucoup plus élevées que celles des bielles E - G obtenues par application en un seul stade de pression. Cela résulte du fait que, en ce qui concerne les bielles A à D, le métal fondu peut être correctement introduit dans l'article formé de fibres F et mis sous forme de composite avec celui-ci grâce à l'application de pression en deux stades, de façon à ce qu'il n'y ait ni de parties de l'article formé de fibres dans les bielles dans lesquelles le métal fondu n'est pas pénétré, ni de qualité de moulage dans la matrice elle-même. Dans les bielles comparatives



E à G, l'apparition de parties dans lesquelles le métal fondu n'a pas pénétré et de cavité de moulage a été observée, ce qui a conduit à une diminution de la résistance à la fatigue.

- 5                    La vitesse d'écoulement du métal fondu à travers l'orifice 11<sub>1</sub> est limitée à la gamme de 0,09 à 0,17 m/sec pour que le métal fondu s'écoule de façon laminaire et rende ainsi l'écoulement plus régulier. Si la vitesse est supérieure à cette gamme, il se produit
- 10 un écoulement turbulent peu souhaitable et si elle est en dessous de ces valeurs, la baisse de température dans le métal fondu devient excessive.

- La course des second et troisième poinçons de pressage 14<sub>2</sub> et 14<sub>3</sub> dans la petite extrémité 6b et
- 15 la boîte de coulée 15 est de préférence d'environ 4 mm à environ 12 mm si l'épaisseur du trou de la petite extrémité 8 dans la partie formant la petite extrémité 18 dans le sens de la ligne centrale, est d'environ 30 mm. En utilisant cette valeur, on peut efficacement
- 20 éviter l'apparition de parties de l'article formé de fibres F dans lesquelles le métal fondu n'a pas pénétré et de cavités de moulage dans la matrice elle-même.

- Il est à noter que l'on pourrait ne comprimer le métal fondu qu'à proximité d'une extrémité de l'article
- 25 formé de fibres, selon la forme du matériau composite.

REVENDICATIONS

1. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres caractérisé en ce qu'il consiste à :

- 5           disposer un article formé de fibres dans cette cavité et le soumettre à une pression primaire; maintenir ce métal fondu sous cette pression primaire pendant un temps prédéterminé ; et
- 10           soumettre ce métal fondu, du moins dans sa partie se trouvant à proximité d'une extrémité de cet article formé de fibres, à une pression secondaire, avec une pression hydrostatique élevée, pour faire pénétrer ce métal fondu dans cet article formé de fibres de façon à les rendre composites, à la fin de ce temps
- 15           prédéterminé.

2. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon la revendication 1, caractérisé en ce que cet article formé de fibres est constitué de fibres métalliques.

- 20           3. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ce métal fondu est constitué d'un alliage d'aluminium.

- 25           4. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que cette pression est comprise entre 35,3 et 58,8 MPascal.

- 30           5. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ce métal fondu est maintenu sous cette pression primaire pendant une à dix secondes.

- 35           6. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que

L'intensité de cette pression secondaire est comprise entre 98 et 245 MPascal.

7. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ce moule de coulage est chauffé entre 250 et 350°C avant d'effectuer le coulage.

8. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que cet article formé de fibres est chauffé entre 460 et 700°C avant d'effectuer le coulage.

9. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ce matériau composite renforcé de fibres est une bielle pour moteur à combustion interne comportant une grande extrémité, une petite extrémité, une partie axiale renforcée par des fibres reliant cette grande extrémité à cette petite extrémité ; en ce que cette cavité de ce moule de coulage comporte une grande extrémité, une petite extrémité et une partie axiale disposée entre ces grandes et petites extrémités ; en ce que cet article formé de fibres en forme de bielle est disposé au centre de cette partie en forme de bielle, et en ce qu'après avoir maintenu ce métal fondu introduit dans cette cavité sous cette pression primaire pendant un temps prédéterminé, on comprime ces grandes et petites extrémités avec une pression hydrostatique élevée.

10. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon la revendication 9, caractérisé en ce que ce moule de coulage comporte une boîte de coulée en communication avec cette partie en forme de grande extrémité.

11. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'on comprime ce métal fondu introduit dans cette boîte de coulée à une pression 5 hydrostatique élevée en même temps que cette pression secondaire.

12. Dans un procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres, comprenant les étapes consistant à disposer un article formé de fibres 10 dans la cavité d'un moule de coulage, couler un métal fondu servant de matrice dans cette cavité et faire pénétrer ce métal fondu dans cet article formé de fibres, de façon à en faire un composite par solidification sous pression élevée, l'amélioration caractérisée 15 en ce que ce métal fondu est comprimé à proximité des deux extrémités de cet article formé de fibres alors que ce métal fondu est soumis à cette solidification sous pression élevée.

