

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7118705号**  
**(P7118705)**

(45)発行日 令和4年8月16日(2022.8.16)

(24)登録日 令和4年8月5日(2022.8.5)

(51)国際特許分類

C 2 2 C	21/00 (2006.01)	F I	C 2 2 C	21/00	M
B 2 2 F	3/20 (2006.01)		B 2 2 F	3/20	C
C 2 2 C	1/04 (2006.01)		C 2 2 C	1/04	C
B 2 2 F	9/08 (2006.01)		B 2 2 F	9/08	A
C 2 2 C	1/00 (2006.01)		C 2 2 C	1/00	Q

請求項の数 5 (全17頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2018-71462(P2018-71462)

(22)出願日

平成30年4月3日(2018.4.3)

(65)公開番号

特開2019-183190(P2019-183190)

A)

(43)公開日

令和1年10月24日(2019.10.24)

審査請求日

令和2年4月24日(2020.4.24)

(73)特許権者

000003218

株式会社豊田自動織機

愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地

(73)特許権者

000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(74)代理人

100109911

弁理士 清水 義仁

(74)代理人

100071168

弁理士 清水 久義

(74)代理人

100099885

弁理士 高田 健市

(74)代理人

100194467

弁理士 杉浦 健文

(72)発明者

小鉄 泰生

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高温における機械的特性に優れたアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品及びその製造方法

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項1】**

F e : 5 . 0 質量% ~ 9 . 0 質量%、 V : 0 . 1 質量% ~ 3 . 0 質量%、 M o : 0 . 1 質量% ~ 3 . 0 質量%、 Z r : 0 . 1 質量% ~ 2 . 0 質量%、 T i : 0 . 0 2 質量% ~ 2 . 0 質量%を含有し、 C r および M n からなる群より選ばれる1種または2種の金属を、それぞれ 0 . 0 2 質量% ~ 2 . 0 質量% 含有し、残部が A l 及び不可避不純物からなるアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品であって、

前記アルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品中に A l - F e 系金属間化合物を含有し、前記アルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記 A l - F e 系金属間化合物の平均円相当直径が 0 . 1 μ m ~ 3 . 0 μ m の範囲であり、

C r および M n からなる群より選ばれる1種または2種の金属は、少なくとも C r を含み、

前記アルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品における温度 2 6 0 ℃ 、破断時間 3 0 0 時間の条件下でのクリープラブチャーフ強度が 2 3 5 M P a ~ 2 4 4 M P a であることを特徴とする輸送機用圧縮機部品。

**【請求項2】**

前記アルミニウム合金は、さらに、B を 0 . 0 0 0 1 質量% ~ 0 . 0 3 質量% 含む請求項1に記載の輸送機用圧縮機部品。

**【請求項3】**

前記金属間化合物は、A l 、 F e 、 V 及び M o を少なくとも含有してなる A l - F e -

V - Mo 系金属間化合物であり、

前記金属間化合物における、Al の含有率が 81 . 60 質量% ~ 92 . 37 質量%、Fe の含有率が 2 . 58 質量% ~ 10 . 05 質量%、V の含有率が 1 . 44 質量% ~ 4 . 39 質量%、Mo の含有率が 2 . 45 質量% ~ 3 . 62 質量% である請求項 1 または 2 に記載の輸送機用圧縮機部品。

**【請求項 4】**

Fe : 5 . 0 質量% ~ 9 . 0 質量%、V : 0 . 1 質量% ~ 3 . 0 質量%、Mo : 0 . 1 質量% ~ 3 . 0 質量%、Zr : 0 . 1 質量% ~ 2 . 0 質量%、Ti : 0 . 02 質量% ~ 2 . 0 質量% を含有し、Cr および Mn からなる群より選ばれる 1 種または 2 種の金属を、それぞれ 0 . 02 質量% ~ 2 . 0 質量% 含有し、残部が Al 及び不可避不純物からなるアルミニウム合金粉末を圧縮成形して圧粉体を得る圧縮成形工程と、

前記圧粉体を熱間押出しして押出材を得る押出工程と、

前記押出材を切削加工して輸送機用圧縮機部品を得る切削工程と、を含み、

前記輸送機用圧縮機部品は、該輸送機用圧縮機部品中に Al - Fe 系金属間化合物を含有し、前記輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記 Al - Fe 系金属間化合物の平均円相当直径が 0 . 1  $\mu\text{m}$  ~ 3 . 0  $\mu\text{m}$  の範囲であり、

