

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年6月18日(18.06.2015)



(10) 国際公開番号

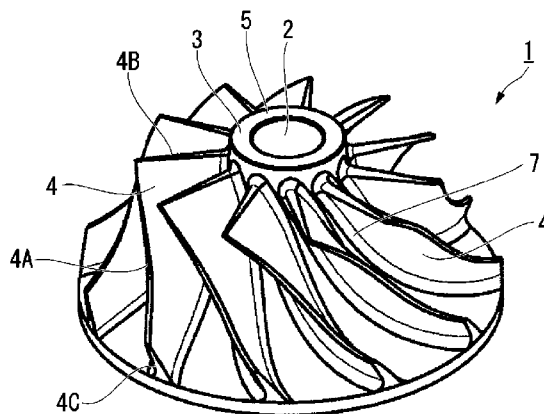
WO 2015/087907 A1

- (51) 国際特許分類:
B22D 11/00 (2006.01) *F02B 39/00* (2006.01)
B21K 3/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/082663
- (22) 国際出願日: 2014年12月10日(10.12.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-258638 2013年12月13日(13.12.2013) JP
- (71) 出願人: 昭和電工株式会社(SHOWA DENKO K.K.)
[JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目13番9号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐藤 正広(SATO Masahiro); 〒9660845 福島県喜多方市長内7840 昭和電工株式会社喜多方事業所内 Fukushima (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: FORMED MATERIAL FOR TURBO-COMPRESSOR WHEEL MADE OF ALUMINUM ALLOY, AND METHOD OF MANUFACTURING TURBO-COMPRESSOR WHEEL

(54) 発明の名称: アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材およびターボコンプレッサホイールの製造方法



(57) Abstract: The present invention provides a formed material for a turbo-compressor wheel with which it is possible to manufacture a turbo-compressor wheel having strength at elevated temperatures, excellent rigidity, and excellent dynamic balance, and moreover having an optimal performance corresponding to the different characteristics required of each part. The starting material for this formed material for a turbo-compressor wheel made of an Al alloy is a small-diameter continuous-cast bar stock, or a forged material formed by hot-sealed-forging a small-diameter continuous-cast bar stock. In addition, the structure of the continuous-cast bar stock or forged material is such that the average number of grain boundaries crossed in a circumferential direction in a transverse section orthogonal to the casting direction or the forging direction is minimal in a central portion and is maximal in an outer peripheral portion. The casting direction or the forging direction of the starting material is parallel to the direction of the central axis of rotation of the compressor wheel.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2015/087907 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、高温強度、剛性に優れ、かつ動バランスに優れ、しかも各部の異なる要求特性に応じた最適な性能を有するターボコンプレッサホイールを製造し得るターボコンプレッサホイール用素形材を提供する。本発明の A I 合金製ターボコンプレッサホイール用素形材は、細径の連続鑄造棒材、もしくはそれを熱間密閉型鍛造した鍛造上がり材が素材とされ、かつその連続鑄造棒材もしくは鍛造上がり材は、鑄造方向、鍛造方向に対して直交する横断面での円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる組織を有し、その素材の鑄造方向、鍛造方向がコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿うものである。

明 細 書

発明の名称：

アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材およびターボコンプレッサホイールの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、自動車などの輸送機器内燃機関に用いられるターボチャージャに使用されるアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材、およびターボコンプレッサホイールの製造方法に関するものである。

本願は、２０１３年１２月１３日に日本に出願された特願２０１３－２５８６３８号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] よく知られているように、輸送機器内燃機関に用いられるターボチャージャは、排気ガスの圧力により回転するタービンと連結軸で結合されたコンプレッサホイール（インペラーとも称される）が回転することにより、空気をコンプレッサハウジングに送って空気を圧縮し、この圧縮空気を燃焼室に送り込むことにより内燃機関の燃焼効率を高めて、内燃機関の出力の向上、排気ガスの清浄化をもたらす装置である。このようなターボチャージャでは、通常はタービン側（排気ガス）とコンプレッサ側（吸気側）に分割されていて、その間に断熱ベアリングを配置する構造となっている。コンプレッサ側は、コンプレッサハウジングの中央にコンプレッサホイールが配置されている。

[0003] このようなターボチャージャ装置のコンプレッサホイールは、通常は円錐状をなす回転軸部の外周側に、空気を掻き込むための複数の曲面状の薄い羽根部（翼部）を放射状にかつ渦巻の一部をなすように形成した構成とするのが一般的である。そして、そのコンプレッサホイールは、かたつむり状の渦巻き管を有するハウジングの中央部に配置される。

[0004] コンプレッサホイールの代表的な例について、その基本形状の全体的な概

略の一例を、図1～図3に示し、その要部の断面を図4に拡大して示す。

[0005] 図1～図4において、コンプレッサホイール1は、図示しないタービン側ローターと連結されるシャフトを圧入するためのシャフト穴2を有する略円錐状の回転軸部3の外周側に、放射状に複数の羽根部4を一体に形成した構造となっている。ここで、羽根部4の縁部のうち、空気の吸入側の吸気側の縁部4Bと空気の排出側の縁部4Cとの中間の、捻じれ湾曲状に傾斜（回転中心軸線Oに対して捻じれ状に傾斜）した縁部（エッジ部）4Aは、コンプレッサハウジングとの間で隙間（いわゆるチップクリアランス）を形成するエッジ部、すなわちチップエッジ部と称される部分である。

[0006] 回転軸部3における小径側の端部は、羽根部4の端部から突出するボス部5とされる。また、回転軸部3の外縁部分（但し、主として回転軸部3の一端側のボス部5の付近を除く）から、羽根部4に連続する部分7、言い換えれば、回転軸部3の外周部分から羽根部4に立ち上がる部分は、羽根付け根部7と称することができる。なお実際のコンプレッサホイールにおいては、各部に、より微細な形状が付与されたり、上記以外の細かい凸部や凹部が形成されるのが通常であるが、ここでは基本的な部分のみを示し、細部形状については省略している。なおまた、自動車などの輸送用機器におけるターボチャージャのコンプレッサホイールの場合、その全体的な寸法は、例えば回転軸線Oを基準とする最大外径が30～150mm程度、回転軸線Oに沿った方向の最大長さが20～100mm程度のことが多い。

[0007] ところで、ターボチャージャのコンプレッサホイールは、150℃程度の高温において10000rpmを超える高速回転が与えられるため、高温高強度及び高い剛性を有することが要求されると同時に、エネルギー損失の低減を図るために軽量であることが必要である。また、高速回転に耐えるように、高速回転時の動バランスが良好であること、したがって周方向（回転方向）に均一な密度を有することも要求される。

[0008] そのほか、コンプレッサホイールにおいては、圧縮空気の高温化による高効率化を図って、タービン側からの熱を圧縮空気に伝えることが有効であり、

そのため放熱性（熱伝導性）が良好であることが望まれる。

[0009] さらに、コンプレッサホイールの各部ごとに考慮すれば、羽根部4は軽量性を確保するために薄肉であること（通常は1mm未満の肉厚であること）が求められる。そのため、高速回転で羽根部4が変形しにくいこと、したがって羽根部4の高温強度が高く、剛性も高いことが要求され、とりわけ羽根部4の内でも特に先端のチップエッジ部4A付近は極端に薄肉となるのが通常であるから、その部分には、高温強度、剛性が十分に高いことが望まれる。一方、羽根付け根部（回転軸部3から羽根部4に連続する部分）7については、回転時に応力が集中する部分であるため、高速回転での連続使用に対しての耐久性、信頼性を満たすために、切欠き疲労強度が高いことが求められる。回転軸部3は、複数の羽根部4を支持する部分であって、しかもターボチャージャの組み立てに当たっては、回転軸部3のシャフト穴2にシャフトが圧入されるのが通常であり、そこで回転軸部3は羽根部よりも格段に肉厚とされ、しかもその回転軸部3の一端側のボス部5は、シャフト圧入時に割れが生じないように、強度と伸びが良好であることが望まれる。

[0010] このように、コンプレッサホイールにおいては、全体的に高温での高強度、高剛性を有しかつ高速回転時の優れた動バランス、軽量性を有すると同時に、各部分の機能や異なる形状、肉厚などに応じて、各部分ごとに異なる特性を有することが望まれる。

[0011] なお、従来のターボチャージャのコンプレッサホイールの材料としては、前述のような要求特性のうち、主として軽量性や熱伝導性、更には加工性などの観点から、一般にはアルミニウム合金が使用されている。

[0012] 従来、この種のアルミニウム合金製コンプレッサホイールは、ロストワックス法と称される鑄造法（精密鑄造法とも称される）によってアルミニウム合金溶湯から直接的に素形材を鑄造し、その精密鑄造素形材に、適宜切削加工などの仕上げ加工を施してコンプレッサホイールに仕上げるのが通常であった（例えば、特許文献1など）。

[0013] また一方、ターボチャージャのコンプレッサホイールなどの回転体を製造

する方法としては、アルミニウム合金の押出し材（押出しビレット）を素材とし、その押出しビレットに鍛造加工を加えて鍛造素形材とし、更に切削加工を加えて仕上げる方法も提案されている（例えば特許文献2）。

[0014] そのほか特許文献3においては、特許文献2の場合と同様に、アルミニウム合金素材から、鍛造加工によってターボチャージャのコンプレッサホイールなどの回転体を得る方法であることを前提とし、その場合において、鍛造工程で全体的に均一に鍛錬し、すなわち3方向に鍛錬して、デッドゾーン部がなく、メタルフロー部がほぼ均一に存在する鍛造素形材を得る方法が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0015] 特許文献1：特開2005-206927号公報

特許文献2：特開2006-305629号公報

特許文献3：特開2000-197943号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0016] しかしながら、ターボチャージャのコンプレッサホイールは、前述のようにシャフト穴周囲の厚肉の部分（回転軸部）と、その厚肉の部分から放射状に延びる薄肉の部分（羽根部）とが混在し、しかも羽根部は、特にその先端部分（チップエッジ部付近）の肉厚が1mm未満ときわめて薄く、かつ特殊な形状の複雑な曲面を構成していることから、特許文献1に示されているように精密鑄造法によって製造する場合には、ロストワックス鑄型内にアルミニウム合金溶湯を注入する際に、薄肉部にアルミニウム合金溶湯が十分に廻らず、そのため薄肉部にポロシティや酸化物などの内部欠陥が生じたり、微細な形状部分を正確に形成することができなかつたりすることが多い。そのため、薄肉の羽根部や羽根付け根部の寸法精度や強度が低くなり、その結果、コンプレッサホイールとしての高速回転時の動バランスが悪くなったり、良

品歩留まりが低くなってしまったりする問題がある。また精密鑄造法によってコンプレッサホイールを製造する場合、素材のアルミニウム合金としては、主に鑄造時の湯流れ性の観点からその成分組成を選択せざるを得ず、そのためコンプレッサホイールに要求される前述の諸特性、特に高温強度や剛性を必ずしも満足させ得ないことが多かった。さらに特許文献1に示されるように精密鑄造法によって製造した場合、全体的に均一な組織となるのが通常であり、そのためコンプレッサホイールの各部に対する異なる要求をすべて満たすことは困難であった。

[0017] また一方、特許文献2に示されているように、押出し材を素材として鍛造加工によって得られたコンプレッサホイールにおいては、押出材が、その押出し方向に沿って長く延びる繊維状組織を有していて、押出し方向に対して直交する横断面で見れば、半径方向にほぼ均等な組織（半径方向に粒径がほぼ均一な組織）となっており、鍛造後の素形材としても、羽根部を含む最大径部分では、コンプレッサホイール中心回転軸線に直交する横断面で見て、半径方向にほぼ均質な組織となるのが通常である。これは、言い換えれば、コンプレッサホイールの各部ごとに望まれる異なる特性をそれぞれ十分には満足させ得ないことを意味する。

[0018] さらに特許文献3に示されるように、3方向に鍛造する場合も、全体的に均質な組織となり、そのため、コンプレッサホイールの各部ごとに望まれる異なる特性をそれぞれ十分には満足させることは困難であった。またこの場合、概ね均質な組織が得られるとはいえども、3段階にわたって異なる方向から鍛造する関係上、コンプレッサホイールの回転中心位置を基準としてその周方向に組織が均一となるとは限らず、そのためコンプレッサホイールの高速回転時の動バランスに劣る製品になってしまうおそれがある。

[0019] 本発明は、以上の事情を背景としてなされたもので、全体的に高温強度、剛性に優れると同時に、高速回転時の動バランスに優れ、しかも各部について、それぞれ異なる要求特性、望まれる特性に応じた最適な性能を有するコンプレッサホイールを製造し得るアルミニウム合金製コンプレッサホイール用

素形材を提供し、併せて、そのような優れた性能を有するアルミニウム合金製コンプレッサホイールを実際に製造し得る方法を提供することを課題とするものである。

課題を解決するための手段

[0020] 前述の課題を解決するべく、本発明者等は、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材について種々実験、検討を重ねた結果、素材として、連続鋳造による細径の棒材、すなわち急冷凝固の連続鋳造によって得られた鋳造材を使用することが最適であること、とりわけ鋳造方向に直交する横断面方向の鋳造組織として、中心部分の組織が最も粗く、外周側の部分が最も緻密な組織となっている連続鋳造棒材を素材として使用することが最適であることを見出した。

また、このような細径の連続鋳造棒材を素材とし、それに鍛造加工を施してターボコンプレッサホイール用素形材とすることも有効であることを見出した。

そしてこれらの知見から、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材についての発明、及びターボコンプレッサホイールの製造方法についての発明をなすに至った。

[0021] 上記の目的を達成するために、本発明は、以下の（１）～（２１）に記載した各態様を提供する。

[0022] ・ 細径の連続鋳造棒材が素材とされ、かつその素材は、鋳造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、前記横断面の中心部で最小となり、外周部で最大となる鋳造組織を有し、その素材の鋳造方向がコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿う、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0023] なお本明細書において、「素形材」とは、最終的にターボコンプレッサホイール製品に仕上げるための、羽根部の形成のための切削加工や、シャフト穴形成のための穴明け加工、さらには全体的な研磨加工などの仕上げ加工を行なう前の段階の部材を意味する。言い換えれば、全体形状が、製品のコン

プレスサホイールの回転中心軸線Oを基準とする軸対象な回転体形状であって、製品のコンプレッサホイールの外形よりも大きい外面形状を有するものであり、しかも、コンプレッサホイールの外形に対応する形状（コンプレッサホイールの外形形状とほぼ相似の形状；但し複数の羽根部の相互間の溝状の凹部が形成されておらず、複数の羽根部の先端側縁部を包括して取り囲む形状）、例えば略切頭円錐台状もしくはベル型と称し得る形状の部材を意味する。したがって、前記（１）の素形材を製造する場合、後述する（１３）に記載するように、素材（細径の連続鑄造棒材）に対して、機械加工である荒加工を施して、上記のような切頭円錐台状もしくはベル型に加工するのが通常である。

[0024] （２）前記（１）のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記素材の前記中心部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根付け根部となることが予定される部位を含み、前記外周部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて前記羽根付け根部より外周側の羽根部となることが予定される部位を含む、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0025] （３） 前記（１）もしくは（２）のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記素材の連続鑄造棒材が、１５０mm／分以上の鑄造速度で、外径が２５mm以上、１２０mm以下となるように連続鑄造されたものである、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0026] （４）細径の連続鑄造棒材からなる素材を、鍛造加圧方向が、素材の鑄造方向に沿いかつコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿うように、鍛造密閉型鍛造により熱間鍛造した鍛造材からなるアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0027] 上記（４）においては、密閉型鍛造によって素形材とするから、素形材の形状は、通常は、製品のコンプレッサホイールの外形にほぼ沿った形状、す

なわち略切頭円錐台状もしくはベル型となる。したがって（４）における「素形材」とは、通常は、鍛造密閉型鍛造による鍛造上がりのままの部材を意味する。

[0028] （５） 前記（４）のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記素材の連続鍛造棒材は、鍛造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鍛造組織を有する、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0029] （６） 前記（５）のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記連続鍛造棒材の前記中心部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根付け根部となることが予定される部位を含み、前記外周部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて前記羽根付け根部より外周側の羽根部となることが予定される部位を含む、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0030] （７） 前記（４）～（６）のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記素材の連続鍛造棒材が、 150 mm/分 以上の鍛造速度で、外径が 25 mm 以上、 120 mm 以下となるように連続鍛造されたものである、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0031] （８） 前記（４）～（７）のいずれかのアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記鍛造材が、前記密閉鍛造型の軸方向に沿った方向の全高さの 2 分の 1 の位置において、鍛造加圧方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鍛造組織を有する、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0032] （９） 前記（８）のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記鍛造材の前記中心部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根付け根部となることが予定される部位を含み、前記外周部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて前記羽根付け根部より外周側の羽根部となることが予定される部位を含む、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0033] (10) 前記(4)～(9)のいずれかのアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記素材として、その外径が、密閉鍛造型における、コンプレッサホイールの最大径部分に相当する部分の内径、もしくはコンプレッサホイールの羽根部最小径側端部に相当する部分の内径に対して、 $-2.0\text{ mm} \sim -0.10\text{ mm}$ の範囲内とされたものが用いられている、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0034] (11) 前記(1)～(10)のうちのいずれかのアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記アルミニウム合金として、 $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Mg}$ 系合金が用いられている、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0035] (12) 前記(1)～(11)のうちのいずれかのアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記アルミニウム合金として、 $\text{Al}-\text{Si}$ 共晶系合金が用いられている、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[0036] また以下の各態様は、アルミニウム合金製のターボコンプレッサホイールの製造方法についての態様である。

