

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3559717号

(P3559717)

(45) 発行日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(24) 登録日 平成16年5月28日(2004.5.28)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

B 2 1 K 1/22

B 2 1 K 1/22

C 2 2 C 14/00

C 2 2 C 14/00

Z

F O 1 L 3/02

F O 1 L 3/02

J

F O 1 L 3/24

F O 1 L 3/24

B

F 1 6 K 24/00

F 1 6 K 24/00

U

請求項の数 4 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-309234  
 (22) 出願日 平成10年10月29日(1998.10.29)  
 (65) 公開番号 特開2000-135543(P2000-135543A)  
 (43) 公開日 平成12年5月16日(2000.5.16)  
 審査請求日 平成12年7月24日(2000.7.24)

(73) 特許権者 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (73) 特許権者 000116574  
 愛三工業株式会社  
 愛知県大府市共和町一丁目1番地の1  
 (74) 代理人 100081776  
 弁理士 大川 宏  
 (72) 発明者 山口 登士也  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
 (72) 発明者 堀田 昭雄  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジンバルブの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

焼結ピレットを加熱する工程と、  
 加熱されたピレットを、一部を押し残り部として残した状態で押出成形してステムを形成する工程と、  
 押出成形したステムを転造して軸曲がりを矯正する工程と、  
 再加熱する工程と、  
 前記押し残り部を熱間で据え込み鍛造して傘部を形成する工程と、  
 を上記の順序で実行することを特徴とするエンジンバルブの製造方法。

【請求項2】

前記軸曲がりを矯正する工程は、前記焼結ピレットを押出成形後ただちに200～500の温間で転造する行程である請求項1記載のエンジンバルブの製造方法。

【請求項3】

前記焼結ピレットは、チタン合金中で熱力学的に安定なセラミックス粒子および/または気孔を総計で体積比1%以上含むチタン系焼結ピレットである請求項1記載のエンジンバルブの製造方法。

【請求項4】

鍛造温度が前記チタン合金の変態温度以上である請求項3記載のエンジンバルブの製造方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

## 【 0 0 0 1 】

## 【 発明の属する技術分野 】

本発明は、エンジンバルブの製造方法に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【 従来技術 】

自動車等の内燃機関に装着されるエンジンバルブの材質に対する要求は、エンジン部品の中でも厳しい部類に入っている。特に、高温の燃焼雰囲気さらされながら相当大きな荷重を受けるので、高温下での耐熱強度や耐食性、耐酸化性とシートとの当たり面の耐磨耗性にすぐれていることが求められている。さらに、近年の自動車の高性能指向にともない、エンジンバルブ部材においても軽量化が求められてきた。

10

## 【 0 0 0 3 】

これらの要求を満たすエンジンバルブとして、チタン系金属（チタン合金）を用いたエンジンバルブが開発されている。

チタン合金は、その特性が結晶構造と密接に関係している。このため、チタン合金は、結晶構造により 型、 + 型、 型チタン合金に大別されている。

チタン合金として最も使用量の多い + 型チタン合金は、変態温度（変態点）以上（温度域）では 型組織に変態し、 型組織のチタン合金は 変態点以下（ + 温度域）では、 + 型組織に変態することが知られている。

## 【 0 0 0 4 】

+ 型チタン合金は、変態点を超えると急速に粗大な組織となり、衝撃値や疲労強度が低下するため、従来の + 型チタン合金の鍛造は + 温度域で行われていた。しかしながら、 + 温度域における + 型チタン合金は変形抵抗が大きいため、鍛造加工は容易ではなかった。

20

このようなチタン合金を加工したチタン合金製エンジンバルブの一般的な製造方法は、溶融チタン合金から製造したチタン合金製線材をアップセッターにより予備成形し、この部分に熱間で据え込みを行うことでバルブ形状を形成していた。