Cr および Mn からなる群より選ばれる 1 種または 2 種の金属は、少なくとも Cr を含み、

前記輸送機用圧縮機部品における温度 260 、破断時間 300 時間の条件下でのクリープラブチャーラー強度が 235 MPa ~ 244 MPa であることを特徴とする輸送機用圧縮機部品の製造方法。

**【請求項 5】**

Fe : 5 . 0 質量% ~ 9 . 0 質量%、V : 0 . 1 質量% ~ 3 . 0 質量%、Mo : 0 . 1 質量% ~ 3 . 0 質量%、Zr : 0 . 1 質量% ~ 2 . 0 質量%、Ti : 0 . 02 質量% ~ 2 . 0 質量% を含有し、Cr および Mn からなる群より選ばれる 1 種または 2 種の金属を、それぞれ 0 . 02 質量% ~ 2 . 0 質量% 含有し、残部が Al 及び不可避不純物からなるアルミニウム合金の溶湯をアトマイズ法によって急冷凝固させて粉末化してアルミニウム合金粉末を得る粉末化工程と、

前記アルミニウム合金粉末を圧縮成形して圧粉体を得る圧縮成形工程と、

前記圧粉体を熱間押出しして押出材を得る押出工程と、

前記押出材を切削加工して輸送機用圧縮機部品を得る切削工程と、を含み、

前記輸送機用圧縮機部品は、該輸送機用圧縮機部品中に Al - Fe 系金属間化合物を含有し、前記輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記 Al - Fe 系金属間化合物の平均円相当直径が 0 . 1  $\mu\text{m}$  ~ 3 . 0  $\mu\text{m}$  の範囲であり、

Cr および Mn からなる群より選ばれる 1 種または 2 種の金属は、少なくとも Cr を含み、

前記輸送機用圧縮機部品における温度 260 、破断時間 300 時間の条件下でのクリープラブチャーラー強度が 235 MPa ~ 244 MPa であることを特徴とする輸送機用圧縮機部品の製造方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、高温における機械特性に優れたアルミニウム合金製の、輸送機用圧縮機部品及びその製造方法に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

従来の輸送機用圧縮機部品、例えばターボチャージャ用インペラは、150 度程度の高温状況下において 10000 rpm を超える高速回転が与えられるため、この高温下において高強度および高剛性を備えていることが要求されると共に、エネルギー損失の低減を図るために軽量化も求められている。また、高速回転に耐えることができる強度も要求さ

10

20

30

40

50

れる。

#### 【0003】

従来では、ターボチャージャ用インペラは、2618合金(Cu:1.9質量%~2.7質量%、Mg:1.3質量%~1.8質量%、Ni:0.9質量%~1.2質量%、Fe:0.9質量%~1.3質量%、Si:0.1質量%~0.25質量%、Ti:0.04質量%~0.1質量%を含有し、残部がAlからなる合金)の鋳造・鍛造品を切削加工して製造していた。

#### 【0004】

しかし、近年における切削加工の高速化により、アルミニウム合金押出材の切削品化が進んできており、切削性の向上、高温強度の改善がさらに必要となってきている。

10

#### 【0005】

例えば、特許文献1には、高温(160)での強度が従来よりも向上したAl-Cu-Mg系アルミニウム合金押出材を提供する技術が開示されている。即ち、特許文献1には、Cu:3.4~5.5% (質量%、以下同じ)、Mg:1.7~2.3%、Ni:1.0~2.5%、Fe:0.5~1.5%、Mn:0.1~0.4%、Zr:0.05~0.3%、Si:0.1%未満、Ti:0.1%未満を含み、残部Al及び不可避不純物からなることを特徴とする高温強度及び高温疲労特性に優れた耐熱アルミニウム合金押出材が記載されている。

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

20

#### 【0006】

#### 【文献】特許第5284935号公報

##### 【発明の概要】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

ところで、自動車等の内燃機関の技術分野においてターボチャージャ用インペラは、更なる高速回転化が求められており、従ってターボチャージャ用インペラを構成するアルミニウム合金材としては、従来よりさらに高い温度域においても機械特性に優れたものが希求されている。また、ターボチャージャ用インペラ等の輸送機用圧縮機部品に要求される特性としては、静的強度の他に、クリープ特性等の動的な強度も優れていることが求められている。