[0037] (13) アルミニウム合金を細径に連続鋳造して、鋳造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鋳造組織を有する細径素材を得る連続鋳造工程と、

前記連続鋳造工程により得られた細径素材を、その鋳造方向がコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿うようにコンプレッサホイール形状に機械加工する仕上げ加工工程、

とを有してなるターボコンプレッサホイールの製造方法。

[0038] (14) 前記(13)のターボコンプレッサホイールの製造方法において

、

前記連続鑄造工程が、150mm/分以上の鑄造速度で、外径が25mm以上、120mm以下となるように連続鑄造する工程である、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[0039] (15) アルミニウム合金を細径に連続鑄造して、鑄造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鑄造組織を有する細径素材を得る連続鑄造工程と、

前記連続鑄造工程により得られた細径素材を、鍛造型に対して、細径素材の中心軸線が、得るべきコンプレッサホイール製品の回転中心軸線に一致するように位置決めして、鍛造加圧方向が細径素材の鑄造方向に沿うように熱間で密閉型鍛造する鍛造工程と、

前記鍛造工程により得られた鍛造材をコンプレッサホイール形状に機械加工する仕上げ加工工程、

とを有してなる、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[0040] (16) 前記(15)のターボコンプレッサホイールの製造方法において

、

前記鍛造工程に供される細径素材として、その外径が、鍛造型における、得るべきコンプレッサホイール製品の最大径部分の内径、もしくは得るべきコンプレッサホイール製品ホイールの羽根部最小径側端部に相当する部分の内径に対して、 $-2.0\text{ mm} \sim -0.10\text{ mm}$ の範囲内とされているものを用い、

前記鍛造工程において、鍛造型に対する細径素材の位置を、鍛造型における、前記最大径部分に相当する部分の内周壁、もしくは前記羽根部最小径側端部に相当する部分の内周壁によって位置決めして、細径素材を密閉型鍛造する、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[0041] (17) 前記(15)もしくは(16)のターボコンプレッサホイールの

製造方法において、

前記鍛造工程では、切削加工工程によって羽根付け根部とされることが予定されている部位については、塑性加工率を20%未満とし、切削加工工程によって羽根部とされることが予定されている部位の塑性加工率を20%以上とする、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[0042] (18) 前記(15)～(17)のいずれかのターボコンプレッサホイールの製造方法において、

前記鍛造工程によって、前記密閉鍛造型の軸方向に沿った方向の全高さの2分の1の位置において、鍛造加圧方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鍛造組織を有する鍛造材を得る、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[0043] (19) 前記(15)～(18)のいずれかのターボコンプレッサホイールの製造方法において、

前記鍛造工程の後、仕上げ加工工程の前に、熱処理工程として、溶体化処理と、その安定化処理後の人工時効硬化処理もしくは安定化処理とを施す、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[0044] (20) 前記(13)～(19)のいずれかのターボコンプレッサホイールの製造方法において、

前記アルミニウム合金として、Al-Cu-Mg系合金を用いる、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[0045] (21) 前記(13)～(19)のいずれかのターボコンプレッサホイールの製造方法において、

前記アルミニウム合金として、Al-Si共晶系合金を用いる、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

発明の効果

[0046] 本発明のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材は、その素形材を用いてターボチャージャのコンプレッサホイールを製造すれば、全体的に高温強度、剛性に優れると同時に、高速回転時の動バランスに優れ

、しかも各部分についての、それぞれ異なる要求特性、望まれる特性に応じた最適な性能を有するコンプレッサホイールを得ることができる。また本発明のターボコンプレッサホイールの製造方法によれば、そのような優れた性能を有するアルミニウム合金製のターボチャージャ用のコンプレッサホイールを実際に製造することができる。

図面の簡単な説明

[0047] [図1]ターボチャージャ用のコンプレッサホイールの一例を概略的に示す斜視図である。

[図2]図1に示されるコンプレッサホイールの平面図である。

[図3]図2におけるIII－III線での縦断面図である。

[図4]図3におけるIV－IV線での拡大横断面図である。

[図5]本発明によるアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材の一例、特に鍛造上がり材からなる素形材の一例を示す縦断面図である。

[図6]本発明において素材として使用される細径の連続 casting 棒材における casting 方向に沿った縦断面の組織の一例を示す模式図である。

[図7]本発明において素材として使用される細径の連続 casting 棒材における casting 方向に対して直交する横断面の組織の一例を示す模式図である。

[図8]鍛造用素材として押出し材を用いる従来方法に関して、その鍛造用素材の押出し材における押出し方向に沿った縦断面の組織の一例を示す模式図である。

[図9]本発明において素材として使用される連続 casting 棒材における casting 方向に直交する横断面の組織に関して説明するための模式図である。

[図10]本発明のターボコンプレッサホイールの製造方法の第1の実施形態を示すフローチャートである。

[図11]本発明のターボコンプレッサホイールの製造方法の第2の実施形態を示すフローチャートである。

[図12]本発明のターボコンプレッサホイールの製造方法の第2の実施形態における鍛造工程での鍛造用素材と鍛造型との関係の第1の例を示す鍛造型縦

断面側からの模式図である。

[図13]図 1 2 に示す第 1 の例における鍛造によるメタルフローを、鍛造上がり材における縦断面位置で示す模式図である。

[図14]図 1 3 の X | V - X | V 線での横断面図である。

[図15]本発明のターボコンプレッサホイールの製造方法の第 2 の実施形態における鍛造工程での鍛造用素材と鍛造型との関係の第 2 の例を示す鍛造型縦断面側からの模式図である。

[図16]図 1 5 に示す第 2 の例における鍛造によるメタルフローを、鍛造上がり材における縦断面位置で示す模式図である。

[図17]細径連続鋳造棒材を素材とした素形材についての高速回転時の動バランスの測定方法を示すための略解図である。

[図18]鍛造上がり材を素材とした素形材についての高速回転時の動バランスの測定方法を示すための略解図である。

発明を実施するための形態

[0048] 以下、本発明のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材と、ターボコンプレッサホイール製造方法の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態は例示に過ぎず、本発明がこれらの実施形態に限定されないことはもちろんである。

また以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために、便宜上特徴的な部分を拡大して示している場合や、特徴的でない細部を省略している場合があり、各構成要素の寸法比率などは実際と同じであるとは限らない。

また、以下の説明において例示される材料、寸法等は一例であって、本発明はそれらに限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲で適宜変更して実施することが可能である。

[0049] 先ず本発明において、ターボコンプレッサホイール用素形材の素材として用いるアルミニウム合金について説明する。

[0050] 〔素材のアルミニウム合金〕

本発明において、素材合金の種類や成分組成は、高温強度、剛性、加工性

、被削性など、コンプレッサホイールに要求される一般的な特性を満たし得るアルミニウム合金であれば、特に限定されないが、熱間鍛造を施して素形材とする場合は、上記のほか、鍛造性が優れたアルミニウム合金を選択することが望ましい。また、本発明の製造方法を適用する場合、素材に対して熱間鍛造を行った後に、熱処理として、T 6 処理（溶体化処理－人工時効処理）あるいはT 7 処理（溶体化処理－安定化処理）を施して高強度化を図ることが好ましく、そこでこれらの熱処理に最適なアルミニウム合金を選択することが望ましい。

[0051] これらの観点からは、素材の合金としては、例えばAl－Si共晶系合金、とりわけAl－Si－Cu－Mg系を基本成分とする“AHS”合金（登録商標）や、いわゆる2000系合金として知られるAl－Cu－Mg系合金が最適である。

なお上記の“AHS”とは、高強度高耐磨耗性アルミニウム合金（aluminum alloy for high strength and high wear resistance use）についての昭和電工株式会社の登録商標である。

また、上記の2000系の合金とは、日本のJIS規格や、米国のAA規格、あるいはドイツのDIN規格などにおいて、4桁の合金番号として、頭の数字が“2”である合金を意味する。

[0052] 次に上記の各系のアルミニウム合金についてより詳細に説明する。

[0053] <Al－Si共晶系合金>

前述の“AHS”合金で代表されるAl－Si共晶系合金は、マトリックス中に共晶Si粒子が晶出している合金であって、その成分組成としては、Si：9～12%（質量%、以下同じ）、Cu：3.5～4.5%、Mg：0.4～0.8%、Fe：0.15～0.3%、Mn：0.05～0.25%を含有し、残部がAlおよび不可避免的不純物からなることが望ましい。

[0054] このようなAl－Si共晶系合金は、ターボチャージャにおいてコンプレッサホイールを取り囲むハウジングの合金（一般にはJIS規格のADC12合金）と組成が近く、そのためコンプレッサホイールの熱膨張係数がハウジ

ングの熱膨張係数と同等となる。そのため、コンプレッサホイールの羽根部の先端（チップエッジ部）とハウジング内面との間の狭い隙間のクリアランス（いわゆるチップクリアランス）を一定に維持することができ、コンプレッサホイールの材料として最適である。なお、このような“AHS”合金で代表されるAl-Si共晶系合金は、マトリックス中に共晶Si粒子が晶出するが、共晶Si粒子は微細であり、しかも本発明では、細径の連続 casting 棒材を素材としているため、後に改めて説明するように、急冷凝固によって casting 組織の微細化が図られている。そのため、高温強度、剛性、疲労強度、切欠き感受性などの点で優れており、これらの点からも本発明のコンプレッサホイール素形材の材料として優れている。

[0055] このような、本発明において素材の合金として使用され得るAl-Si共晶系合金の望ましい成分組成を上述のように規定した理由は次の通りである。

[0056] Si :

Siは、マトリックス中に共晶Siとして分布し、剛性を向上させ、Mgと共存してMg₂Si粒子を析出してアルミニウム合金の強度を向上させる。また、マトリックス中に共晶Si粒子が分散することにより、切屑の分断性が良好となり、被削性を向上させる。Siが9%未満では、これらの効果が十分に得られなくなり、一方Siが12%を越えれば、初晶Siが晶出して、鍛造性を低下させてしまう。そこでSiは、9～12%の範囲内とすることが好ましい。なおSi量は、9～12%の範囲内でも、10～11%の範囲内が好ましい。

[0057] なお、共晶Si粒子は、平均粒径が3μm以下、粒径の標準偏差が1μm以下であることが好ましい。共晶Si粒子の平均粒径が3μmを越えれば、あるいは粒径の標準偏差が1μmを越えれば、鍛造性が低下するばかりでなく、望ましい高温強度、剛性、疲労強度、切欠き感受性が得られなくなるおそれがある。なお、共晶Si粒子の平均粒径は、より好ましくは、1.5～2μmの範囲内とする。

なお、ここで、「共晶Si粒子の粒径が3μm以下」、あるいは1.5～2

μmの範囲内」とは、実質的な粒径分布がこれらの範囲内ということであり、例えば、400倍程度の顕微鏡組織観察写真の画像処理法により測定した全共晶Si粒子のうちの95%以上、好ましくは98%以上の個数の共晶Si粒子がこれらの範囲内であることを意味する。

[0058] Fe :

Feは、Al-Fe系やAl-Fe-Si系の粒子を析出させて、熱間鍛造時に再結晶粒を微細化させ、その後の切削加工（仕上げ加工）において、羽根部などについて薄肉・微細な形状に容易に加工することが可能となる。0.15%未満のFe含有量ではこの効果が小さく、一方0.3%を超えれば、Al-Fe系やAl-Fe-Si系粗大晶出物が増加して、鍛造性を低下させるから、Fe量は0.15～0.3%の範囲内が好ましい。なおFe量は、好ましくは0.15～0.25%とする。

[0059] Cu :

Cuを含有させれば、CuAl₂粒子を析出させてアルミニウム合金の強度の向上に寄与する。強度向上の効果を充分に得るためにはCuを3.5%以上添加することが望ましく、一方Cuの含有量が4.5%を越えれば、鍛造性が低下するから、Cuの含有量は3.5～4.5%の範囲内とすることが好ましい。なおCu含有量は、より好ましくは3.8～4.2%とする。

[0060] Mg :

Mgを含有させれば、Siと共存してMg₂Si粒子を析出させてアルミニウム合金の強度の向上に寄与する。Mg量が0.4%未満では強度向上の効果が小さく、一方Mg量が0.8%を越えれば鍛造性が低下する。したがってMg量は、0.4～0.8%の範囲内が好ましい。なおMg量は、より好ましくは0.4～0.6%の範囲内とする。

[0061] Mn :

Mnを含有させれば、Al-Mn系やAl-Mn-Fe-Si系の粒子を析出させて、熱間鍛造時に再結晶粒を微細化させ、その後の第2段目鍛造（冷間鍛造）工程の鍛造加工性を向上させ、その後の切削加工（仕上げ加工）に

において、羽根部などについて薄肉・微細な形状に容易に加工することが可能となる。0.05%未満のMn含有量ではこの効果が小さく、一方0.25%を超えれば、Al-Mn系やAl-Mn-Fe-Si系A粗大晶出物が増加して、鍛造性を低下させるから、Mn量は0.05~0.25%の範囲内が好ましい。なおMn量は、より好ましくは0.05~0.1%とする。

[0062] 残部：

Al-Si共晶系合金におけるSi、Fe、Cu、Mg、Mnの各元素の残部は、基本的にはAlおよび不可避免の不純物であれば良いが、上記各元素のほか、さらに、Cr、Zr、V、のうちの1種又は2種以上を、それぞれ0.1%以下、そのほかの不可避免の不純物との合計量で2%以下含有していても良い。これらの元素を添加すれば、Al-Cr系やAl-Cr-Fe-Si系、Al-Zr系、Al-V系などの粒子を析出させ、熱間鍛造時に再結晶粒を微細化させて、その後の切削加工（仕上げ加工）において、羽根部などについて薄肉・微細な形状に容易に加工することが可能となる。

[0063] さらに、上記のAl-Si共晶系合金においては、Ti：0.01~0.3%（好ましくは0.01~0.2%、より好ましくは0.002~0.1%）、B：0.0001~0.05%（好ましくは0.005~0.1%）、Sr：0.001~0.2%（好ましくは0.005~0.1%、より好ましくは0.005~0.05%）のうち1種又は2種以上を含有していてもよい。Ti、Bを添加すれば、鋳塊の組織を微細化し、鋳造時の鋳塊割れを防止し、さらに鍛造性を向上させることができる。またSrを添加すれば、共晶Siを微細化して、鍛造性を向上させることができる。

[0064] <Al-Cu-Mg系合金>

一方、本発明において、素材の合金としてAl-Cu-Mg系合金（2000系合金）を用いる場合、JIS規格あるいはAA規格、DIN規格、あるいはISO規格などにおいて規定されている2×××番台の合金、例えばJIS 2014合金、JIS 2017合金、JIS 2024合金、JIS 2218合金、JIS 2618合金など、あるいはこれらの規格合金

に類する合金（基本的にAl—Cu—Mg系合金の範疇には入るが、規格合金の成分組成からは若干外れるもの）のうちから適宜選択できる。これらのうち、JIS 2618合金は、高温強度が要求される用途での鍛造用の合金として代表的であり、本発明においても、コンプレッサホイール用素形材の材料として好適に使用することができ、またその2618合金の成分（特にNi及びCu含有量）を変更した合金（後述する合金B2）も、好適に用いることができる。

[0065] この種のAl—Cu—Mg系合金の具体的な成分組成としては、Si：0.1～0.8%、Cu：1.8～4.5%、Mg：1.2～2.0%、Fe：0.18～1.5%、Mn：0.05～1.2%、Ni：0.05～1.5%を含み、その他不可避不純物または添加元素として、各々0.1%以下、トータル2%以下で、残部がアルミニウムからなるアルミニウム合金を用いることが望ましい。なおその範囲内でも、CuとNiの成分の合計量（Cu＋Ni）が、3.0～4.0%の範囲内となるようにCuとNiの量を調整することが好ましい。

[0066] このような本発明において素材の合金として使用され得るAl—Cu—Mg系合金の望ましい成分組成について次に説明する。

[0067] Si：

Siは、マトリックス中に共晶Siとして分布し、剛性を向上させ、Mgと共存してMg₂Si粒子を析出してアルミニウム合金の強度を向上させる。その効果を得るためには、Siを0.1%以上含むことが必要である。一方、Si量が0.8%を越えれば、伸びが低下して、鍛造性を低下させてしまう。そこでSiは、0.1～0.8%の範囲内とすることが好ましい。なおSiは、150℃程度での分散強化に貢献する元素であるから、一般的なターボチャージャにおける使用温度（150℃程度）より高温（例えば200℃程度以上の温度）で使用する場合は、0.1～0.25%の範囲内とすることが望ましく、一方、150℃程度の一般的な使用温度で使用する場合は、0.3～0.7%の範囲内が好ましい。

[0068] Cu :