## 【 0 0 0 5 】

たとえば、特開平 7 - 3 4 8 1 5 号にチタン合金製エンジンバルブの製造方法が開示されている。この製造方法は、チタン合金棒を熱間押しおよび傘形状への型鍛造によりバルブ形状とする方法であった。

30

また、粉末冶金法によりバルブを製造する方法もある。すなわち、チタン合金粉末を冷間静水圧（CIP）成形によりバルブ形状を有する成形体を成形した後に、この成形体を焼結させる方法である。

## 【 0 0 0 6 】

このような粉末冶金法の例として、特開平 6 - 2 2 9 2 1 3 号に開示されたエンジンバルブの製造方法がある。この製造方法は、チタン粉末およびアルミニウム粉末の混合物をキャンニングしてバルブ形状に押し鍛造成形した後に、反応合成させて Ti - Al 系金属間化合物よりなるエンジンバルブを製造するエンジンバルブの製造方法が開示されている。

## 【 0 0 0 7 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

40

しかしながら、特開平 7 - 3 4 8 1 5 号に記載のエンジンバルブの製造方法のようにチタン合金製線材を用いる製造方法では、チタン合金線材が溶製材であるため、その製造および直棒状とするために多くの工程が必要となるとともに、歩留まりも悪いことからコストが高くなっていた。

## 【 0 0 0 8 】

また、特開平 6 - 2 2 9 2 1 3 号に記載のエンジンバルブの製造方法のように粉末冶金を用いる製造方法では、焼結体は残留気孔が多いため、延性および疲労強度が低いという問題を有していた。

本発明は上記実状に関してなされたものであり、低コストで、延性や疲労強度の高いチタン系金属製品を製造できるチタン系金属の鍛造方法およびエンジンバルブの製造方法を提

50

供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明のエンジンバルブの製造方法は、素材（ピレット）を加熱する工程と、加熱されたピレットを押出成形してステムを形成する工程と、成形されたステムをただちに転造して矯正する工程と、再加熱する工程と、その後熱間で傘部を据え込み鍛造する工程と、を上記の順序で実行することを特徴とする。

また、チタン系金属は、焼結のみでは残留気孔による延性、疲労強度の低下が発生するが、鍛造による緻密化を行うため、延性、疲労強度の低下が発生しない。

【0012】

【発明の実施の形態】

（チタン系金属の鍛造方法）

本発明のチタン系金属の鍛造方法は、焼結素材を製造する工程と、焼結素材を加熱する工程と、焼結素材を鍛造する工程と、を上記の順序で実行する。

焼結素材を製造する工程は、原料粉末を焼結して焼結素材とする工程である。ここで、焼結素材は、十分に混合した所定の組成のチタン系粉末を金型を用いた型成形等の成形方法により成形体を作製し、この成形体を焼結させて得られる。原料粉末は、チタン系粉末と強化用粉末とからなる混合粉末およびチタン系合金粉末がある。チタン系粉末には、純チタン粉末や水素化チタン粉末等がある。強化用粉末にはAl-V合金粉末やAl-Sn-Zr-Mo-Nb-Si合金粉末等の母合金粉末あるいは、TiB<sub>2</sub>、TiC等のセラミックス粉末がある。チタン合金中で熱力学的に安定なセラミックス粒子としては、TiBやTiB<sub>2</sub>等のホウ化チタン、TiC、Ti<sub>2</sub>C、チタンシリサイド、TiN等があり、広い意味では金属間化合物、希土類元素の酸化物も該当する。この中ではホウ化チタンが好ましい。なお、チタン合金中で熱力学的に安定とは、高温までチタン中に分解、固溶せずに粒子として存在して残存できるという意味である。また、耐熱強度は必ずしも必要という意味ではなく、粒子として存在していれば同様の作用効果を発揮する。また、チタン系合金粉末には、例えば、Ti-6Al-4V合金粉末や、Ti-6Al-4V-5TiB合金粉末等がある。