30

#### 【0008】

本発明は、かかる技術的背景に鑑みてなされたものであって、高温における機械特性(静的強度、クリープ特性等)に優れた輸送機用圧縮機部品及びその製造方法を提供することを目的とする。

##### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

前記目的を達成するために、本発明は以下の手段を提供する。

#### 【0010】

[1] Fe:5.0質量%~9.0質量%、V:0.1質量%~3.0質量%、Mo:0.1質量%~3.0質量%、Zr:0.1質量%~2.0質量%、Ti:0.02質量%~2.0質量%を含有し、CrおよびMnからなる群より選ばれる1種または2種の金属を、それぞれ0.02質量%~2.0質量%含有し、残部がAl及び不可避不純物からなるアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品であって、

40

前記アルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品中にAl-Fe系金属間化合物を含有し、前記アルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記Al-Fe系金属間化合物の平均円相当直径が0.1μm~3.0μmの範囲であることを特徴とする輸送機用圧縮機部品。

#### 【0011】

[2] 前記アルミニウム合金は、さらに、Bを0.0001質量%~0.03質量%含

50

む前項 1 に記載の輸送機用圧縮機部品。

**【 0 0 1 2 】**

[ 3 ] 前記金属間化合物は、A l 、 F e 、 V 及び M o を少なくとも含有してなる A l - F e - V - M o 系金属間化合物であり、

前記金属間化合物における、 A l の含有率が 8 1 . 6 0 質量 % ~ 9 2 . 3 7 質量 % 、 F e の含有率が 2 . 5 8 質量 % ~ 1 0 . 0 5 質量 % 、 V の含有率が 1 . 4 4 質量 % ~ 4 . 3 9 質量 % 、 M o の含有率が 2 . 4 5 質量 % ~ 3 . 6 2 質量 % である前項 1 または 2 に記載の輸送機用圧縮機部品。

**【 0 0 1 3 】**

[ 4 ] F e : 5 . 0 質量 % ~ 9 . 0 質量 % 、 V : 0 . 1 質量 % ~ 3 . 0 質量 % 、 M o : 0 . 1 質量 % ~ 3 . 0 質量 % 、 Z r : 0 . 1 質量 % ~ 2 . 0 質量 % 、 T i : 0 . 0 2 質量 % ~ 2 . 0 質量 % を含有し、 C r および M n からなる群より選ばれる 1 種または 2 種の金属を、それぞれ 0 . 0 2 質量 % ~ 2 . 0 質量 % 含有し、残部が A l 及び不可避不純物からなるアルミニウム合金粉末を圧縮成形して圧粉体を得る圧縮成形工程と、

前記圧粉体を熱間押出しして押出材を得る押出工程と、

前記押出材を切削加工して輸送機用圧縮機部品を得る切削工程と、を含み、

前記輸送機用圧縮機部品は、該輸送機用圧縮機部品中に A l - F e 系金属間化合物を含有し、前記輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記 A l - F e 系金属間化合物の平均円相当直径が 0 . 1  $\mu\text{m}$  ~ 3 . 0  $\mu\text{m}$  の範囲であることを特徴とする輸送機用圧縮機部品の製造方法。

**【 0 0 1 4 】**

[ 5 ] F e : 5 . 0 質量 % ~ 9 . 0 質量 % 、 V : 0 . 1 質量 % ~ 3 . 0 質量 % 、 M o : 0 . 1 質量 % ~ 3 . 0 質量 % 、 Z r : 0 . 1 質量 % ~ 2 . 0 質量 % 、 T i : 0 . 0 2 質量 % ~ 2 . 0 質量 % を含有し、 C r および M n からなる群より選ばれる 1 種または 2 種の金属を、それぞれ 0 . 0 2 質量 % ~ 2 . 0 質量 % 含有し、残部が A l 及び不可避不純物からなるアルミニウム合金の溶湯をアトマイズ法によって急冷凝固させて粉末化してアルミニウム合金粉末を得る粉末化工程と、

前記アルミニウム合金粉末を圧縮成形して圧粉体を得る圧縮成形工程と、

前記圧粉体を熱間押出しして押出材を得る押出工程と、

前記押出材を切削加工して輸送機用圧縮機部品を得る切削工程と、を含み、

前記輸送機用圧縮機部品は、該輸送機用圧縮機部品中に A l - F e 系金属間化合物を含有し、前記輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記 A l - F e 系金属間化合物の平均円相当直径が 0 . 1  $\mu\text{m}$  ~ 3 . 0  $\mu\text{m}$  の範囲であることを特徴とする輸送機用圧縮機部品の製造方法。