Cuを含有させれば、CuAl₂粒子を析出させてアルミニウム合金の強度の向上に寄与する。強度向上の効果を十分に得るためにはCuを1.8%以上添加することが望ましく、一方Cuの含有量が4.5%を越えれば、鍛造性が低下するから、Cuの含有量は1.8~4.5%の範囲内とすることが好ましい。なおCu含有量は、一般的なターボチャージャにおける使用温度（150℃程度）での強度を向上させる元素であり、そこで、一般的なターボチャージャの使用温度（150℃程度）で用いるコンプレッサホイール用素形材の素材としては、後述するようにNi含有量を少量に規制することとの兼ね合い（すなわちNiの少量規制による強度低下を補う観点）から、Cu量は比較的多量、例えば3.0~4.0%の範囲内で含有させることが望ましい。一方、一般的なターボチャージャの使用温度よりも高い200℃程度あるいはそれ以上の使用温度の場合には、後述するようにNiを多めに含有させる関係から、Cu量は比較的小量、例えば1.9~2.7%の範囲内で含有させることが望ましい。

[0069] Mg :

Mgを含有させれば、Siと共存してMg₂Si粒子を析出させてアルミニウム合金の強度の向上に寄与する。Mg量が1.2%未満では強度向上の効果が小さく、一方Mg量が2.0%を越えれば鍛造性が低下する。したがってMg量は、1.2~2.0%の範囲内が好ましい。なおMg量は、より好ましくは1.3~1.8%の範囲内とする。

[0070] Fe :

Feは、高温強度向上に寄与する成分であり、高温強度の向上には、0.18%未満では、十分な高温強度向上の効果が得られず、1.5%以上では、過剰Feによる脆化が起こり、鍛造時の割れが生じる。したがってFe量は、0.18%~1.5%の範囲内とした。なお、高温強度の十分な向上のためには、Fe量は0.8%~1.3%とすることが好ましい。

[0071] Mn :

Mnは、強度を高める元素であり、0.05%以下では、強度向上の効果が小さく、1.2%以上では、Fe-Mn系の晶出物を生成し、靱性が低下し、鍛造性が低下するので、0.05~1.2%の範囲で含有させることとした。

[0072] Ni :

Niを含有させれば、Al-Ni化合物の分散強化によって、高温強度、とりわけ200℃付近あるいはそれ以上の温度域での強度向上に効果がある。Ni量が0.05%未満ではNi添加による強度向上の効果が得られず、一方Ni量が1.5%を越えれば、靱性が低下するから、Ni量は0.05~1.5%の範囲内が好ましい。但し、Niの添加は200℃程度以上での強度向上には効果があるが、Ni量が多くなれば、一般的なターボチャージャの使用温度（150℃程度）では逆に強度が低下するから、一般的なターボチャージャの使用温度（150℃程度）で用いるコンプレッサホイール用素形材の素材としては、Ni含有量を少量に規制することが好ましく、その場合、Ni量は、0.3%以下、より好ましくは0.1%以下に規制することが望ましい。一方、一般的なターボチャージャの使用温度よりも高い200℃程度あるいはそれ以上の使用温度の場合には、Ni量は比較的多量、例えば0.9~1.2%の範囲内で含有させることが望ましい。

[0073] 残部 :

Al-Cu-Mg系合金におけるSi、Cu、Mg、Fe、Mn、Niの各元素の残部は、基本的にはAlおよび不可避免の不純物であれば良いが、上記各元素のほか、さらに、Cr、Zr、V、のうちの1種又は2種以上を、それぞれ0.1%以下、そのほかの不可避免の不純物との合計量で2%以下含有していても良い。これらの元素を添加すれば、Al-Cr系やAl-Cr-Fe-Si系、Al-Zr系、Al-V系などの粒子を析出させ、熱間鍛造時に再結晶粒を微細化させて、その後の切削加工（仕上げ加工）において、羽根部などについて薄肉・微細な形状に容易に加工することが可能となる。

[0074] Cu + Ni :

なお、上記のAl-Cu-Mg系合金においては、Cu量及びNi量を、Cu量とNi量との合計量(Cu + Ni)が、3.0～4.0%の範囲内となるように調整することがより好ましい。(Cu + Ni)がこの範囲内であれば、加工性や鍛造性と強度とのバランスがより優れた合金とすることができる。

[0075] さらに、上記のAl-Cu-Mg系合金においては、Ti : 0.01～0.3% (好ましくは0.01～0.2%, より好ましくは0.002～0.1%)、B : 0.0001～0.05% (好ましくは0.005～0.1%)、Sr : 0.001～0.2% (好ましくは0.005～0.1%, より好ましくは0.005～0.05%)のうち1種又は2種以上を含有していてもよい。Ti、Bを添加すれば、鑄塊の組織を微細化し、鑄造時の鑄塊割れを防止し、さらに鍛造性を向上させることができる。またSrを添加すれば、共晶Siを微細化して、鍛造性を向上させることができる。

[0076] ここで、Al-Cu-Mg系合金の成分組成に関しての上述のようなターボチャージャの使用温度による相違を考慮すれば、150℃程度の一般的な使用温度の場合は、Si : 0.3～0.7%、Fe : 0.18～0.3%、Cu : 3.0～4.0%、Mg : 1.3～1.8%、Mn : 0.6～1.2%、Ti : 0.01～0.05%を含み、Niが0.3%以下もしくは0.1%以下に規制されたアルミニウム合金（以下“合金B2”と記す）を選択することが望ましく、一方、比較的高温（例えば200℃程度以上）での使用が想定される場合は、2618合金に相当する成分組成の合金、すなわち、Si : 0.1～0.25%、Fe : 0.9～1.3%、Cu : 1.9～2.7%、Mg : 1.3～1.8%、Mn : 0.05～0.25%、Ni : 0.9～1.2%、Ti : 0.04～0.1%を含むアルミニウム合金（以下“合金B1”と記す）を選択することが望ましい。

[0077] [素形材の基本構成の概略]

本発明のターボコンプレッサホイール用素形材は、細径の連続鑄造棒材から

なるものであってもよく、あるいはその細径の連続鑄造棒材を鍛造用素材として、その鍛造用素材に熱間での密閉型鍛造を施した鍛造材（鍛造上がり材）からなるものであってもよい。

[0078] 前者の細径の連続鑄造棒材を素形材とする場合、荒加工前の形状は、連続鑄造による細径棒材のまま（但し通常は1個のコンプレッサホイールに対応する長さの短尺に切断したもの）である。そしてその短尺の細径棒材に対して機械加工として、例えば旋盤加工などの荒加工を施して、ほぼ切頭円錐台状もしくはベル型に加工することによって、コンプレッサホイール用素形材とする。さらにその素形材を実際にコンプレッサホイールの形状に仕上げるためには、機械加工として、例えば切削加工などの仕上げ加工を行って、羽根部やボス穴の形成などを行う。

[0079] 一方、後者の鍛造材を素形材とする場合は、例えば図5に示すように、鍛造上がり材の全体形状が、最終製品のコンプレッサホイール（図1～図4参照）に対応する載頭円錐台状もしくはベル状の形状となるように鍛造する。すなわち、製品のコンプレッサホイールの回転軸線Oを基準とする軸対象な回転体形状で、製品のコンプレッサホイールの外形よりも若干大きい外周面形状を有するものとする。なお図5に示される鍛造による素形材（鍛造上がり材）10の詳細については、後に製造方法の項で詳細に説明する。このように鍛造による素形材（鍛造上がり材）を用いる場合も、その素形材を実際にコンプレッサホイールの形状に仕上げるためには、切削加工などの仕上げ加工を行う。

[0080] これらの連続鑄造および鍛造、更に仕上げ加工等のプロセスの詳細についても、後に項を改めて、製造方法に関して詳細に説明する。

[0081] 〔ターボコンプレッサホイール用素形材（もしくは鍛造用素材）としての細径の連続鑄造棒材の組織〕

細径の連続鑄造棒材からなる素形材もしくは鍛造用素材は、その鑄造方向（したがって棒材としての長さ方向）が、最終製品であるコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿うものである。そしてその鑄造方向に対して直交

する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、横断面の中心部で最小となり、外周部で最大となる鑄造組織を有するものである。

[0082] コンプレッサホイール素形材（もしくは鍛造用素材）に使用される細径の連続鑄造棒材 20 の断面の組織について、図 6、図 7 に模式的に示す。

細径の連続鑄造では、生産性が高いばかりでなく、鑄造組織が微細でかつ偏析も少ない棒材（円柱状ロッド）を得ることが可能となる。しかも連続鑄造で得られる棒材 20 は、その金属組織（鑄造組織）が、棒材 20 の円柱軸中心から外径方向に細長く放射状に伸びた等軸晶組織となるから、円周方向には結晶粒界がほぼ均等に分布し、円周方向の粒界密度が均一となる。結晶粒界は、Fe、Ni、Mn などの遷移金属が偏析する箇所であり、したがって粒界の密度分布（粗密）は、素材の粗密に影響を与え、そのため円周方向の重量バランスにも影響を与えるが、連続鑄造棒材は、円周方向に粒界密度が均一であることによって、製品のコンプレッサホイールに求められる高速回転時の動バランスも優れた素材となる。そして円柱状の棒材における横断面での粒界の密度分布（粗密）は、半径方向の各部位における円周方向平均粒界横断数で評価でき、したがってここでは、円周方向平均粒界横断数によって半径方向の組織の粗密を規定している。

[0083] なお、従来の押出し法によって得られた素形材の場合は、図 8 に模式的に示しているように、その押出し素形材 15 の組織が押出し方向に繊維状に長く引き伸ばされたものとなるから、押出し方向とそれに直交する方向との組織の差が極めて大きい。そのため、その押出し材を鍛造した後にも、押出し材の方向による組織差の影響が少なからず残って、機械的特性も方向によってばらついてしまうおそれが強いが、連続鑄造棒材の等軸晶組織では、鑄造方向とそれに直交する方向の組織差が、押出し材と比較して格段に小さく、そのため方向による機械的特性のばらつき（異方性）も比較的小さく抑えることができる。

[0084] ここで、急冷凝固による細径の連続鑄造棒材について、より詳細に組織を観察すれば、溶湯がモールド内面に接する外周面側から急速に冷却されて、外

周面側から急凝固が開始されるため、図 6、図 7 に模式的に示しているように、外周部 Q 3 では、粒径が小さい組織（すなわち緻密な組織）となり、凝固が中心に向かって進行するに伴ってやや凝固速度が遅くなるため、中心部 Q 1 では、相対的に粒径が大きい組織（すなわち疎な組織）となる。なお図 6、図 7 においては、理解しやすくするため、結晶粒の大小を実際より誇張して描いている。

[0085] ここで、素材（細径の連続鋳造棒材）20の横断面の中心部 Q 1 とは、例えば図 9 の左側に模式的に示しているように、鋳造方向に対して直交する横断面において、横断面の中心位置 O から素材半径 r の $1/3$ の半径（ $r/3$ ）の位置 P 1 までの領域 Q 1 を意味する。また外周部とは、例えば素材横断面 12 の中心位置 O から素材半径 r の $3/4$ の半径（ $3r/4$ ）の位置 P 2 から外周縁位置 P 3 までの領域 Q 3 を意味するものとする。なお領域 Q 2 は、中心部領域 Q 1 と外周部領域 Q 3 との間の領域である。

[0086] また、素材（細径の連続鋳造棒材）20における円周方向平均粒界横断数（C）とは、図 9 に示しているように、素材 20 の鋳造方向に対して直交する横断面において、その中心位置 O を基準とする円（同心円；例えば符号 12 の円）を描いたときに、その円周上の長さ L の部分（円弧）12A が粒界 14 を横切る箇所（図 9 の右側の拡大図における X 印の交点）の数 N（図 9 の例では $N = 9$ ）を、円弧 12A の円周方向長さ L で割った値（ N/L ）の、円周上での平均値で定義される。すなわち上記の円 12 上において、等間隔に周長が L となる複数の視野（図 9 の例では、 90° 間隔に 4 視野）T 1、T 2、T 3、T 4 をとり、その各視野ごとに、円弧 12A が横切る箇所（粒界横断箇所 X）の数 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 を数え、その数の合計を、合計円弧長さ（4 視野では、 $4L$ ）で除した値が、円周方向平均粒界横断数となる。

すなわちこの例では、円周方向平均粒界横断数（C）は、

$$C = (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) / 4L$$

で与えられる。

[0087] なお、上述のような外周部、中心部の円周方向平均粒界横断数（C）は、前記各領域 Q 1、Q 2、Q 3 内の代表的な箇所（半径）の位置での円における測定値をもって定めればよく、例えば後述する実施例では、中心から半径 2 mm の円周上で測定した値を中心部での値とし、外周面から半径方向内側へ 2 mm の位置での円周上における測定値を外周部での値としており、実際上はこのような代表位置での測定で充分である。

[0088] 但し、より正確さを求める場合は、各領域（Q 1、Q 2、Q 3）のそれぞれについて、その領域内において半径方向に等間隔に、複数の同心円（複数のサンプル円；望ましくは 3 以上のサンプル円）を描き、それぞれの同心円で円周方向平均粒界横断数 C を測定し、それらを各領域ごとに平均した値（単純平均値）をもって、前記の円周方向平均粒界横断数の判定を行ってもよい。例えば、各領域 Q 1、Q 2、Q 3 内（隣り合う別の領域との境界円位置を含む）に、それぞれ半径方向に等間隔に 3 個の同心円を描き、それらの 3 個の同心円における平均円周方向粒界横断数 C 1 ～ C 3 を求め、更にそれらの平均値 C a v、すなわち

$$C a v = (C 1 + C 2 + C 3) / 3$$

によって素材（細径の連続鋳造棒材）20 の横断面での鋳造組織の粗密状況（粒界の疎密状況）を判断してもよい。

[0089] 実際に円周方向平均粒界横断数、すなわち粒界の疎密状況を測定するに当たっては、細径の連続鋳造棒材の横断面に、金属組織観察用のエッチング処理を施して粒界が観察できるように調整し、金属顕微鏡を用いて観察して横断面の同心円上の円弧が横切る粒界の数を測定したり、あるいは写真撮影などによってエッチング処理後の横断面の画像を取得し、その画像を、必要に応じて 2 値化処理などし、横断面の同心円上の円弧が横切る粒界の数を測定したりすれば良い。

[0090] ここで、細径の連続鋳造棒材について、上述のように鋳造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、横断面の中心部で最小となり、外周部で最大となる鋳造組織を有するものと規定した理由は次の通りであ

る。

[0091] すなわち、鋳造方向に対して直交する横断面において、その中心位置Oから素材半径 r の $1/3$ の半径 ($r/3$) の位置P 1 までの領域Q 1 に相当する中心部は、製品のコンプレッサホイールにおける回転軸部及び羽根付け根部に対応する部位であり、また中心位置Oから素材半径 r の $3/4$ の半径 ($3r/4$) の位置P 2 から外周縁位置P 3 までの領域Q 3 に相当する外周部は、製品のコンプレッサホイールにおける羽根部に対応する部位である。

[0092] そして、中心部における羽根付け根部に対応する箇所の円周方向平均粒界横断面数が少ないこと、すなわち相対的に組織が疎であることは、羽根付け根部の切欠き疲労強度の向上に有効となる。すなわちコンプレッサホイールの高速回転時に応力が集中する羽根付け根部において切欠き疲労破壊の起点となる粒界が少なければ、切欠き疲労強度の向上に寄与する。また、コンプレッサホイールの回転軸部の一端側の箇所は、シャフトが圧入されるボス部となるが、その部分の平均粒界横断面数が少ないこと、すなわち相対的に組織が疎であることは、シャフト圧入時に割れを生じにくくすることが可能となる。

[0093] 一方、外周部における羽根部に対応する箇所の円周方向平均粒界横断面数が多いこと、すなわち相対的に組織が密であることは、高速で回転するコンプレッサホイールにおける薄肉の羽根部の強度及び剛性の向上に寄与する。

[0094] このように、連続鋳造棒材が、半径方向に上記で規定されるような粗密を有することによって、製品のコンプレッサホイールの各部に対する異なる要求性能を満足させることができるのである。

[0095] すなわち、連続鋳造棒材の鋳造組織を、半径方向に上記で規定されるような粗密を有する組織とすることによって、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根付け根部となることが予定される部位の円周方向平均粒界横断面数が、羽根付け根部よりも外周側の、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根部となることが予定される部位の円周方向平均粒界横断面数よりも少ない組織とすることができ、これによって、最終製品のターボコンプレッサホイールにおける羽根付け根部と羽根部に要求される異なる性能

をそれぞれ満たすことが可能となるのである。

[0096] なお、外周部における円周方向平均粒界横断数 N_{out} と、中心部における円周方向平均粒界横断数 N_{in} との比 (N_{out}/N_{in}) は、1.3～10の範囲内が好ましい。上記の比 (N_{out}/N_{in}) が1.3未満では、横断面半径方向での組織の粗密の差が充分ではなく、そのため前述のようなコンプレッサホイールにおける各部の異なる要求性能を充分には満たし得なくなるおそれがある。一方、本発明で対象としているような径（150mm程度以下）のコンプレッサホイールを製造するための細径の連続鋳造棒材では、比 (N_{out}/N_{in}) が10を越えることは実際上は少なく、また仮に比 (N_{out}/N_{in}) が10を越えれば、各部の異なる要求特性は満足し得ても、中心部と外周部との組織差が著しく大きくなる結果、場所によって、強度や加工性あるいは鍛造性、靱性などに悪影響を与えることもある。