【0013】

チタン系粉末は、その平均粒径が80μm以下であることが好ましい。平均粒径が80μmより大きくなると、焼結温度が低下し、鍛造時の割れを招くようになる。

焼結素材は、粉体を成形した後に焼結させたものであるため、その内部に気孔を有している。この焼結素材は、相対密度が高いことが好ましい。焼結素材の相対密度が高くなると、高温延性が上昇するため、焼結素材の鍛造による成形性が向上する。このことは、図1の相対密度と高温延性の関係の測定結果からもわかる。ここで、図1の関係図は、Ti-5.9Al-3.9Sn-3.9Zr-1Mo-1Nb-0.15Si合金マトリックスに5vol%のホウ化チタン粒子を分散させたチタン合金焼結体の高温延性を、相対密度を変化させて測定した関係図である。

【0014】

焼結素材を加熱する工程は、焼結素材を鍛造温度まで加熱する工程である。すなわち、図1の関係図からわかるように、延性は温度の上昇とともに向上している。つまり、延性が上昇することで、鍛造性も向上している。この加熱温度としては、900~1400であることが好ましく、更に好ましくは1000~1300である。

【0015】

加熱温度の上限は 変態点よりも高くできる。もちろん、変態点より低い + 温度域に加熱し、鍛造することもできるが、本発明では焼結体に残留させた気孔もしくはホウ化チタン粒子が加熱および鍛造時の結晶粒の成長を抑制する効果があるため、温度域で加熱、鍛造することが可能となり、鍛造可能温度を拡大することができる。

【0016】

なお、気孔は体積率で1%以上残留させることが望ましい。気孔率が1%未満の場合は、

10

20

30

40

50

結晶粒の成長をまねく。ホウ化チタン粒子についても1 vol %以上が好ましいが、気孔と合わせて1 vol %以上としても良い。また、上記加熱温度を超えると、素材の表面の酸化が著しく進行する。しかし、不活性ガス中で鍛造を行うことで酸化は回避できる。

【0017】

鍛造は、金属材料を工具で加圧して塑性変形を与え所定の寸法形状に加工する加工方法であり、その鍛造方法としては、自由鍛造、型鍛造、押出し、据え込み等の方法がある。この鍛造工程において、成形品ののびる方向に沿った方向に焼結素材がフローされることが好ましい。すなわち、フローが部品ののびる方向に行われることで、成形品表面の引張応力方向に残留気孔を線状化することができるため、残留気孔による機械特性の悪化を抑えることができる。

10

【0018】

また、焼結素材が金属マトリックス中に繊維状あるいは棒状の強化粒子を分散しているような場合には、成形品表面の引張応力方向に強化粒子を配向させるため、機械特性を向上させることができる。さらに、同様に分散した不純物やその他の介在物を分散しているような場合には、この介在物も引張応力方向に配向されるため、機械特性の低下を抑えることができる。

【0019】

(エンジンバルブの製造方法)

本発明のエンジンバルブの製造方法は、ピレットを加熱する工程と、ピレットの一部からステムを形成する工程と、ステムを矯正する工程と、再加熱する工程と、ピレットの残り

20

の部分から傘部を据え込み鍛造する工程と、を有する。ピレットは、原料粉末等を成形した後に、焼結されたピレットが用いられる。

【0020】

ピレットを加熱する工程は、ピレットが加熱されることでその延性が上昇し、鍛造時にピレットが変形しやすくなるために行われる。このときの加熱温度は、900~1400

であることが好ましく、更に望ましくは1000~1300 である。ピレットにステムを形成する工程は、加熱されたピレットを押し出成形してステムを形成する工程である。押し出成形によりステムを形成することで、ピレット中に含まれる気孔あるいは強化粒子等の介在物をステイののびる方向に配向させ、エンジンバルブの機械強度を向上させている。