**【発明の効果】**

**【 0 0 1 5 】**

[ 1 ] の発明によれば、高温における機械特性（静的強度、クリープ特性等）に優れたアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品が提供される。

**【 0 0 1 6 】**

[ 2 ] の発明によれば、高温における機械特性（値）をより向上させたアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品が提供される。

**【 0 0 1 7 】**

[ 3 ] の発明によれば、高温における機械特性（値）をより一層向上させたアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品が提供される。

**【 0 0 1 8 】**

[ 4 ] 及び [ 5 ] の発明によれば、高温における機械特性（静的強度、クリープ特性等）に優れたアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品を製造することができる。従って、得られた輸送機用圧縮機部品は、自動車等の輸送機用圧縮機部品として好適に使用される。

**【 0 0 1 9 】**

更に [ 5 ] の発明では、アルミニウム合金の溶湯をアトマイズ法によって急冷凝固させ

10

20

30

40

50

て粉末化してアルミニウム合金粉末を得ているので、合金の各元素の凝固時の拡散を抑制し、結晶粒や析出物の粗大化を抑制できて、さらに平衡相や準安定相の出現を抑制でき、遷移元素であるFeの固溶量の拡大をなし得て、高温における機械特性（静的強度、クリープ特性等）により一層優れたアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品を製造することができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【0020】**

【図1】本発明に係る輸送機用圧縮機部品の一例を示す斜視図である。

**【発明を実施するための形態】**

**【0021】**

本発明に係る輸送機用圧縮機部品は、Fe : 5.0質量% ~ 9.0質量%、V : 0.1質量% ~ 3.0質量%、Mo : 0.1質量% ~ 3.0質量%、Zr : 0.1質量% ~ 2.0質量%、Ti : 0.02質量% ~ 2.0質量%を含有し、CrおよびMnからなる群より選ばれる1種または2種の金属を、それぞれ0.02質量% ~ 2.0質量%含有し、残部がA1及び不可避不純物からなるアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品であって、前記アルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品中にA1 - Fe系金属間化合物を含有し、前記アルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記A1 - Fe系金属間化合物の平均円相当直径が0.1μm ~ 3.0μmの範囲である構成である。このような構成であることにより、高温における機械特性（静的強度、クリープ特性等）に優れたアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品が提供される。

10

**【0022】**

次に、本発明に係る、輸送機用圧縮機部品の製造方法について説明する。本製造方法では、Fe : 5.0質量% ~ 9.0質量%、V : 0.1質量% ~ 3.0質量%、Mo : 0.1質量% ~ 3.0質量%、Zr : 0.1質量% ~ 2.0質量%、Ti : 0.02質量% ~ 2.0質量%を含有し、CrおよびMnからなる群より選ばれる1種または2種の金属を、それぞれ0.02質量% ~ 2.0質量%含有し、残部がA1及び不可避不純物からなるアルミニウム合金粉末を準備する。前記特定組成のアルミニウム合金粉末の製造手法は、特に限定されないが、Fe : 5.0質量% ~ 9.0質量%、V : 0.1質量% ~ 3.0質量%、Mo : 0.1質量% ~ 3.0質量%、Zr : 0.1質量% ~ 2.0質量%、Ti : 0.02質量% ~ 2.0質量%を含有し、CrおよびMnからなる群より選ばれる1種または2種の金属を、それぞれ0.02質量% ~ 2.0質量%含有し、残部がA1及び不可避不純物からなるアルミニウム合金の溶湯をアトマイズ法によって急冷凝固させて粉末化してアルミニウム合金粉末（アルミニウム合金アトマイズ粉末）を得るのが好ましい（粉末化工程）。