[0097] なお、具体的な円周方向平均横断粒界数の値は、連続鋳造時の鋳造速度、冷却条件、鋳造径、合金の成分組成などによっても異なり、一概には言えないが、150mm/分以上の鋳造速度で、外径が25mm以上、120mm以下の場合、Al-Si共晶系合金では0.5～10程度、Al-Cu-Mg合金では1～30程度が一般的であり、通常はこの程度の範囲内で、連続鋳造棒材の中心部側と外周部側とで円周方向平均横断粒界数に差が生じるのである。

[0098] 以上のところでは、細径の連続鋳造棒材を素材とし、それに鍛造などの塑性加工を施すことなく、機械加工（荒加工）のみによってコンプレッサホイール用素形材とする態様について説明した。

しかしながら本発明では、コンプレッサホイール用素形材として、前述の細径の連続鋳造棒材に、さらに熱間による密閉型鍛造を施したものをを用いてもよい。この場合においても、連続鋳造棒材（鍛造用素材）の段階で、上記のような横断面半径方向の組織の粗密条件を満たしていれば、その影響が鍛造上がり材にも残り、次に説明するような、鍛造上がり材（コンプレッサホイール用素形材）としての適切な組織を容易に得ることが可能となる。

[0099] [ターボコンプレッサホイール用素形材としての鍛造材の組織]

細径の連続鋳造棒材を鍛造用素材として、さらに熱間による密閉型鍛造を施したものを、コンプレッサホイール用素形材に用いる場合も、鍛造用素材となる連続鋳造棒材としては、上記と同様に、その鋳造方向（したがって連続鋳造棒材としての長さ方向）が、最終製品であるコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿うようにする。そしてその鋳造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、横断面の中心部で最小となり、外周部で最大となる鋳造組織を有するものを用いることが望ましい。これによって、鍛造用素材となる連続鋳造棒材として、その鋳造組織を、前記と同様に、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根付け根部となることが予定される部位の円周方向平均粒界横断数が、羽根付け根部よりも外周側の、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根部となることが予定される部位の円周方向平均粒界横断数よりも少ない組織とすることができ

[0100] なお、連続鋳造棒材の外周部における円周方向平均粒界横断数 N_{out} と、中心部における円周方向平均粒界横断数 N_{in} との比 (N_{out}/N_{in}) も、前記と同様に 1.3 ~ 10 の範囲内が好ましい。また、連続鋳造棒材の外周部および中心部の定義、円周方向平均粒界横断数の定義、およびその測定方法は、既に述べたとおりである。さらに連続鋳造時の鋳造速度、及び鋳造された棒材の径についても、前記の条件を満たすことが望ましい。

[0101] 鍛造に当たっては、細径の連続鋳造棒材からなる鍛造用素材を、鍛造加圧方向が、素材の鋳造方向に沿いかつコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿うように密閉型内に配置して鍛造することとする。

ここで、鍛造上がり材についても、連続鋳造棒材について規定した条件と同様に、鍛造加圧方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鍛造組織を有することが望ましい。但しその円周方向平均粒界横断数は、後に改めて製造方法の項で詳細に説明するように、鍛造上がり材における軸方向に沿った方向の全高さの 2

分の1の位置において、鍛造加圧方向に対して直交する横断面で観察したものとする。そしてこのような全高さの2分の1の位置における中心部、外周部の円周方向平均粒界横断数の比 (N_{out}/N_{in}) も、既に述べた連続鍛造棒材と同様に1.3～10の範囲内が好ましい。

なお、鍛造上がり材の外周部および中心部の定義、円周方向平均粒界横断数の定義、およびその測定方法は、既に述べた連続鍛造棒材の場合と同様である。

[0102] このように、鍛造上がり材として、軸方向に沿った方向の全高さの2分の1の位置において、鍛造加圧方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鍛造組織を有することにより、次のような効果が得られる。

[0103] 鍛造上がり材において、中心部における羽根付け根部に対応する箇所の円周方向平均粒界横断数が少ないこと、すなわち相対的に組織が疎であることは、羽根付け根部の切欠き疲労強度の向上に有効となる。すなわちコンプレッサホイールの高速回転時に応力が集中する羽根付け根部において切欠き疲労破壊の起点となる粒界が少なければ、切欠き疲労強度の向上に寄与する。また、コンプレッサホイールの回転軸部の一端側の箇所は、シャフトが圧入されるボス部となるが、その部分の平均粒界横断数が少ないこと、すなわち相対的に組織が疎であることは、シャフト圧入時に割れを生じにくくすることが可能となる。

[0104] 一方、鍛造上がり材の外周部における羽根部に対応する箇所の円周方向平均粒界横断数が多いこと、すなわち相対的に組織が密であることは、高速で回転するコンプレッサホイールにおける薄肉の羽根部の強度及び剛性の向上に寄与する。

[0105] このように、コンプレッサホイール素形材としての鍛造上がり材における前記の高さ位置での横断面の組織が、半径方向に上記で規定されるような粗密条件を満たすことによって、製品のコンプレッサホイールの各部に対する異なる要求性能を満足させることができる。

[0106] 言い換えれば、鍛造上がり材での全高さの2分の1の位置における中心部、外周部の円周方向平均粒界横断数に前記のような差を持たせることによって、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根付け根部となることが予定される部位における前記全高さの2分の1の位置での鍛造加圧方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、羽根付け根部よりも外周側の、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根部となることが予定される部位における前記全高さの2分の1の位置での鍛造加圧方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数よりも少ない組織とすることができ、これによって、最終製品のターボコンプレッサホイールにおける羽根付け根部と羽根部に要求される異なる性能をそれぞれ満たすことが可能となるのである。

[0107] [ターボコンプレッサホイールの製造方法]

次に、ターボコンプレッサホイール用素形材を製造する過程から、さらに最終製品のターボコンプレッサホイールに仕上げるまでの全体的なプロセスの好ましい態様、好ましい条件について説明する。

[0108] <全体的な製造方法の概要>

本発明のターボコンプレッサホイール用素形材は、細径の連続鑄造棒材であってもよく、あるいはその細径の連続鑄造棒材に熱間での密閉型鍛造を施して得られた鍛造材であってもよい。

すなわち、前者の場合は、連続鑄造によって得られた細径の連続鑄造棒材を素形材として、例えば図10に示すようなプロセスを経て、コンプレッサホイールに仕上げる。すなわち、前述のようなアルミニウム合金を溶製し（S0）、連続鑄造工程（S1）によって細径の連続鑄造棒材を得る。更に必要に応じて均質化処理を施し（均質化処理工程S2）、その後、必要に応じてロールによる矯正工程（S3）、ピーリング工程（S4）、切断工程（S5）を経て、合金種に応じたT6処理又はT7処理などの熱処理（S6）を必要に応じて施し、更に素形材形状に機械加工する荒加工工程（S7）によって、アルミニウム合金製コンプレッサホイール用素形材を得る。その素形材

に対し、切削加工などの機械加工によって最終製品（コンプレッサホイール）の形状、寸法に仕上げる仕上げ加工（S 8）を施し、最終的に、アルミニウム合金製のターボチャージャ用のコンプレッサホイール製品とする。

[0109] また後者の場合は、例えば図 11 に示すように、連続鋳造によって得られた細径の連続鋳造棒材を鍛造用素材とし、それに熱間による密閉型鍛造（S 9）を施し、得られた鍛造上がり材に対し、合金種に応じた T 6 処理又は T 7 処理などの熱処理（S 6）を必要に応じて施して、コンプレッサホイール用素形材とする。更にその素形材に対し、切削加工などの機械加工によって最終製品（コンプレッサホイール）の形状、寸法に仕上げる仕上げ加工（S 8）を施し、コンプレッサホイール製品に仕上げる。ここで、熱間による密閉型鍛造工程（S 9）を中間に挟むか否かの点、また荒加工工程（S 7）の有無の点を除いて、前者のプロセスと後者のプロセスは、仕上げのための仕上げ加工工程（S 8）での加工量などの点を除いて、実質的に同じである。そこで、先ず図 10 のプロセス（細径の連続鋳造棒材を素形材とするプロセス）の各工程について説明し、その後、図 11 のプロセス（細径の連続鋳造棒材を鍛造したものを素形材とするプロセス）に関し、図 10 のプロセスと異なる点（特に鍛造工程（S 9）について説明する。

[0110] <連続鋳造工程 S 1>

素材の製造方法としては、細径の棒材に連続的に鋳造する連続鋳造法を適用する。すなわち、所定の成分組成に調整したアルミニウム合金溶湯を、連続鋳造法によって細径（ロッド状：円柱棒状）に鋳造する。ここで、連続鋳造の具体的態様は、高速で鋳造できる連続鋳造法であれば（したがって凝固速度が速い連続鋳造法であれば）、特に限定されないが、水平連続鋳造、豎型連続鋳造のいずれでもよく、また気体加圧式ホットトップ連続鋳造法などを好適に適用することができる。

このような連続鋳造法を適用することによって、生産性が向上するばかりでなく、鋳造組織が微細でかつ偏析も少ない鋳造棒材を得ることが可能となる。しかも連続鋳造で得られる棒材（円柱状ロッド）は、既に述べたようにほ

ば等軸晶組織となり、円周方向には実質的に均一な組織となる。そのため製品のコンプレッサホイールに求められる動バランスも優れた素材となる。しかも連続鋳造棒材の等軸晶組織では、鋳造方向とそれに直交する方向の組織差が、押出し材と比較して格段に小さく、そのため方向による機械的特性のばらつきも比較的小さく抑えることができる。

[0111] ここで、連続鋳造は、150 mm/分以上の鋳造速度で、外径が25 mm以上、120 mm以下となるように鋳造することが望ましい。鋳造速度が150 mm/分以上で120 mm以下の細径に鋳造することによって、横断面半径方向の組織がさほど大きくは変化しない等軸晶の微細な組織ではあるが、既に述べたように、円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる組織、すなわち中心部の組織が相対的に粗く、外周部の組織が相対的に密な組織を得ることができる。なお、連続鋳造法のうちでも、特に水平連続鋳造法を適用すれば、鋳造速度は、平均で900 mm/分以上の高速とすることができ、その場合は、著しい急冷効果によって、全体的に、より微細な組織を得ることが可能となる。

[0112] <均質化処理工程S2>

上述のようにして得られた細径の連続鋳造棒材に対しては、必要に応じて均質化処理を施す。均質化処理を施せば、鋳造時の偏析を均質化する効果が得られ、再結晶核となる遷移金属元素の粗大化が起こらず、粗大再結晶防止の点から好ましい。この均質化処理の条件は特に限定されないが、Al-Cu-Mg系合金（2000系合金）の場合は、470～520℃に、8～24時間加熱することが好ましく、一方Al-Si共晶系合金の場合は、470～500℃に、8～24時間加熱することが好ましい。

[0113] <ロール矯正工程S3～ピーリング工程S4>

均質化処理後は、必要に応じてロールにより連続鋳造棒材の曲りを矯正するためのロール矯正を行い、更に表面の鋳造欠陥部分や凹凸を除去するためのピーリング（面削）を行う。

[0114] <切断工程S5>

ロール矯正工程、ピーリング工程の後には、連続鋳造棒材を所定の長さの短尺丸棒材に切断する。すなわち、その後の工程や最終製品の1個のコンプレッサホイールの軸線方向長さなどに応じた適切な長さに切断する。

[0115] <熱処理工程 (T 6 又は T 7) S 6>

上述のようにして切断した後に鍛造を行わない場合には、通常は切断後に必要に応じて熱処理を施す。この熱処理としては、例えば、溶体化処理後、人工時効処理を施す T 6 処理、あるいは溶体化処理後、安定化処理を施す T 7 処理を適用する。なおここで、T 6 処理には、溶体化処理における加熱後の冷却（焼入れ）を温水焼入れによって行う、いわゆる T 6 1 処理も含むものとする。但し、場合によっては、切断工程 S 5 の前に熱処理工程 S 6 を実施することもある。

[0116] 熱処理の具体的条件は、合金の成分組成に応じて最適な条件を選定すればよい。たとえば、Al-Cu-Mg 系合金 (2000 系合金) として B 1 合金を用いる場合、 $480 \sim 540^{\circ}\text{C} \times 0.5 \sim 4$ 時間の加熱保持 (溶体化処理) 後、 $20^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ の水温に焼入れし、その後、 $190^{\circ}\text{C} \sim 230^{\circ}\text{C} \times 2$ 時間 $\sim$ 12 時間の人工時効処理もしくは安定化処理を行うことが好ましい。また Al-Cu-Mg 系合金 (2000 系合金) として B 2 合金を用いる場合、 $480 \sim 520^{\circ}\text{C} \times 0.5 \sim 4$ 時間の加熱保持 (溶体化処理) 後、 $20^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ の水温に焼入れし、その後、 $180^{\circ}\text{C} \sim 220^{\circ}\text{C} \times 2$ 時間 $\sim$ 12 時間の人工時効処理もしくは安定化処理を行うことが好ましい。さらに Al-Si 共晶系合金に対する熱処理としては、 $480 \sim 505^{\circ}\text{C} \times 0.5 \sim 4$ 時間の加熱保持 (溶体化処理) 後、 $20^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ の水温に焼入れし、その後、 $170^{\circ}\text{C} \sim 220^{\circ}\text{C} \times 2$ 時間 $\sim$ 12 時間の人工時効処理もしくは安定化処理を行うことが好ましい。

このように T 6 処理もしくは T 7 処理を施すことによって、より強度向上を図ることができる。

[0117] <荒加工工程 S 7>

熱処理工程後には、通常は旋盤加工などの機械加工によって、素形材形状に

加工するための荒加工を施す。すなわち、荒加工前の段階では、通常は短尺円柱状の形状であることから、旋盤加工などの荒加工によって、素形材形状を得るのが一般的である。この荒加工によって得る素形材形状は、鍛造上がり材の素形材 10 として図 5 に示す形状と同様に、略切頭円錐台状もしくはベル型であればよい。

[0118] <仕上げ加工工程 S 8>

荒加工の後には、最終製品のコンプレッサホイールの形状、寸法に仕上げるために、外径部分の羽根部形成のための切削加工や、シャフト穴部分の穴あけ加工（ドリル加工）などの仕上げ加工を施す。この仕上げ加工は、一般的な機械加工を適用すればよい。なお、仕上げ加工における切削加工などの機械加工は、複数工程を有する機械加工とすることもできる。

[0119] このようにして細径の連続鑄造棒材を素形材とするコンプレッサホイールを得ることができる。但し、鍛造材を素形材として使用する場合は、次に説明するように、熱間での密閉型鍛造工程を、プロセスの中間（切断工程 S 5 の後、熱処理工程 S 6 の前）に挟む。

[0120] <鍛造工程（熱間密閉型鍛造 S 9）>

細径の連続鑄造棒材（切断工程 S 5 を経て所定の短尺に切断したもの）に対して、熱間での密閉型鍛造を施す際には、鍛造用素材（細径の連続鑄造棒材短尺材）の中心軸線が、得るべきコンプレッサホイール製品の回転中心軸線に一致するように鍛造型のキャビティ内に挿入し、鍛造加圧方向が鍛造用素材の連続鑄造時の鑄造方向に沿うように、一方向加圧によって鍛造し、例えば図 5 に示しているような鍛造上がり材（素形材）10 を得る。このような鍛造上がり材（素形材）10 において、符号 12 の部位は、製品のコンプレッサホイールにおける回転軸部 3 に相当し、特にその一端側の部位 14 は、回転軸部 3 の一端側の突出部（ボス部）5 に相当し、更に符号 16 の部位は、製品のコンプレッサホイールにおける羽根部 4 に相当し、また符号 18 の部位は、製品のコンプレッサホイールにおける羽根付け根部 7 に相当する。

[0121] このように密閉型鍛造を施すことによって、より組織を緻密化して、全体と

して強度、剛性の向上を図ることが可能となるばかりでなく、鍛造時の材料の流れ挙動（メタルフロー）を有効に利用して、コンプレッサホイールにおける各部の望ましい特性に応じた組織状態を得ることが可能となる。

[0122] ここで、鍛造時の鍛造型のキャビティと鍛造用素材との関係は、後に詳細に説明するように、キャビティの内周面もしくは内周縁（通常は下型の内周面もしくは内周縁）によって鍛造用素材が位置決めされて、鍛造用素材の中心軸線（鑄造方向に沿った方向における中心軸線）が、キャビティ（通常は下型）の中心軸線と一致するように、したがって製品のコンプレッサホイールの回転軸線と一致するように芯出しして、鍛造することが好ましい。