30

【0021】

ステムを矯正する工程は、成形されたステムをただちに温間で転造する工程である。成形されたステムを温間でただちに転造することで、耐熱Ti合金など室温延性の低い材料も割れを生じることなく矯正ができる。また、軸精度を向上させることで軸精度の高い据え込みを行うことができる。なお、室温延性の高い材料では、ステム成形後室温近傍にまで冷却されてから行ってもよい。

【0022】

再加熱する工程は、ステムを矯正するときの転造温度が、鍛造に好ましい温度よりも低温となっているため、再加熱することで、変形しやすくする。

傘部を据え込み鍛造する工程は、熱間で傘部を据え込み鍛造する工程である。この工程においては、ステムを矯正してあることから軸精度の高い据え込みが行われ、据え込み用金型にステムを補正する通孔の内径とワーク外径とのクリアランスを少なくでき、傘部の直角度を高精度に形成できるようになる。

40

【0023】

【実施例】

以下、実施例を用いて本発明を説明する。

(実施例1)

所定の組成となるように、100メッシュアンダーの水素化脱水素チタン粉末、平均粒径が10 $\mu$ mのAl-40V合金粉末、平均粒径が2 $\mu$ mのTiB<sub>2</sub>粉末とを秤量し、十分に混合した。十分に混合させた後、この混合粉末を金型成形により直径16mm、長さ4

50

5 mmの円柱状を有する圧粉体を成形した。このときの成形面圧は、 $5 \text{ t / cm}^2$ であった。なお、試料 1、2、5、6、比較例 1、2、3、4 はTi 粉末とAl - 40 V 合金粉末、試料 3、4、7、8 はTi 粉末とAl - 40 V 合金粉末に加えてTiB<sub>2</sub> 粉末とを混合させた成形体である。

【0024】

その後これらの円柱状圧粉体に、真空度が $10^{-5}$  Torr 台の雰囲気、1300 で4時間の加熱を行い、圧粉体を焼結させ、焼結ピレットを得た。

この焼結ピレットの端面から10 mmの位置で切断し、断面組織を光学顕微鏡にて観察し、旧 粒のサイズを測定した。

その後、切断した残部を加熱温度1030、1300、据え込み率60%の据え込み成形を行った後、据え込み体の中央部の断面組織観察を行い、旧 粒サイズを測定した。

【0025】

【表1】

鍛造=据え込み

試料No	気孔率 (vol%)	ホウ化チタン (vol%)	鍛造加熱 温度 (°C)	旧β粒サイズ (μm)		備考
				鍛造前	鍛造後	
試料1	5	0	1030	80	70	
試料2	1	0	↑	85	75	
試料3	5	5	↑	60	50	
試料4	1	5	↑	65	55	
比較例1	0.5	0	↑	100	120	
比較例2	0	0	↑	150	220	
試料5	5	0	1300	80	80	
試料6	1	0	↑	85	84	
試料7	5	5	↑	60	56	
試料8	1	5	↑	65	60	
比較例3	0.5	0	↑	100	230	
比較例4	0	0	↑	150	400	割れ

※) マトリクス組成; Ti-6Al-4V

## 【0026】

表1の結果から、試料1~8はそれぞれ気孔、ホウ化チタン粒子により鍛造後の結晶粒サイズの増加が抑制されている。

(実施例2)

本発明のチタン系金属の鍛造方法およびエンジンバルブの製造方法の実施例として、チタン系金属よりなるエンジンバルブを作製した。

## 【0027】

(焼結ピレットの作製)

100メッシュアンダーの水素化脱水素チタン粉末、平均粒径が10μmのAl-24.9Sn-24.4Zr-6.2Nb-6.2Mo-1.4Si合金粉末、および平均粒径が2μmのTiB<sub>2</sub>粉末を所定の割合となるように秤量し、十分に混合した。この混合粉末を金型成形により直径16mm、長さ45mmの円柱状に成形し、圧粉体を得た。この