20

**【0023】**

前記粉末化工程では、上記特定組成のアルミニウム合金溶湯を通常の溶解法によって調製する。得られたアルミニウム合金溶湯をアトマイズ法によって粉末化する。アトマイズ法は、噴霧ノズルからの窒素ガス等のガス流によりアルミニウム合金溶湯の微小液滴をミスト化して噴霧し、微小液滴を急冷凝固させて微細なアルミニウム合金粉末を得る方法である。冷却速度は、102 ~ 105 /秒であるのが好ましい。平均粒子径が30μm ~ 70μmのアルミニウム合金粉末が得られるようにするのがよい。30μm以上であることで合金粉末作製の歩留まりを顕著に向ふ向上できると共に、70μm以下であることで粗大な酸化物や異物の混入を回避できる。得られたアルミニウム合金粉末は、篩を用いて分級するのが好ましい。

30

**【0024】**

次に、前記粉末化工程で得られたアルミニウム合金粉末を圧縮成形して圧粉体を得る（圧縮成形工程）。一例を挙げると、250 ~ 300に加熱したアルミニウム合金粉末を、230 ~ 270に加熱された金型内に充填し、所定形状に圧縮成形して圧粉体を得る。前記圧縮成形の圧力は、特に限定されないが、通常は、0.5トン/cm<sup>2</sup> ~ 3.0トン/cm<sup>2</sup>に設定するのが好ましい。また、相対密度が60% ~ 90%の圧粉体にす

40

50

るのが好ましい。前記圧粉体の形状は、特に限定されないが、次の押出工程を考慮して、円柱形状または円盤状とするのが好ましい。

#### 【0025】

次いで、前記圧縮成形工程で得られた圧粉体を熱間押出しして押出材を得る（押出工程）。前記圧粉体には、必要に応じて面削等の機械加工を施してから、脱ガス処理を施し、加熱して押出工程に供する。押出前の圧粉体の加熱温度は、300～450にするのが好ましい。押出に際しては、例えば、圧粉体を押出コンテナ内に挿入して押出ラムにより加圧力を加え、押出ダイスから例えば丸棒形状に押出す。この時、前記押出コンテナを予め300～400に加熱しておくのが望ましい。このように熱間で押し出すことによって圧粉体の塑性変形が進行し、アルミニウム合金粉末（粒子）同士が結合して一体化した押出体が得られる。前記押出の際に、押出圧力は10 MPa～25 MPaに設定するのが好ましい。

10

#### 【0026】

次いで、前記押出工程で得られた押出材を切削加工して輸送機用圧縮機部品を得る（切削工程）。例えば、前記押出材を旋盤加工を経て、5軸加工機等にてボールエンドミル等の刃物を用いて切削加工して所定形状の輸送機用圧縮機部品を得る（図1参照）。

#### 【0027】

前記切削工程で得られた輸送機用圧縮機部品は、該輸送機用圧縮機部品中にAl-Fe系金属間化合物を含有し、前記輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記Al-Fe系金属間化合物の平均円相当直径が0.1 μm～3.0 μmの範囲にある構成である。こうして本発明の輸送機用圧縮機部品1を得ることができる（図1参照）。

20

#### 【0028】

即ち、上述した本発明に係る、輸送機用圧縮機部品の製造方法によって得られた輸送機用圧縮機部品1は、Fe：5.0質量%～9.0質量%、V：0.1質量%～3.0質量%、Mo：0.1質量%～3.0質量%、Zr：0.1質量%～2.0質量%、Ti：0.02質量%～2.0質量%を含有し、CrおよびMnからなる群より選ばれる1種または2種の金属を、それぞれ0.02質量%～2.0質量%含有し、残部がAl及び不可避不純物からなるアルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品であって、前記アルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品中にAl-Fe系金属間化合物を含有し、前記アルミニウム合金製輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記Al-Fe系金属間化合物の平均円相当直径が0.1 μm～3.0 μmの範囲である構成である。

30

#### 【0029】

なお、本発明に係る輸送機用圧縮機部品1は、上記製造方法で得られた輸送機用圧縮機部品に限定されるものではなく、他の製造方法で得られたものも包含する。

#### 【0030】

次に、上述した本発明に係る輸送機用圧縮機部品および輸送機用圧縮機部品の製造方法における「アルミニウム合金」の組成について以下詳述する。前記アルミニウム合金は、Fe：5.0質量%～9.0質量%、V：0.1質量%～3.0質量%、Mo：0.1質量%～3.0質量%、Zr：0.1質量%～2.0質量%、Ti：0.02質量%～2.0質量%を含有し、CrおよびMnからなる群より選ばれる1種または2種の金属を、それぞれ0.02質量%～2.0質量%含有し、残部がAl及び不可避不純物からなるアルミニウム合金である。