[0123] さらに、鍛造における塑性加工率は、仕上げ加工工程によって羽根付け根部とされることが予定されている部位については、塑性加工率を20%未満とし、仕上げ加工工程によって羽根部とされることが予定されている部位については、塑性加工率を20%以上とすることが望ましい。具体的な好ましい態様としては、図5中に示しているように、鍛造上がり材（素形材）10における軸方向に沿った方向の全高さ（ h ）の2分の1の高さ（ $h/2$ ）の位置の横断面位置で測定した各部の塑性加工率が、上記の条件を満たすようにすれば良い。ここで、鍛造上がり材（素形材）10における軸方向に沿った方向の全高さ（ h ）の2分の1の高さ（ $h/2$ ）の位置での横断面は、羽根付け根部とされることが予定されている比較的内側の部位と、羽根部となることが予定される外側の部位（とりわけ薄肉な羽根先端部分となる部位）の両者があらわれる位置であり、したがって上記の $h/2$ の位置の横断面位置の各部で測定した塑性加工率によって、羽根付け根部と、薄肉の羽根先端部分に及ぼす塑性加工率の影響を評価することが容易となる。

[0124] なお塑性加工率は、例えば、鍛造用素材に格子状にケガキ線を入れ、この素材を鍛造して、鍛造上がり材のケガキ線間距離を測定して、
塑性加工率＝{（鍛造上がりケガキ線間距離）－（素材格子長さ）}／（素材格子長さ）×100（%）

の式によって求めることができる。

前述のところでは、塑性加工率は、鍛造上がり材（素形材）10における軸方向に沿った方向の全高さ（ h ）の2分の1の高さ（ $h/2$ ）の位置の横断面位置で測定した塑性加工率を規定しているが、このような断面位置での塑性加工率については、実際の鍛造を模した鍛造シュミレーションを行って、そのシュミレーションにおいて鍛造用素材断面を格子状に区切り、鍛造前後の格子間距離を測定し、上記の式によって推定することができる。

[0125] 上述のような密閉鍛造型による鍛造型と鍛造用素材との関係についての一例（第1の例：相対的に大径の鍛造用素材を用いた例）を図12に示し、その場合の鍛造上がり材で観察した材料のメタルフローに関して図13、図14に示す。また密閉鍛造型による鍛造型と鍛造用素材との関係についての別の例（第2の例：相対的に小径の鍛造用素材を用いた例）を図15に示し、その場合の鍛造上がり材で観察した材料のメタルフローに関して図16に示す。

[0126] なお図12、図15において、密閉鍛造型30は、鍛造用素材（細径の連続鍛造棒材短尺材）32が挿入されるキャビティ34を有する下型30Aと、その下型30Aに向って降下してキャビティ34内の鍛造用素材32を押圧する上型30Bと、鍛造後の材料（鍛造上がり材）をキャビティ34から排出するためのロックアウトピン30Cとによって構成されている。

[0127] 第1の例、すなわち相対的に大径の鍛造用素材を用いた場合は、図12に示しているように、鍛造に供される鍛造用素材32の外径 D_0 が、下型30Aの最大内径の部分の内径 D_1 に対して、 $-2.0\text{ mm} \sim -0.10\text{ mm}$ の範囲内となるように、すなわち D_0 が、

$$D_{0\min} = D_1 - 2.0\text{ mm}$$

$$D_{0\max} = D_1 - 0.10\text{ mm}$$

の範囲内となるように設定している。言い換えれば、鍛造用素材32の外周面と下型30Aの最大内径の部分との間のクリアランス（隙間）36の幅が、 $1.0\text{ mm} \sim 0.05\text{ mm}$ の範囲内となるように設定している。

[0128] 一方、第2の例、すなわち相対的に小径の鍛造用素材を用いた例の場合は、

図 15 に示しているように、鍛造に供される鍛造用素材 32 の外径 D_0 が、下型 30A における、得るべきコンプレッサホイール製品ホイールの羽根部最小径側の端部に相当する部分の内径 D_2 に対して、 $-2.0\text{ mm} \sim -0.10\text{ mm}$ の範囲内となるように、すなわち D_0 が、

$$D_{0\min} = D_2 - 2.0\text{ mm}$$

$$D_{0\max} = D_2 - 0.10\text{ mm}$$

の範囲内となるように設定している。言い換えれば、鍛造用素材 32 の外周面と、下型 30A における、得るべきコンプレッサホイール製品ホイールの羽根部最小径側の端部に相当する部分の外周面のとの間のクリアランス（隙間）38 の幅が、 $1.0\text{ mm} \sim 0.05\text{ mm}$ の範囲内となるように設定している。

[0129] これらの第 1 の例、第 2 の例のいずれの場合も、鍛造用素材 32 を下型 30A のキャビティ 34 に挿入するだけで、その鍛造用素材の中心軸線が、ほぼキャビティ（通常は下型内）の中心軸線と一致するように、しただけで製品のコンプレッサホイールの回転軸線とほぼ一致するように芯出しすることができ、しかもその芯出し状態を維持したまま、鍛造することができる。

[0130] ここで、第 1 の例（図 12）の場合、鍛造時の材料のメタルフローは、図 13 に示す鍛造上がり材 10 の内部に細い実線で示したような流れとなる。すなわち、コンプレッサホイールにおける羽根部 4 となるべき外周部分、とりわけその羽根部 4 の薄肉の先端側に相当する部分は、材料の大きなメタルフローがある部分 FM となり、一方、鍛造上がり材 10 内部の中心部分（但し、ボス部 5 からは下方に離れた側の中心部分；コンプレッサホイールの回転軸部 3 における羽根取付け部 7 を含む部分）は、材料の流れが実質的に無いデッドメタル部分 DM となる。そして、図 5 に示される鍛造上がり材 10 における全高さ（ h ）の $1/2$ の高さ（ $2/h$ ）の位置での横断面では、図 14 に示しているように、製品のコンプレッサホイールにおける回転軸部 3 に相当する部位及びその周縁の羽根付け根部 7 に相当する部位は、デッドメタル部分 DM となり、製品のコンプレッサホイールにおける羽根部 4 の少なく

とも先端部（薄肉部）に相当する部位は、材料の大きなフローがある部分FMとなる。

[0131] このように、鍛造上がり材10において製品の回転軸部3に相当する部位及びその周縁の羽根付け根部7に相当する部位は、鍛造時のメタルフローがないデッドメタル部分DMであるため、鍛造用素材である連続鑄造棒材の組織が実質的に引き継がれ、外周部と比較して密度が疎の組織が残される。そのため、既に連続鑄造棒材に関して述べたと同様に、コンプレッサホイールの高速回転時に応力が集中する羽根付け根部において切欠き疲労破壊の起点となる粒界が少なくなつて、切欠き疲労強度の向上に寄与する。一方、コンプレッサホイールの回転軸部の一端側の箇所は、シャフトが挿入されるボス部となるが、その部分は、大きなメタルフローが生じて、鍛造による鍛錬効果によって、シャフト圧入時に割れを生じにくくすることが可能となる。また、外周部における羽根部の少なくとも先端部分に対応する箇所では、大きなメタルフローが生じて、鍛造による鍛錬効果によって、高速で回転するコンプレッサホイールにおける羽根部、とりわけ薄肉な先端部分の強度及び剛性の向上に寄与する。

[0132] このように、鍛造上がり材についても、鍛造方案（鍛造加圧方向、及び鍛造用素材と下型との寸法・位置関係）を、上述のように規制することによって、製品のコンプレッサホイールの各部に対する異なる要求性能を容易に満足させることができるのである。

[0133] 一方第2の例の場合（図15）は、鍛造時の材料のメタルフローは、図16に示す鍛造上がり材10の内部に細い実線で示したような流れとなる。この場合のメタルフローは、第1の例の場合（図12）の鍛造時の材料のメタルフロー（図13）とは若干異なるが、概略的には同様となる。すなわち、コンプレッサホイールにおける羽根部4の少なくとも先端部分となるべき外周部分は、材料の大きなフローがある部分FMとなり、一方、鍛造上がり材10内部の中心部分（但し、ボス部5からは下方に離れた側の中心部分；コンプレッサホイールの回転軸部3における羽根取付け部7を含む部分）は、材

料の流れが実質的に無い広いデッドメタル部分DMとなる。

[0134] このように、前記と同様、鍛造上がり材10において製品の羽根付け根部7に相当する部位は、鍛造時のメタルフローがないデッドメタル部分DMとなるため、鍛造用素材である連続鋳造棒材の組織が実質的に引き継がれ、外周部と比較して密度が疎の組織が残され、コンプレッサホイールの高速回転時に応力が集中する羽根付け根部において切欠き疲労破壊の起点となる粒界が少なくなり、切欠き疲労強度の向上に寄与する。一方、コンプレッサホイールの回転軸部の一端側の箇所は、シャフトが挿入されるボス部となるが、その部分は、大きなメタルフローが生じて、鍛造による鍛錬効果によって、シャフト圧入時に割れを生じにくくすることが可能となる。また、外周部における羽根部の少なくとも先端部分に対応する箇所でも、大きなメタルフローが生じて、鍛造による鍛錬効果によって、高速で回転するコンプレッサホイールにおける薄肉の羽根部の先端部分の強度及び剛性の向上に寄与する。

[0135] なお、熱間鍛造温度（鍛造時の鍛造用素材の材料温度）は、材料の成分によって最適な温度を選定すればよく、たとえばAl-Cu-Mg系合金のB1合金やB2合金を用いる場合は、鍛造温度を400～450℃程度とし、Al-Si共晶系合金を用いる場合は、鍛造温度を390～440℃程度とすればよい。なお鍛造型に鍛造用素材を挿入する直前に、加熱炉によって鍛造用素材を加熱して、素材内部まで均一に上記の鍛造温度となるようにするのが通常であり、この場合の加熱時間は特に限定されないが、通常は30～60分程度とすればよい。

[0136] なおまた、上述のように熱間による密閉型鍛造を行って得られた鍛造上がり材については、既に述べたようなT6処理もしくはT7処理などの熱処理工程（S6）に供するのが一般的である。さらにその熱処理後の鍛造材については、鍛造を施すことなく連続鋳造棒材を素形材とする場合とは異なり、そのままで図5に示したような素形材形状となっているから、荒加工工程（図10のS7）は施さず、仕上げ加工（S8）を行うのが通常である。ここで、仕上げ加工は、複数の工程からなるものとして、最初の工程を、鍛造上が

り材の表面の鍛造肌を切削除去する切削工程とすることもできる。

実施例

[0137] 〔実施例 1〕

この実施例 1 は、鍛造を施すことなく、細径の連続鑄造棒材をターボコンプレッサホイール用素形材とした例である。

すなわち、アルミ地金に添加元素を加えて溶解し、表 1 に示す成分組成の合金 A (Al-Si 共晶系合金の AHS 合金相当)、Al-Cu-Mg 系合金である合金 B1 (2618 合金相当)、及び同じく Al-Cu-Mg 系合金である合金 B2 の各溶湯を得た。各合金溶湯について、気体加圧式ホットトップ連続鑄造法により、内径 $\phi 50$ mm モールドを使用して鑄造速度 300 mm/分にて、外径 49 mm の丸棒状に連続鑄造し、連続鑄造棒材を得た。連続鑄造棒材に 490℃ に 12 時間保持後に空冷する均質化処理を施し、鑄造肌除去の面削 (ピーリング) を施して、 $\phi 45$ mm のアルミ合金棒を得た。このアルミ合金棒を鋸切断機により切断し、長さ 40 mm の円柱状の素材を作成した。この円柱状素材を、495℃ に昇温し、2 時間保持後に 60℃ の温水に焼入れし (いわゆる溶体化処理を施し)、続いて 200℃ に昇温して 8 時間保持 (いわゆる人工時効処理) した後、空冷し、ターボコンプレッサホイール用素形材向けの素材とした。

[0138] この素材の横断面 (円形) において、鏡面研磨後にエッチング処理を施し、結晶粒の観察ができる状態とした。倍率 50 倍の顕微鏡観察により、素材中心部 (横断面中心から半径方向外側に 2 mm の位置)、素材中間部 (横断面中心から半径方向外側に 1/2 の位置)、素材の外周部 (外周面から半径方向内側に 2 mm の位置) について、それぞれ円周方向 4 視野において円弧線を引き、この円弧線と交わる粒界数を測定した。測定した粒界数を円弧線長さで除したものを単位円弧当りの粒界横断数とし、4 視野での単位円弧長さ当りの粒界横断数の平均値を平均粒界横断数とした。

[0139] 上記の連続鑄造棒材からなる素材に対して、その中央に $\phi 20$ mm のシャフト穴を機械加工で開け、素材外径および両端面を 0.7 mm 切削加工して、

ターボコンプレッサホイール用素形材としての動バランス評価を行うための評価用機械加工品とした。この機械加工品のシャフト穴に $\phi 20.02\text{ mm}$ の鉄製シャフト（機械加工仕上げしたシャフト）を圧入した。得られたシャフト付き機械加工品41を、図17に示すように動バランス測定機に取り付け、 10000 rpm で回転させて、JIS B 0905に規定される釣合い良さの等級として、G6.3の等級の条件をクリアするか否かを、判定基準として調べ、高速回転時の動バランスの評価を行った。

上述のようにして調べた連続鑄造棒材からなる素材についての円周方向平均粒界横断数、および評価用機械加工品についての動バランス評価結果を、表2に示す。

[0140] なお合金B1については、比較例として、気体加圧ホットトップ連続鑄造法によって得られたビレット（ $\phi 210\text{ mm}$ ）の鑄肌を面削により除去して $\phi 200\text{ mm}$ とし、ビレットヒーターにより約 420°C に加熱し、押し出し機コンテナに装填して、熱間押し出しにて押し比 $1/20$ で $\phi 45\text{ mm}$ の丸棒に押し出し、ターボコンプレッサホイール用素形材向けの素材とした。このような押し出し材を用いた場合についても、押し出し材の円周方向平均粒界横断数を調べ、更に前記と同様な動バランス評価試験を行った。その結果も、表2中に示す。

[0141] [表1]

化学成分 (質量%)	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Al
合金A	12.5	0.21	4.3	0.08	0.6	0.06	残
合金B1	0.15	1.1	2.2	0.06	1.5	1.0	残
合金B2	0.4	0.22	3.5	0.9	1.5	0.05	残

[0142]

[表2]

合金種	素形材	円周方向平均粒界横断数				評価結果
		中心部	中間部	外周部	外周部/ 中心部の比	動バランス 評価結果
合金A	連続鑄造材	1.25[本/mm]	2.50[本/mm]	3.33[本/mm]	2.66	G6.3をクリアー
合金B1	連続鑄造材	10.2[本/mm]	12.2[本/mm]	19.6[本/mm]	1.92	G6.3をクリアー
合金B2	連続鑄造材	5.29[本/mm]	7.25[本/mm]	8.33[本/mm]	1.57	G6.3をクリアー
合金B1	押出材 (比較材)	20.4[本/mm]	19.2[本/mm]	22.7[本/mm]	1.11	G6.3を満足せず

[0143] 表2から明らかなように、細径の連続鑄造棒材（本発明例）からなる素材では、いずれの合金を用いた場合も、円周方向平均粒界横断数の条件（粗密）が、本発明で規定する条件を満たし、また動バランスの評価結果も、G6.3をクリアーして、良好な動バランスを備えていることが確認された。

これに対して押出し材を使用した比較例では、円周方向平均粒界横断数の条件が本発明で規定する条件を満たさず（中間部分で最小）、また動バランスの評価結果も、G6.3をクリアーせず、動バランスが不良であることが判明した。

[0144] [実施例2]

この実施例2は、細径の連続鑄造棒材を製造し、その細径の連続鑄造棒材を鍛造用素材として、熱間での密閉型鍛造を施し、ターボコンプレッサホイール用素形材とした例である。なおこの例では、鍛造型と鍛造用素材との寸法関係は、図12に示す例（第1の例）、すなわち大径の鍛造用素材を用いた例に倣った。

アルミ地金に添加元素を加えて溶解し、実施例1と同様に、表1に示す合金A（Al-Si共晶系合金）、合金B1（Al-Cu-Mg系合金の2618合金相当）、及び合金B2（Al-Cu-Mg系合金）の各溶湯を、気体加圧式ホットトップ連続鑄造法により、内径 ϕ 50mmモールドを使用して鑄造速度300mm/分にて外径49mmの丸棒状に連続鑄造し、連続鑄造棒材を得た。連続鑄造棒材に490℃で12時間保持後に空冷する均質化処理を施し、鑄造肌除去の面削（ピーリング）をして、 ϕ 45mmのアルミ合

金棒材を得た。この棒材を鋸切断機により切断し、長さ40mmの円柱状の素材（鍛造用素材）を作成した。ここまでは、実施例1と同様である。

[0145] この円柱状素材を鍛造用素材として、420℃に加熱昇温し、図12に示した密閉鍛造金型によりベル型の鍛造素形材に熱間鍛造成形した。この鍛造素形材を495℃に昇温し、2時間保持後に60℃の温水に焼入れし（いわゆる溶体化処理）、続いて200℃に昇温し、8時間保持（いわゆる時効処理）した後、空冷した。なお、円柱状素材（鍛造用素材）の外径と密閉鍛造金型の最大内径部分の内径との差（その間の隙間36の幅の2倍）は、0.6mmとなるように設定した。

[0146] この鍛造上がり材（素形材）における全高さ（ h ：図4参照）の $1/2$ の位置（ $h/2$ ）での横断面について、実施例1と同様に鏡面研磨後にエッチング処理を施し、結晶粒の観察ができる状態とし、中心部、中間部、外周部の円周方向平均粒界横断数を調べた。