10

20

30

40

50

ときの成形面圧は、 $5 \text{ t} / \text{cm}^2$ であった。

#### 【0028】

その後、この円柱状圧粉体に、真空度が $1.0 \times 10^{-5} \text{ Torr}$ 台の雰囲気、 $1300$ 、4時間の加熱処理を行って焼結させ、焼結ピレットを得た(図2a)。得られた焼結ピレット10は、相対密度が $4.1 \text{ g} / \text{cm}^3$  (90%)であった。

(鍛造)

得られた焼結ピレット10を $1200$ に加熱した後、押出成形を行いエンジンバルブの軸部11を形成した(図2b)。なお、押出成形は、図3に示した押出成形機2により行われた。なお、この押出成形時に金型温度は、 $450$ に設定された。この押出成形における押し出し比は、8に設定された。この押し出し比は、押し出し部分すなわちバルブの傘部10に変形する部分の材料の相対密度が95%以上となるように設定された値である。この押し出し比が低くなると押し出し部分の相対密度が95%に到達しなくなる。

10

#### 【0029】

この押出成形機2は、ダイ21に押し出し材(ピレット10)を配置し、この押し出し材を上パンチ23で上方から加圧することで、押し出し材を変形させながらダイ21の開口部から流出させるものである。上パンチ23は上ラム24にもうけられ、この上ラム24が降下することにより押し出し材を加圧している。

エンジンバルブの軸部を形成したピレットをただちに温間で転造した。この転造時の温度は、 $200 \sim 500$ であった。

#### 【0030】

転造を行った後、ピレットを $1250 \sim 1350$ に加熱し、 $400 \sim 580$ に設定された型内に配置され、据え込みを行い押し出し部分13を傘状のバルブヘッド15の形状に成形した(図2c)。なお、鍛造温度は加熱温度よりも $100 \sim 180$ 低くなっている。

20

以上の工程により得られたエンジンバルブは、気孔が軸部ののびる方向に線状化されるとともに、この方向に沿ってホウ化チタン粒子も配向されている。このため、本実施例において作製されたエンジンバルブは、機械的特性に優れる。このときの配向の方向を図4に示した。

#### 【0031】

(評価)

焼結ピレットを鍛造した試験片を作製し、その試験片の密度および機械特性を測定することで本発明の鍛造方法の評価を行った。

30

(試験片の作製)

所定の組成となるように、 $100$ メッシュアンダーの水素化脱水素チタン粉末、平均粒径が $10 \mu\text{m}$ のAl-40V合金粉末、平均粒径が $2 \mu\text{m}$ の $\text{TiB}_2$ 粉末、を秤量し、十分に混合した。十分に混合させた後、この混合粉末を金型成形により直径 $16 \text{ mm}$ 、長さ $45 \text{ mm}$ の円柱状を有する圧粉体を成形した。このときの成形面圧は、 $5 \text{ t} / \text{cm}^2$ であった。なお、試料11~13はTi粉末とAl-40V合金粉末とを、試料14~16はTi粉末とAl-40V合金粉末に加えて $\text{TiB}_2$ 合金粉末とを混合させた成形体である。

#### 【0032】

その後、これらの円柱状圧粉体に、真空度が $10^{-5} \text{ Torr}$ 台の雰囲気、 $1300$ で4時間の加熱を行い、圧粉体を焼結させ、焼結ピレットを得た。

試料11および14の焼結ピレットには、機械加工を施し、引張試験片および疲労試験片を研削加工により作製した。

試料12および15の焼結ピレットには、加熱温度 $1100$ 、面圧 $10 \text{ ton}$ の熱間コイニングによる緻密化を行った後に、試料11および14と同様の機械加工を施し試験片を作製した。

40

#### 【0033】

試料13および16の焼結ピレットには、加熱温度 $1100$ 、断面減少率85%の熱間押し出しによる緻密化を行った後に、試料11および14と同様の機械加工を施し試験片を