40

#### 【0031】

前記Fe（成分）は、高い融点を有するAl-Fe系金属間化合物を生成し、例えば200～350の高い温度域での機械特性（静的強度、クリープ特性等）を向上できる元素である。前記アルミニウム合金におけるFe含有率は、5.0質量%～9.0質量%の範囲とする。Fe含有率が5.0質量%未満になると、輸送機用圧縮機部品の強度の低下をもたらし、Fe含有率が9.0質量%を超えると、輸送機用圧縮機部品の延性が低下して、高温での機械特性（静的強度、クリープ特性等）に優れた輸送機用圧縮機部品を得ることができない。中でも、前記アルミニウム合金におけるFe含有率は、7.0質量%

50

~ 8 . 0 質量 % の範囲であるのが好ましい。

#### 【 0 0 3 2 】

前記 V (成分) は、 A l - F e - V - M o 系金属間化合物を生成し、例えば 2 0 0 ~ 3 5 0 の高い温度域での機械特性(静的強度、クリープ特性等)を向上できる元素である。前記アルミニウム合金における V 含有率は、 0 . 1 質量 % ~ 3 . 0 質量 % の範囲とする。V 含有率が 0 . 1 質量 % 未満になると、輸送機用圧縮機部品の強度の低下をもたらし、V 含有率が 3 . 0 質量 % を超えると、輸送機用圧縮機部品の延性が低下して、高温での機械特性(静的強度、クリープ特性等)に優れた輸送機用圧縮機部品を得ることができない。中でも、前記アルミニウム合金における V 含有率は、 1 . 0 質量 % ~ 2 . 0 質量 % の範囲であるのが好ましい。

10

#### 【 0 0 3 3 】

前記 M o (成分) は、 A l - F e - V - M o 系金属間化合物を生成し、例えば 2 0 0 ~ 3 5 0 の高い温度域での機械特性(静的強度、クリープ特性等)を向上できる元素である。前記アルミニウム合金における M o 含有率は、 0 . 1 質量 % ~ 3 . 0 質量 % の範囲とする。M o 含有率が 0 . 1 質量 % 未満になると、輸送機用圧縮機部品の強度の低下をもたらし、M o 含有率が 3 . 0 質量 % を超えると、輸送機用圧縮機部品の延性が低下して、高温での機械特性(静的強度、クリープ特性等)に優れた輸送機用圧縮機部品を得ることができない。中でも、前記アルミニウム合金における M o 含有率は、 1 . 0 質量 % ~ 2 . 0 質量 % の範囲であるのが好ましい。

20

#### 【 0 0 3 4 】

前記 Z r (成分) は、 A l - F e - V - M o 系金属間化合物の粗大化を生じず、金属間化合物の微細晶出を実現できる元素である。また、前記 Z r を含有していることで、高温強度を向上させることができるし、A l マトリックス中での A l の自己拡散を抑制できクリープ特性を向上させることができる効果も得られる。前記アルミニウム合金における Z r 含有率は、 0 . 1 質量 % ~ 2 . 0 質量 % の範囲とする。Z r 含有率が 0 . 1 質量 % 未満になると、析出強化及び分散強化の効果を発揮できないという問題を生じる。また Z r 含有率が 2 . 0 質量 % を超えると、Z r を含む粗大な金属間化合物が発生するので(後述の比較例 9 参照)、良好な機械的特性を得ることができない。中でも、前記アルミニウム合金における Z r 含有率は、 0 . 5 質量 % ~ 1 . 5 質量 % の範囲であるのが好ましい。

30

#### 【 0 0 3 5 】

前記 T i (成分) は、前記 Z r との協働により、 A l との間で、 L 1 2 構造の A l - (T i , Z r ) 系金属間化合物を形成する役割を有する。また、前記 T i は、 A l マトリックス中での拡散係数が小さいので、クリープ特性を向上させることができる効果も得られる。前記アルミニウム合金における T i 含有率は、 0 . 0 2 質量 % ~ 2 . 0 質量 % の範囲とする。T i 含有率が 0 . 0 2 質量 % 未満になると、析出強化及び分散強化の効果を発揮できないという問題を生じる。また T i 含有率が 2 . 0 質量 % を超えると、輸送機用圧縮機部品の延性が低下して、高温での機械特性(静的強度、クリープ特性等)に優れた輸送機用圧縮機部品を得ることができない。中でも、前記アルミニウム合金における T i 含有率は、 0 . 5 質量 % ~ 1 . 0 質量 % の範囲であるのが好ましい。