上記の素形材に対して、その中央に $\phi 6$ mmのシャフト穴を機械加工で開け、素形材外周面および両端面を0.7mm切削加工して、動バランス評価用の機械加工品とした。この機械加工品のシャフト穴に $\phi 6.02$ mmの鉄製シャフト（機械加工仕上げしたシャフト）を圧入した。得られたシャフト付き機械加工品42を、図18に示すように動バランス測定機に取り付け、10000rpmで回転させて、JISB 0905に規定される釣合い良さの等級として、G6.3の等級の条件をクリアするか否かを調べ、高速回転時の動バランスの評価を行った。

前述のようにして調べた鍛造上がり材からなる素形材についての前記高さ位置での円周方向平均粒界横断数、および動バランス評価結果を、表3に示す。なお、連続鑄造棒材の段階における円周方向平均粒界横断数は、実施例1（表2参照）と同じである。

[0147]

[表3]

合金種	素形材	円周方向平均粒界横断数				評価結果
		中心部	中間部	外周部	外周部/ 中心部の比	動バランス 評価結果
合金A	鍛造材 (大径 素材使用)	1.28[本/mm]	2.61[本/mm]	3.52[本/mm]	2.75	G6.3をクリアー
合金B1	鍛造材 (大径 素材使用)	9.8[本/mm]	12.0[本/mm]	18.9[本/mm]	1.93	G6.3をクリアー
合金B2	鍛造材 (大径 素材使用)	5.21[本/mm]	6.90[本/mm]	8.06[本/mm]	1.55	G6.3をクリアー

[0148] 表3から明らかなように、鍛造上がり材を素形材とした実施例2の場合も、いずれの合金でも前記位置での円周方向平均粒界横断数の条件（粗密）が、本発明で規定する条件を満たし、また動バランスの評価結果も、G6.3をクリアーして、良好な動バランスを備えていることが確認された。

[0149] なお比較のため、連続鍛造材を押出し加工し、その押出し材に、実施例2と同様な熱間による密閉型鍛造を行って、実施例2による場合と同様な形状の素形材を製造した場合につき、その素形材の高速回転時の動バランスの評価を行ったところ、G6.3をクリアーせず、動バランスに劣ることが確認された。

[0150] [実施例3]

この実施例3は、実施例2の場合よりも外径が小さい細径の連続鍛造棒材を製造し、その細径の連続鍛造棒材を鍛造用素材として、熱間での密閉型鍛造を施し、ターボコンプレッサホイール用素形材とした例である。なおこの実施例3では、鍛造型と鍛造用素材との寸法関係は、実施例2とは変えて、図15に示す例（第2の例）、すなわち相対的に小径の鍛造用素材を用いた例に倣った。

[0151] 連続鍛造部材を使用して、長さ40mmの円柱形状の素材（鍛造用素材）を作成するまでは、実施例1とほぼ同様である。但し、その鍛造用素材の外径は、30mmである。

この円柱形状素材を、420℃に加熱昇温し、図15に示した密閉鍛造金型

によりベル型の鍛造素形材に熱間鍛造成形した。この鍛造素形材を 495°C に昇温し、2時間保持後に 60°C の温水に焼入れし（いわゆる溶体化処理）、続いて 200°C に昇温し、8時間保持（いわゆる時効処理）した後、空冷した。なお、円柱状素材（鍛造用素材）の外径と密閉鍛造金型における羽根部最小径側の端部に相当する部位の内径との差（その間の隙間38の幅の2倍）は、 0.6 mm なるように設定した。

[0152] この鍛造上がり材（素形材）における全高さ（ h ：図5参照）の $1/2$ の位置（ $h/2$ ）での横断面について、実施例2と同様に鏡面研磨後にエッチング処理を施し、結晶粒の観察ができる状態とし、中心部、中間部、外周部の円周方向平均粒界横断数を調べた。

[0153] 上記の鍛造上がり材からなる素形材に対して、その中央に $\phi 6\text{ mm}$ のシャフト穴を機械加工で開け、素形材外周面および両端面を 0.7 mm 切削加工して、動バランス評価用機械加工品とした。この機械加工品のシャフト穴に $\phi 6.02\text{ mm}$ の鉄製シャフト（機械加工仕上げしたシャフト）を圧入した。得られたシャフト付き機械加工品42を、図18に示すように動バランス測定機に取り付け、前記と同様に高速回転時の動バランスの評価を行った。前述のようにして調べた鍛造上がり材からなる素形材についての前記高さ位置での円周方向平均粒界横断数、および動バランス評価結果を、表4に示す。

[0154] [表4]

合金種	素形材	円周方向平均粒界横断数				評価結果
		中心部	中間部	外周部	外周部/ 中心部の比	動バランス 評価結果
合金A	鍛造材 (小径 素材使用)	1.45[本/mm]	2.70[本/mm]	3.70[本/mm]	2.55	G6.3をクリアー
合金B1	鍛造材 (小径 素材使用)	10.9[本/mm]	13.5[本/mm]	21.28[本/mm]	1.95	G6.3をクリアー
合金B2	鍛造材 (小径 素材使用)	5.37[本/mm]	7.35[本/mm]	8.85[本/mm]	1.65	G6.3をクリアー

[0155] 表4から明らかなように、鍛造上がり材を素形材とし、かつ小径の円柱状素

材（鍛造用素材）と下型との関係を図 15 に示すように設定した実施例 3 の場合も、いずれの合金でも前記位置での円周方向平均粒界横断数の条件（粗密）が、本発明で規定する条件を満たし、また動バランスの評価結果も、G 6. 3 をクリアーして、良好な動バランスを備えていることが確認された。

[0156] なお比較のため、連続鑄造材を押出し加工し、その押出し材に、実施例 3 と同様な熱間による密閉型鍛造を行って、実施例 3 による場合と同様な形状の素形材を製造した場合につき、その素形材の高速回転時の動バランスの評価を行ったところ、G 6. 3 をクリアーせず、動バランスに劣ることが確認された。

[0157] 以上、本発明の好ましい実施形態、実施例について説明したが、これらの実施形態、実施例は、あくまで本発明の要旨の範囲内の一つの例に過ぎず、本発明の要旨から逸脱しない範囲内で、構成の付加、省略、置換、およびその他の変更が可能である。すなわち本発明は、前述した説明によって限定されることはなく、添付の特許請求の範囲によってのみ限定され、その範囲内で適宜変更可能であることはもちろんである。

[0158] 本発明のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール素形材は、自動車その他の各種輸送機器内燃機関に用いられるターボチャージャに使用されるコンプレッサホイール（インペラー）を製造するための素形材に適用することができる。また本発明のターボコンプレッサホイールの製造方法は、前記同様に、自動車その他の各種輸送機器内燃機関に用いられるターボチャージャに使用されるコンプレッサホイール（インペラー）を、実際に製造するために適用することができる。

符号の説明

[0159] 1…コンプレッサホイール、 3…回転軸部、 4…羽根部、 7…羽根付け根部、 10…素形材（鍛造上がり材）、 20…連続鑄造棒材、 30…鍛造型。

請求の範囲

- [請求項1] 細径の連続鋳造棒材が素材とされ、かつその素材は、鋳造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、前記横断面の中心部で最小となり、外周部で最大となる鋳造組織を有し、その素材の鋳造方向がコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿う、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。
- [請求項2] 請求項1に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、
前記素材の前記中心部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根付け根部となることが予定される部位を含み、前記外周部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて前記羽根付け根部より外周側の羽根部となることが予定される部位を含む、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。
- [請求項3] 請求項1、請求項2のいずれかの請求項に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、
前記素材の連続鋳造棒材が、150mm/分以上の鋳造速度で、外径が25mm以上、120mm以下となるように連続鋳造されたものである、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。
- [請求項4] 細径の連続鋳造棒材からなる素材を、鍛造加圧方向が、素材の鋳造方向に沿いかつコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿うように、鍛造密閉型鍛造により熱間鍛造した鍛造材からなる、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。
- [請求項5] 請求項4に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、
前記素材の連続鋳造棒材は、鋳造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鋳造組織を有する、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

- [請求項6] 請求項5に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、
前記連続鑄造棒材の前記中心部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根付け根部となることが予定される部位を含み、前記外周部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて前記羽根付け根部より外周側の羽根部となることが予定される部位を含む、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。
- [請求項7] 請求項4～請求項6のいずれかの請求項に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、
前記素材の連続鑄造棒材が、150mm/分以上の鑄造速度で、外径が25mm以上、120mm以下となるように連続鑄造されたものである、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。
- [請求項8] 請求項4～請求項7のいずれかの請求項に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、
前記鍛造材が、前記密閉鍛造型の軸方向に沿った方向の全高さの2分の1の位置において、鍛造加圧方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鍛造組織を有する、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。
- [請求項9] 請求項8に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、
前記鍛造材の前記中心部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて羽根付け根部となることが予定される部位を含み、前記外周部が、最終製品のターボコンプレッサホイールにおいて前記羽根付け根部より外周側の羽根部となることが予定される部位を含む、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。
- [請求項10] 請求項4～請求項9のいずれかの請求項に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、

前記素材として、その外径が、密閉鍛造型における、コンプレッサホイールの最大径部分に相当する部分の内径、もしくはコンプレッサホイールの羽根部最小径側端部に相当する部分の内径に対して、 $-2.0\text{ mm} \sim -0.10\text{ mm}$ の範囲内とされたものが用いられている、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[請求項11] 請求項1～請求項10のいずれかの請求項に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、
前記アルミニウム合金として、 $\text{Al}-\text{Cu}-\text{Mg}$ 系合金が用いられている、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[請求項12] 請求項1～請求項10のいずれかの請求項に記載のアルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材において、
前記アルミニウム合金として、 $\text{Al}-\text{Si}$ 共晶系合金が用いられている、アルミニウム合金製ターボコンプレッサホイール用素形材。

[請求項13] アルミニウム合金を細径に連続鋳造して、鋳造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鋳造組織を有する細径素材を得る連続鋳造工程と、
前記連続鋳造工程により得られた細径素材を、その鋳造方向がコンプレッサホイールの回転中心軸線方向に沿うようにコンプレッサホイール形状に機械加工する仕上げ加工工程、
とを有してなる、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[請求項14] 請求項13に記載のターボコンプレッサホイールの製造方法において、
前記連続鋳造工程が、 150 mm/分 以上の鋳造速度で、外径が 25 mm 以上、 120 mm 以下となるように連続鋳造する工程である、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[請求項15] アルミニウム合金を細径に連続鋳造して、鋳造方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鋳造組織を有する細径素材を得る連続鋳造工程と、

前記連続鑄造工程により得られた細径素材を、鍛造型に対して、細径素材の中心軸線が、得るべきコンプレッサホイール製品の回転中心軸線に一致するように位置決めして、鍛造加圧方向が細径素材の鑄造方向に沿うように熱間で密閉型鍛造する鍛造工程と、
前記鍛造工程により得られた鍛造材をコンプレッサホイール形状に機械加工する仕上げ加工工程、
とを有してなる、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[請求項16] 請求項15に記載のターボコンプレッサホイールの製造方法において、

前記鍛造工程に供される細径素材として、その外径が、鍛造型における、得るべきコンプレッサホイール製品の最大外径部分に相当する部分の内径、もしくは得るべきコンプレッサホイール製品ホイールの羽根部最小径側端部に相当する部分の内径に対して、 $-2.0\text{ mm} \sim -0.10\text{ mm}$ の範囲内とされているものを用い、
前記鍛造工程において、鍛造型に対する細径素材の位置を、鍛造型における、前記最大径側端部に相当する部分の内周壁、もしくは前記羽根部最小径側端部に相当する部分の内周壁によって位置決めして、細径素材を密閉型鍛造する、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[請求項17] 請求項15、請求項16のいずれかの請求項に記載のターボコンプレッサホイールの製造方法において、

前記鍛造工程では、切削加工工程によって羽根付け根部とされることが予定されている部位については、塑性加工率を20%未満とし、仕上げ加工工程によって羽根部とされることが予定されている部位の塑性加工率を20%以上とする、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[請求項18] 請求項15～請求項17のいずれかの請求項に記載のターボコンプレッサホイールの製造方法において、

前記鍛造工程によって、前記密閉鍛造型の軸方向に沿った方向の全高

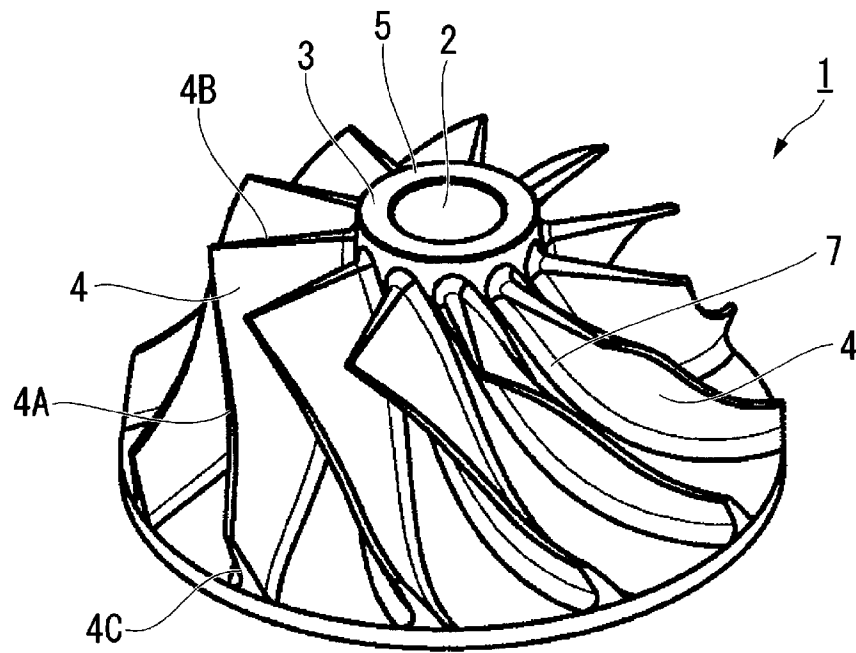
さの2分の1の位置において、鍛造加圧方向に対して直交する横断面で見た円周方向平均粒界横断数が、中心部で最小となり、外周部で最大となる鍛造組織を有する鍛造材を得る、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[請求項19] 請求項15～請求項18のいずれかの請求項に記載のターボコンプレッサホイールの製造方法において、
前記鍛造工程の後、仕上げ加工工程の前に、熱処理工程として、溶体化処理と、その安定化処理後の人工時効硬化処理もしくは安定化処理とを施す、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

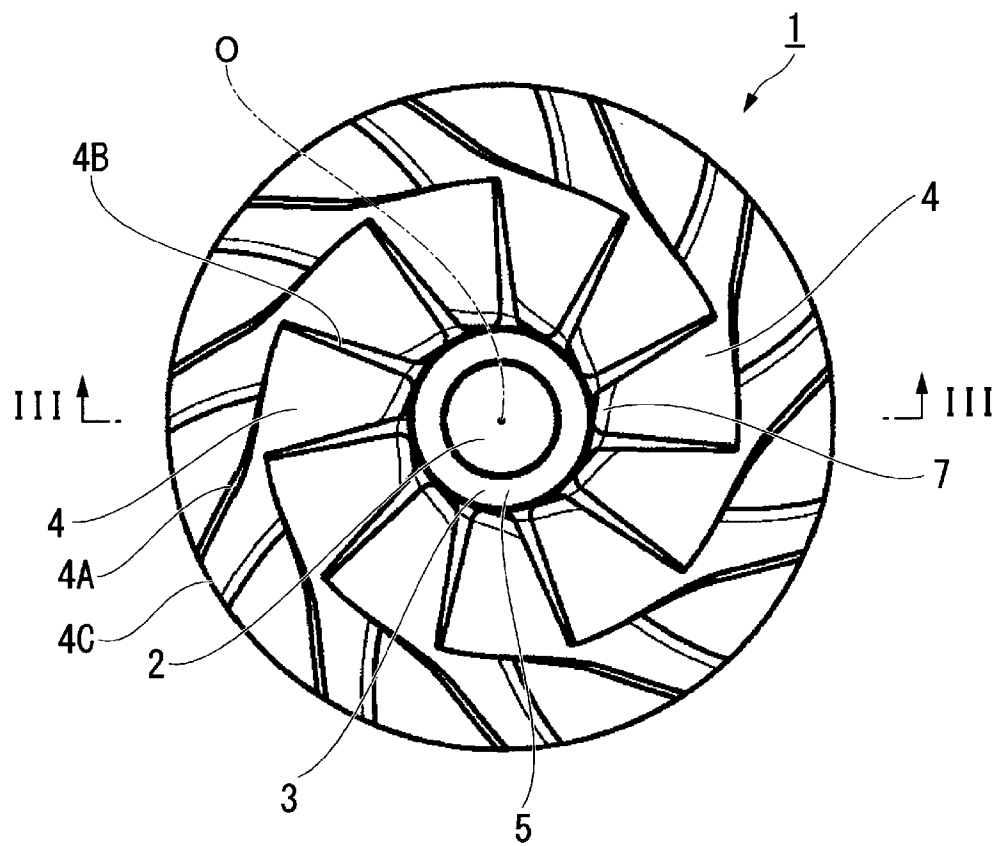
[請求項20] 請求項13～19のうちのいずれかの請求項に記載のターボコンプレッサホイールの製造方法において、
前記アルミニウム合金として、Al-Cu-Mg系合金を用いる、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