50

作製した。

また、比較例 10 として、溶製 Ti - 6 Al - 4 V 合金よりなる試験片を研削加工により作製した。

【 0 0 3 4 】

それぞれの試験片の組成、相対密度、0.2%耐力、室温伸びおよび疲労強度を測定し、測定結果を表 2 に示した。

相対密度の測定は、アルキメデス法により行われた。

0.2%耐力の測定は、荷重 - 変移線図より測定された。

室温伸びの測定は、試験片に予めマーキングしておいた標点の間隔を試験前後に実測して測定された。

【 0 0 3 5 】

【 表 2 】

試料名	組成	ホウ化チタン (vol%)	工程	相対密度 (%)	0.2%耐力 (MPa)	室温伸び (%)	疲労強度 (MPa)
試料11	Ti-6Al-4V	0	焼結のみ	98	820	8	280
試料12	Ti-6Al-4V	0	焼結+コイニング	100	880	12	480
試料13	Ti-6Al-4V	0	焼結+押出し	100	880	15	580
試料14	Ti-6Al-4V	10	焼結のみ	96	1030	1	310
試料15	Ti-6Al-4V	10	焼結+コイニング	100	1050	2	520
試料16	Ti-6Al-4V	10	焼結+押出し	100	1070	5	650
比較例10	Ti-6Al-4V	0	溶製	100	870	14	500

10

20

30

## 【0036】

表2の測定結果から、試料12、13および15、16の試料は、金属組織が緻密化されることで0.2%耐力、室温伸びおよび疲労強度が大きくなっている。また、硬質粒子（ホウ化チタン）の入っていない試料の場合、相対密度が100%であっても、コイニングにより緻密化された試料12の室温伸びおよび疲労強度は向上しているが、その効果が十分でないのに対し、押出しを施した試料13は比較例10の溶製材と同等以上の良好な特性が得られる。

40

## 【0037】

さらに、ホウ化チタン粒子を分散した試験片の場合には、押出しにより耐力も向上している。このことは、ホウ化チタン粒子が配向した効果と推定される。

## 【0038】

50

【発明の効果】

本発明のエンジンバルブの製造方法は、ステムを押出成形後、ステムを矯正してあることから軸精度の高い据え込みが行われ、傘部の直角度を高精度に形成できる。また、焼結ビレットを用いるため、ビレット製造までの工程が大幅に短縮される効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】チタン合金焼結体の相対密度と高温延性の関係を示した図である。

【図2】エンジンバルブの製造における、焼結ビレットの鍛造図である。

【図3】押出成形に用いられるプレス機の図である。

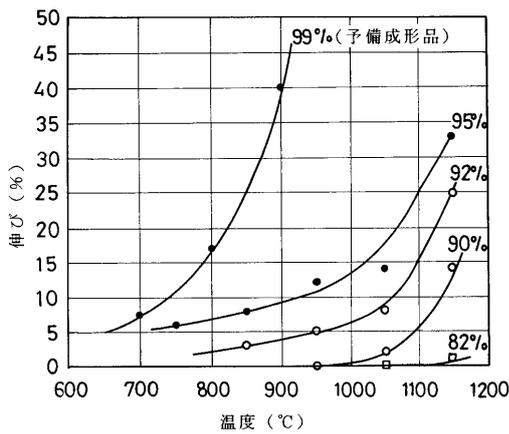
【図4】エンジンバルブの材料フローの方向を示した図である。

10

【符号の説明】

- |               |             |              |
|---------------|-------------|--------------|
| 10 ... 焼結ビレット | 11 ... 軸部   | 13 ... 押し残し部 |
| 15 ... 傘部     | 2 ... 押出成形機 | 21 ... ダイ    |
| 23 ... 上パンチ   | 24 ... 上ラム  |              |