13. Procédé de production d'un matériau 20 composite renforcé de fibres selon la revendication 12, caractérisé en ce que cet article formé de fibres est constitué de fibres métalliques.

14. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon l'une quelconque des 25 revendications 12 et 13, caractérisé en ce que ce métal fondu est constitué d'un alliage d'aluminium.

15. Procédé de production d'un matériau composite renforcé de fibres selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que ce matériau 30 composite renforcé de fibres est une bielle pour moteur à combustion interne présentant une grande extrémité, une petite extrémité et une partie axiale renforcée par des fibres reliant cette grande extrémité à cette petite extrémité ; en ce que cette cavité de ce moule de 35 coulage comporte une partie en forme de grande extrémité,

une partie en forme de petite extrémité et une partie en forme de bielle disposée entre ces parties en forme de grande extrémité et de petite extrémité ; en ce que cet article formé de fibres en forme de bielle est

5 disposé au centre de cette partie en forme de bielle ; et en ce qu'après avoir maintenu ce métal fondu introduit dans cette cavité sous cette pression primaire pendant un temps prédéterminé, on comprime ces parties en forme de grande extrémité et de petite extrémité avec une

10 pression hydrostatique élevée.

FIG. 1

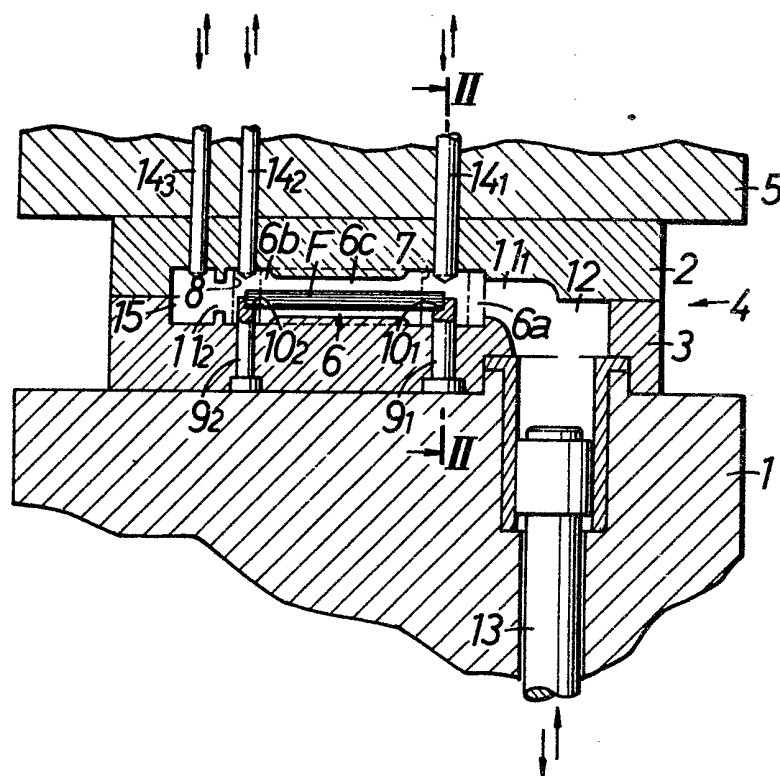


FIG. 3

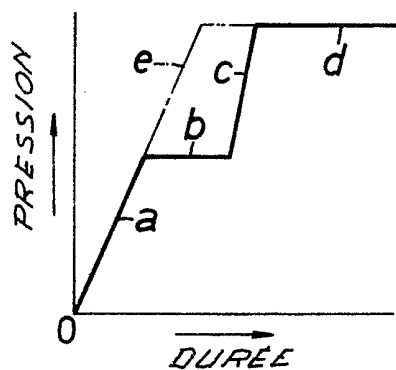


FIG. 2

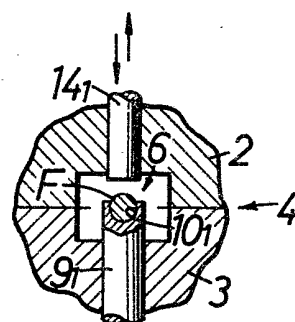


FIG.4

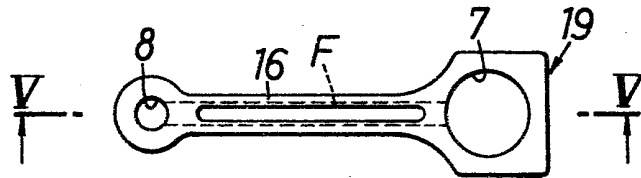


FIG.5

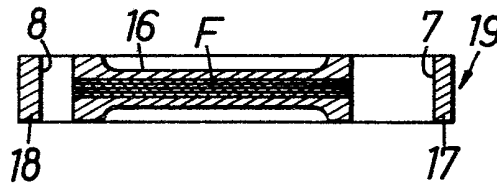


FIG.6