[請求項21] 請求項13～19のうちのいずれかの請求項に記載のターボコンプレッサホイールの製造方法において、
前記アルミニウム合金として、Al-Si共晶系合金を用いる、ターボコンプレッサホイールの製造方法。

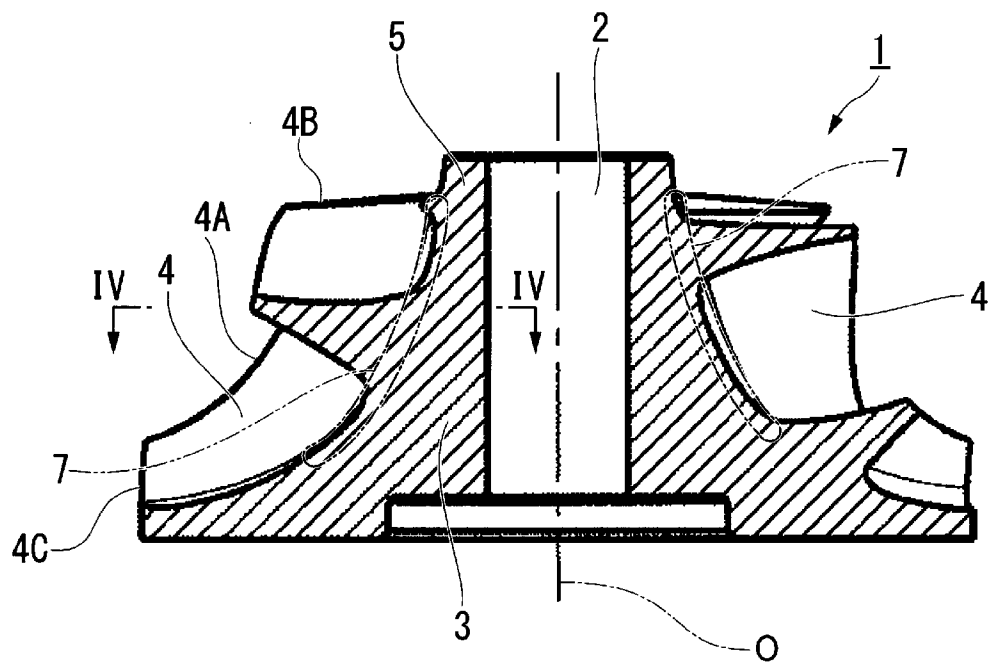
[図1]



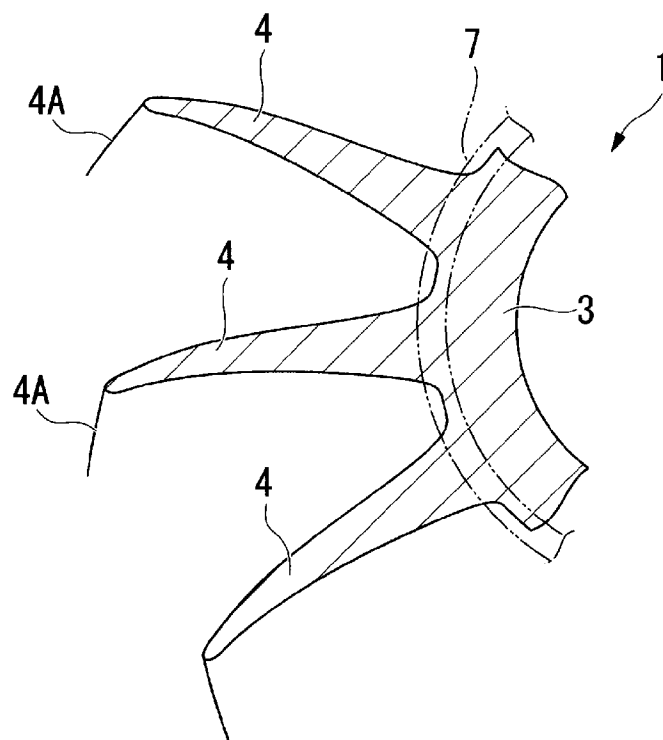
[図2]



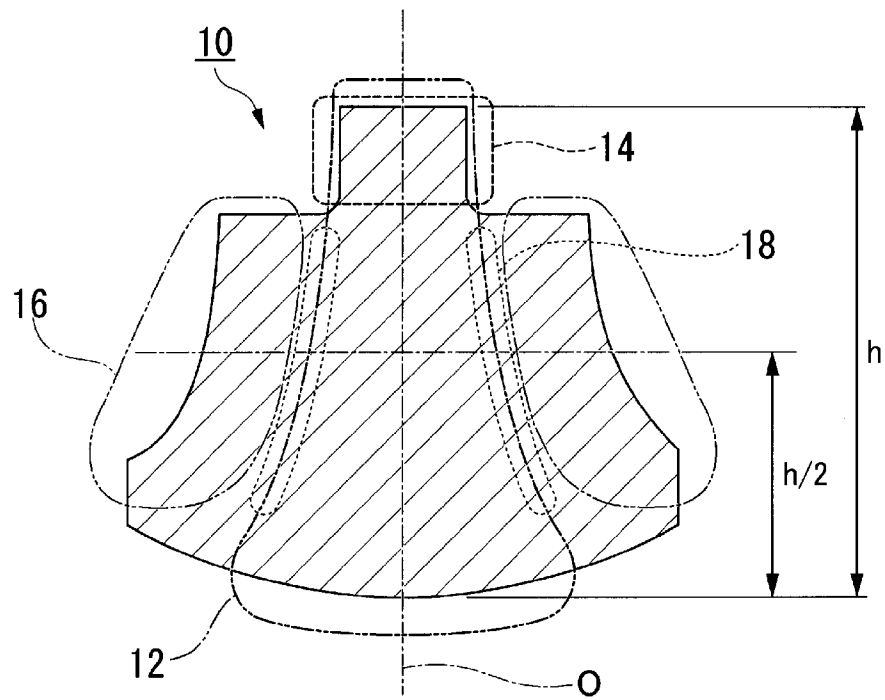
[図3]



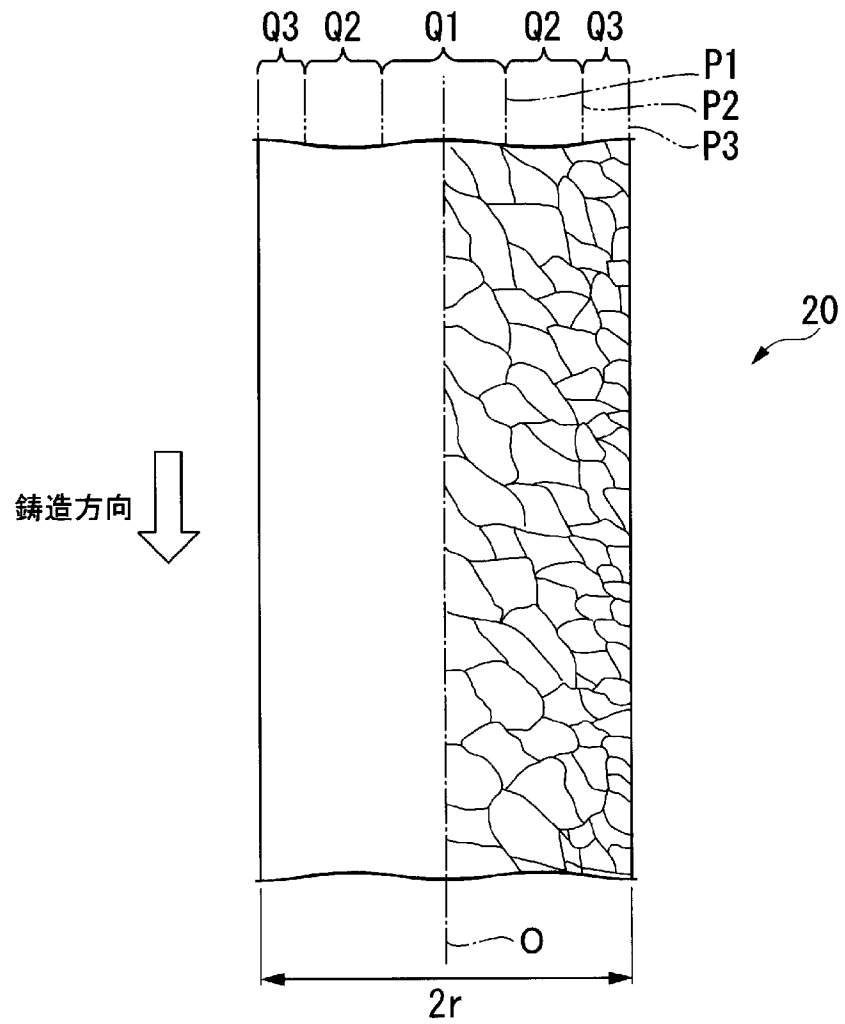
[図4]



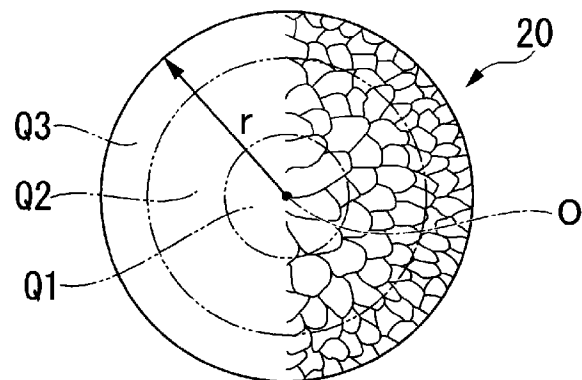
[図5]



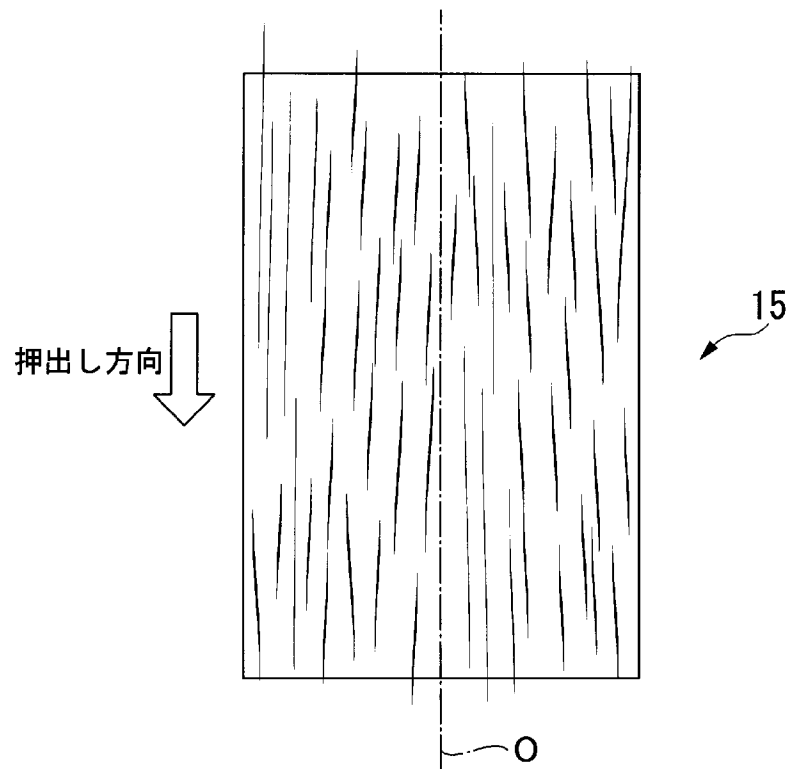
[図6]



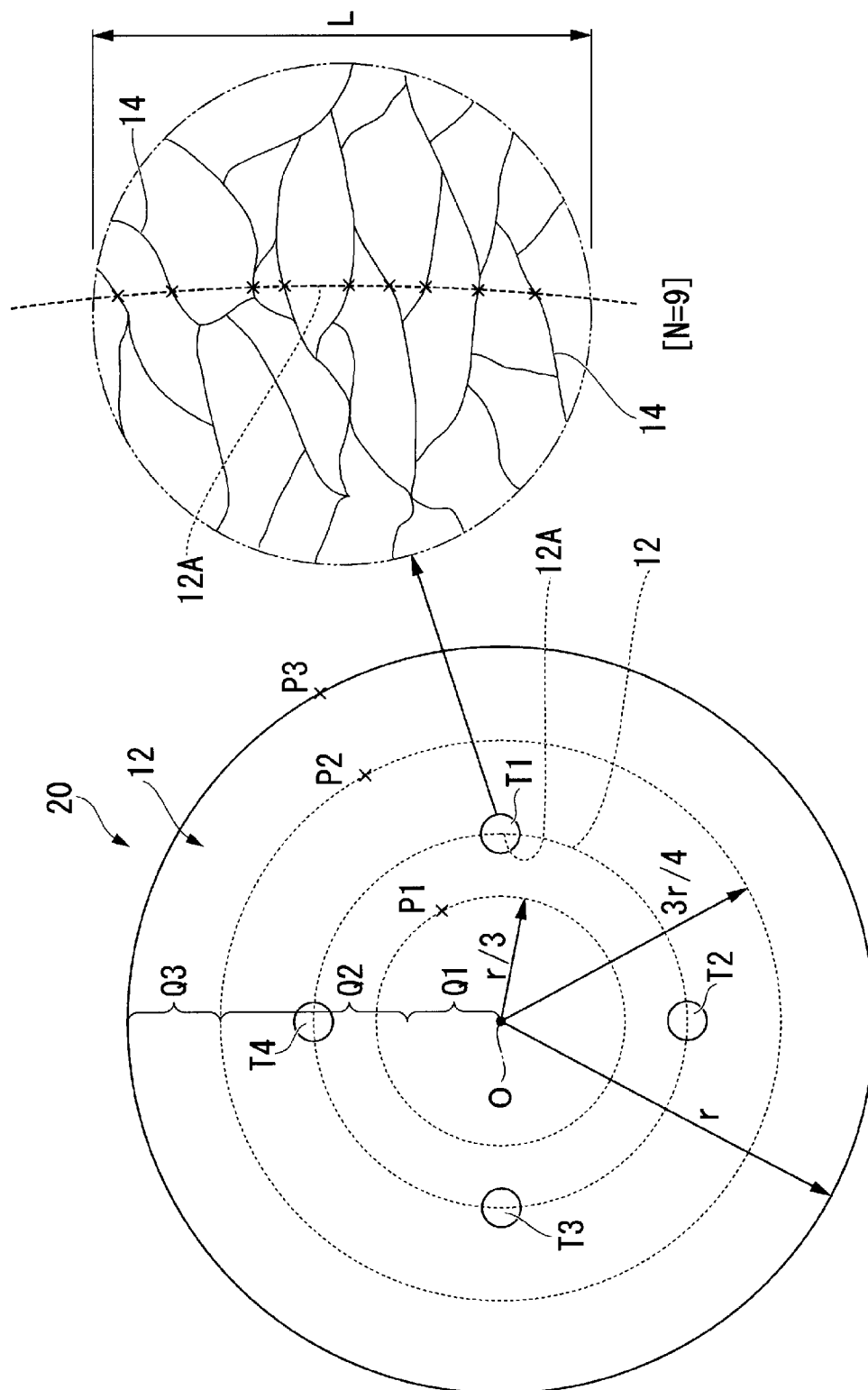
[図7]



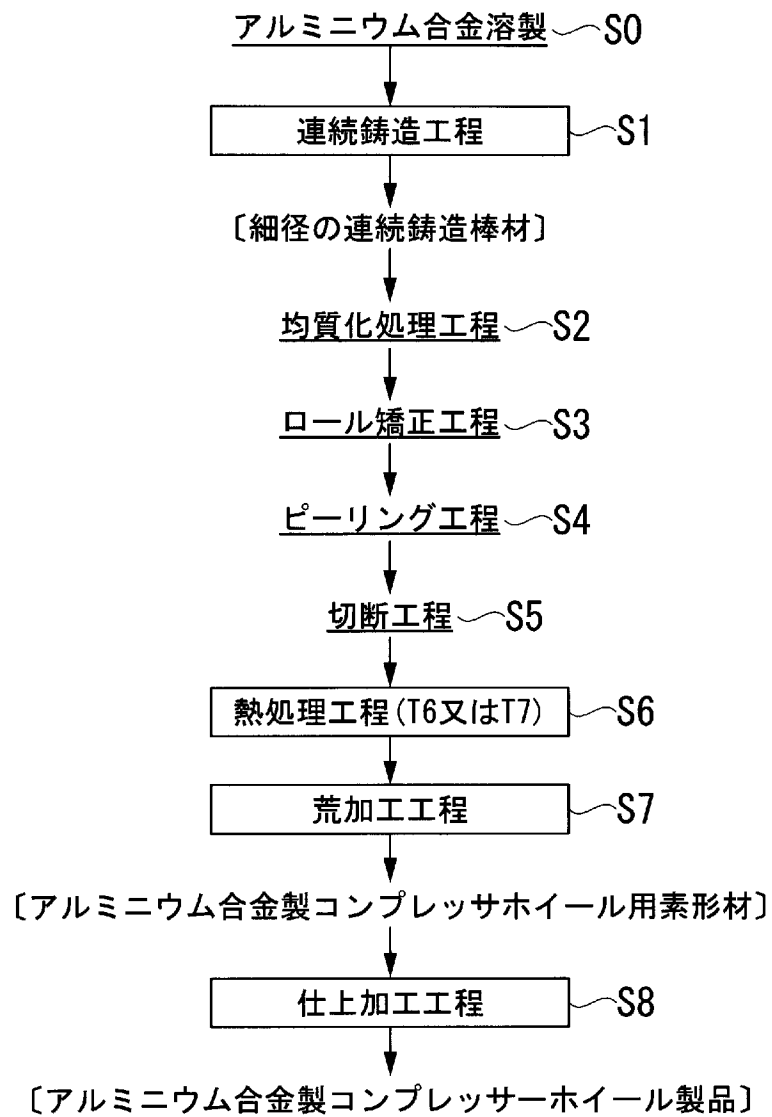
[図8]