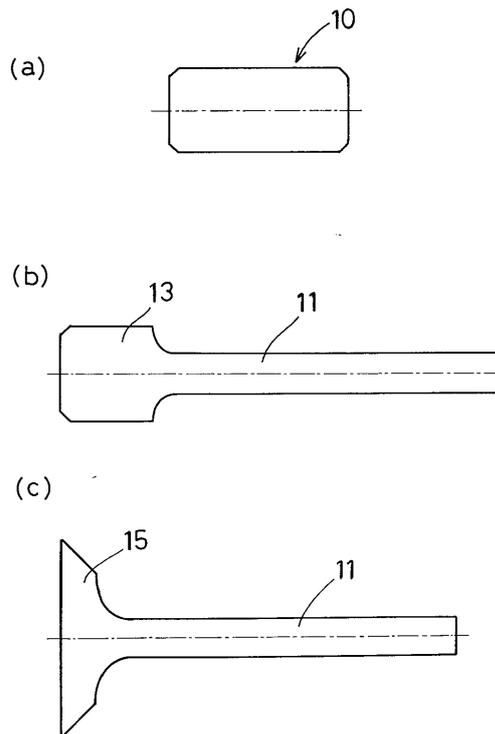
【図1】



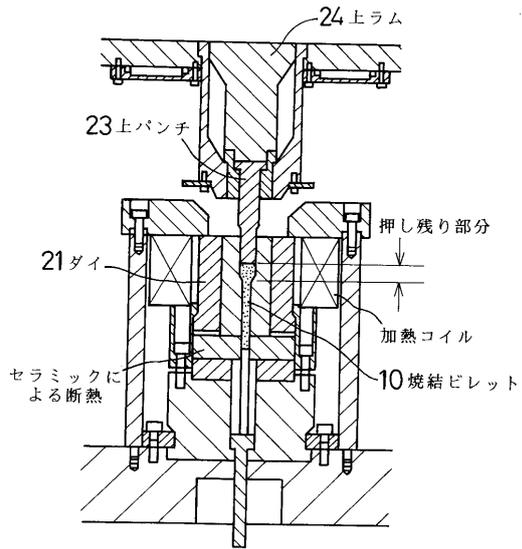
相対密度と高温延性の関係

マトリクス組成  
 $Ti-5.9Al-3.9Sn-3.9Zr-1Mo-1Nb-0.15Si$   
 ホウ化チタン粒子  
 5vol%

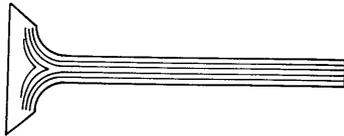
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>		F I		
// C 2 2 F	1/00	C 2 2 F	1/00	6 3 0 B
C 2 2 F	1/18	C 2 2 F	1/00	6 3 0 G
		C 2 2 F	1/00	6 5 1 B
		C 2 2 F	1/00	6 8 3
		C 2 2 F	1/00	6 8 7
		C 2 2 F	1/18	H

- (72)発明者 柴田 義範  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 古田 忠彦  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4番地の1株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 斎藤 卓  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4番地の1株式会社豊田中央研究所内
- (72)発明者 岩瀬 悟  
愛知県大府市共和町一丁目1番地の1 愛三工業株式会社内
- (72)発明者 春田 高志  
愛知県大府市共和町一丁目1番地の1 愛三工業株式会社内
- (72)発明者 北村 達哉  
愛知県大府市共和町一丁目1番地の1 愛三工業株式会社内

審査官 金澤 俊郎

- (56)参考文献 特開平07-090414(JP,A)  
特開平10-251778(JP,A)  
特開平03-036230(JP,A)  
特開平03-150331(JP,A)  
特開平07-062407(JP,A)  
特開平06-229213(JP,A)  
特開平08-061025(JP,A)  
特開平08-033920(JP,A)  
特開平08-267144(JP,A)  
特開平08-010850(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

B21J 1/00 - 13/14  
B21J 17/00 - 19/04  
B21K 1/00 - 31/00  
C22F 1/00  
C22F 1/18  
C22C 14/00  
F01L 3/02  
F01L 3/24  
F16K 24/00  
B21D 3/02  
B21H 1/00 - 9/02