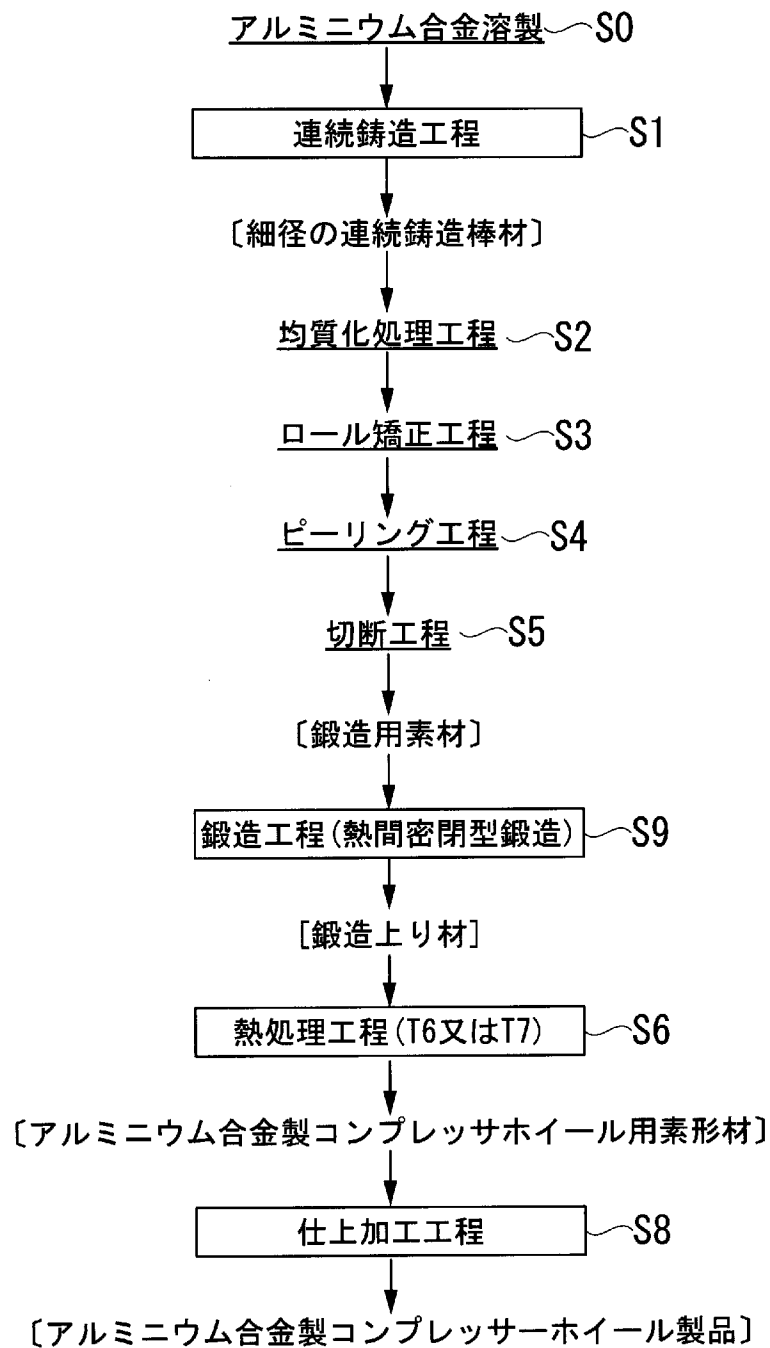
[図9]



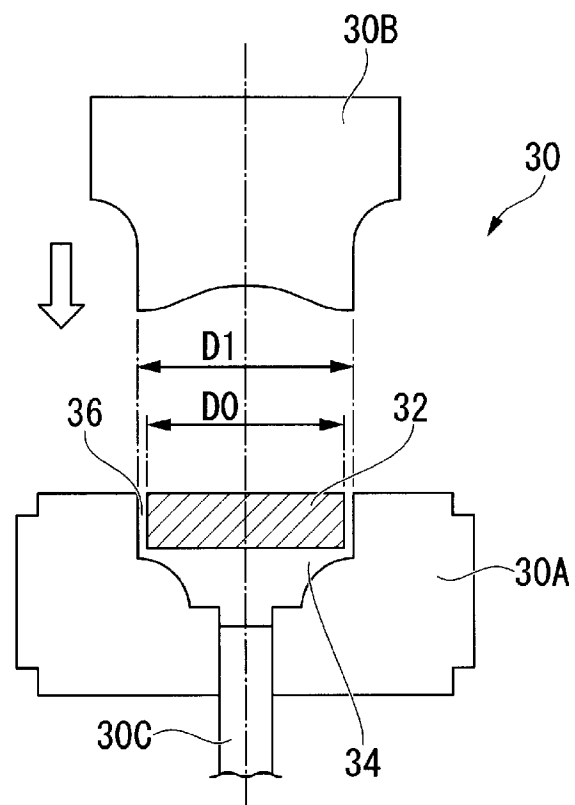
[図10]



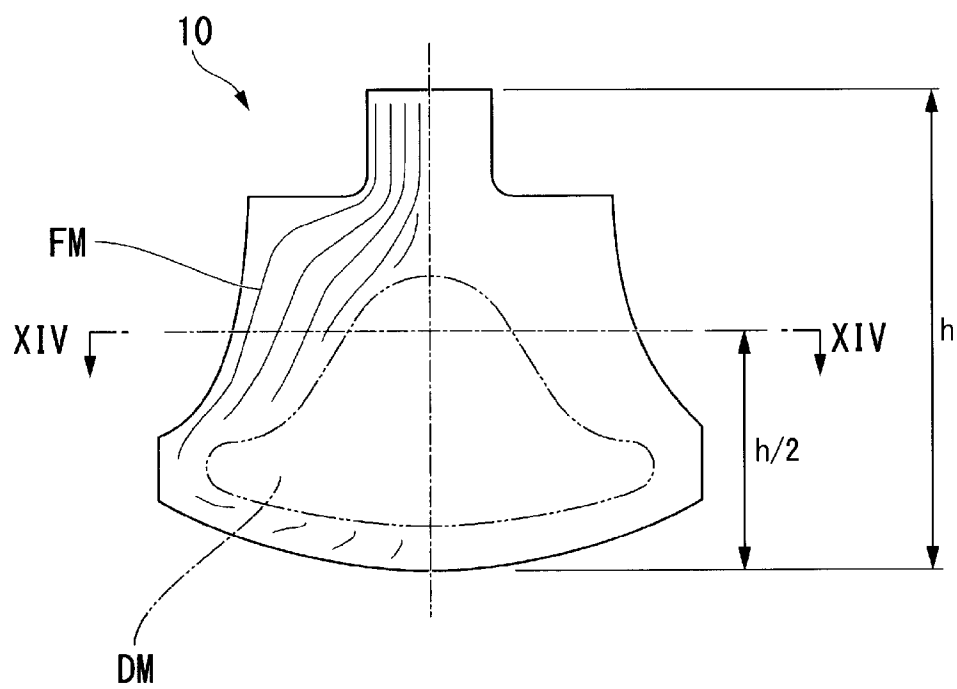
[図11]



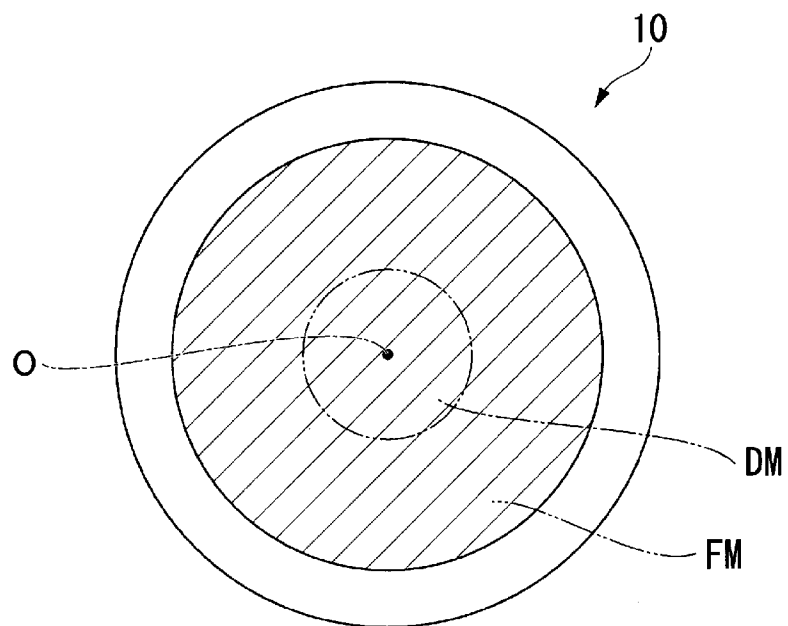
[図12]



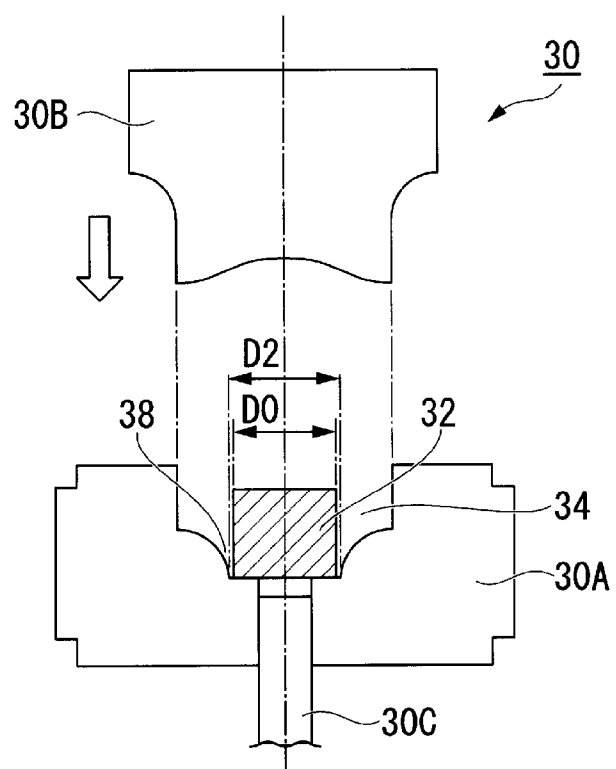
[図13]



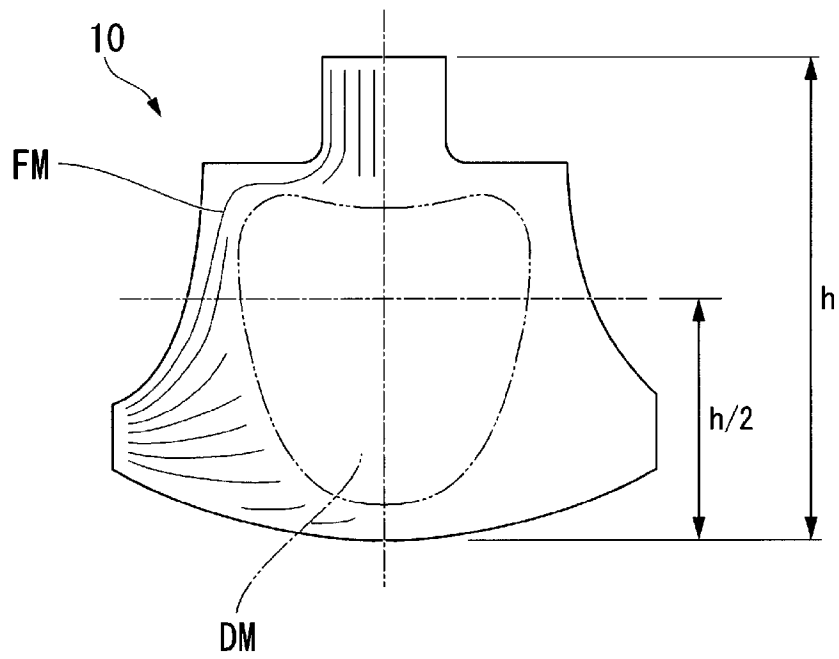
[図14]



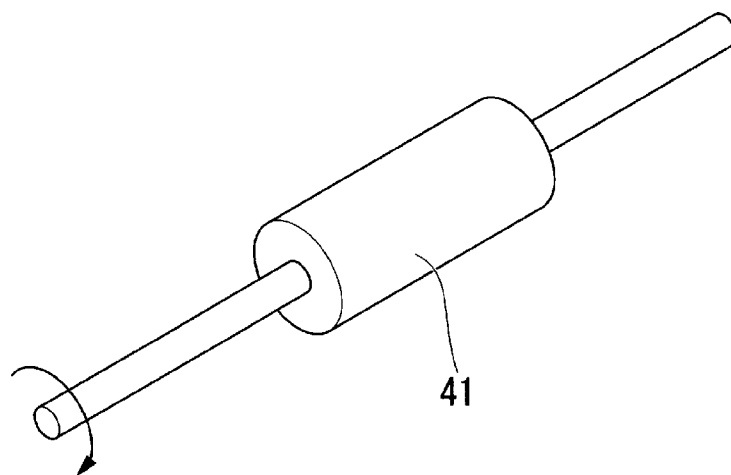
[図15]



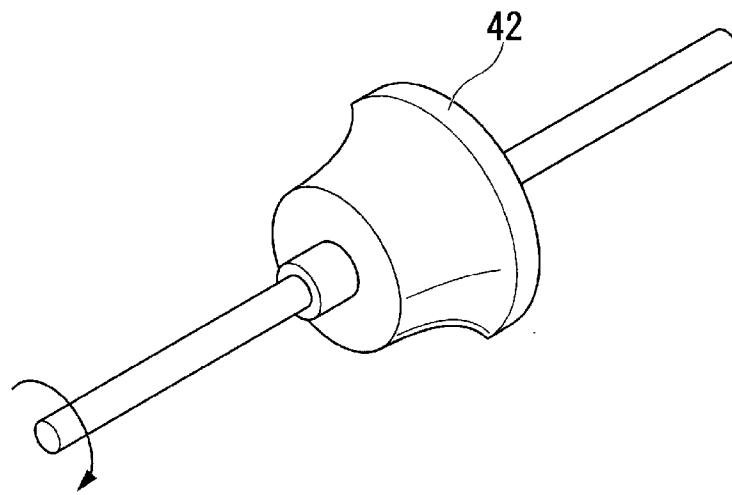
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/082663

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22D11/00(2006.01)i, B21K3/04(2006.01)i, F02B39/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B22D11/00, B21K3/04, F02B39/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-305629 A (Kobe Steel, Ltd.), 09 November 2006 (09.11.2006), entire text (Family: none)	1-21
A	JP 11-170014 A (Kobe Steel, Ltd.), 29 June 1999 (29.06.1999), entire text (Family: none)	1-21
A	JP 2008-132513 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 12 June 2008 (12.06.2008), entire text (Family: none)	1-21

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 January 2015 (23.01.15)

Date of mailing of the international search report
03 February 2015 (03.02.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/082663

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-197943 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 18 July 2000 (18.07.2000), entire text (Family: none)	1-21
A	JP 2009-66601 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 02 April 2009 (02.04.2009), entire text (Family: none)	1-21

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B22D11/00(2006.01)i, B21K3/04(2006.01)i, F02B39/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B22D11/00, B21K3/04, F02B39/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-305629 A（株式会社神戸製鋼所）2006. 11. 09, 文献全体（ファミリーなし）	1-21
A	JP 11-170014 A（株式会社神戸製鋼所）1999. 06. 29, 文献全体（ファミリーなし）	1-21
A	JP 2008-132513 A（昭和電工株式会社）2008. 06. 12, 文献全体（ファミリーなし）	1-21

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 3 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

川村 健一

4 E

9 6 2 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2000-197943 A (古河電気工業株式会社) 2000. 07. 18, 文献全体 (ファミリーなし)	1-21
A	JP 2009-66601 A (昭和電工株式会社) 2009. 04. 02, 文献全体 (ファ ミリーなし)	1-21