40

#### 【 0 0 3 6 】

本発明において、前記アルミニウム合金は、さらに、 C r および M n からなる群より選ばれる 1 種または 2 種の金属を含有する。即ち、前記アルミニウム合金は、さらに C r : 0 . 0 2 質量 % ~ 2 . 0 質量 % を含有する組成であってもよいし、或いはさらに M n : 0 . 0 2 質量 % ~ 2 . 0 質量 % を含有する組成であってもよいし、或いはまたさらに C r : 0 . 0 2 質量 % ~ 2 . 0 質量 % および M n : 0 . 0 2 質量 % ~ 2 . 0 質量 % を含有する組成であってもよい。C r (成分) および M n (成分) は、 A l 母相中に固溶して固溶強化として効果を発揮する。ただし、押出加工温度が 5 0 0 以上になると、析出が進行して高温での機械的特性を低下させやすいので、押出加工温度は 5 0 0 未満に設定するのが望ましい。また C r 又は / 及び M n の分散粒子は、再結晶後の粒界移動を抑制する効果があるので、例えば鍛造工程中におけるパーティングライン組織の S T 方向の平均結晶粒径

50

の粗大化を抑制できて、本発明のアルミニウム合金押出材、鍛造材の全体にわたって微細な結晶粒、亜結晶粒を得ることができて、機械的特性をより向上させることができる。

#### 【0037】

また、Zrと、Cr又はV及びMnと、をそれぞれ上記含有率で含有することで、Al母相中に固溶して0.2%耐力を増大させることができる。

#### 【0038】

Crを0.02質量%以上含有せしめることで、Al母相中にCrを固溶させることができて機械的特性（特に高温での疲労強度）を向上させることができ、また耐摩耗性を高め、Al母相中にCrが固溶して耐食性を向上させることができると共に、焼戻し軟化抵抗を高めるので、Crを含有せしめることで焼入れ性を向上させて熱処理硬さを向上させることができる。また、Crの含有率を2.0質量%以下とすることで、Al母相中にCrを固溶させることができ、更にCrを含む粗大な金属間化合物を生成し、機械的特性の低下を防止できると共に、熱伝導率の低下を回避できるし、摺動による接触面の昇温を防止させて耐スカッティング性を向上できる。中でも、Crを含有させる場合、Cr含有率を0.05質量%～1.5質量%に設定するのがより好ましい。

10

#### 【0039】

また、Mnを0.02質量%以上含有せしめることで、Al母相中にMnを固溶させることができて機械的特性（特に高温での疲労強度）を向上させることができるという効果が得られる。また、Mnの含有率を2.0質量%以下とすることで、Al母相中にMnを固溶させることができ、更にMnを含む粗大な金属間化合物を生成し、機械的特性の低下を防止できる。中でも、Mnを含有させる場合、Mn含有率を0.05質量%～1.5質量%に設定するのがより好ましい。

20

#### 【0040】

本発明において、前記アルミニウム合金は、さらに、B（ホウ素）を0.0001質量%～0.03質量%含む構成（組成）としてもよい。Bを上記特定比率で含有せしめた組成とすることにより、結晶粒を微細化し、機械特性を向上できる。

#### 【0041】

本発明では、前記輸送機用圧縮機部品中にAl-Fe系金属間化合物を含有し、前記輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記Al-Fe系金属間化合物の平均円相当直径が0.1μm～3.0μmの範囲である。前記金属間化合物の平均円相当直径が0.1μm未満になると、分散強化の効果を発揮できない。また、前記金属間化合物の平均円相当直径が3.0μmを超えると、粗大な金属間化合物となり、それを起点として破断するため機械的特性が低下するという問題を生じる。中でも、前記輸送機用圧縮機部品の断面組織構造において前記Al-Fe系金属間化合物の平均円相当直径が0.3μm～2.0μmの範囲であるのが好ましく、さらに0.4μm～1.5μmの範囲であるのが特に好ましい。

30

#### 【0042】

前記Al-Fe系金属間化合物としては、特に限定されるものではないが、例えば、Al、Fe、V及びMoを少なくとも含有してなるAl-Fe-V-Mo系金属間化合物などが挙げられる。前記Al-Fe-V-Mo系金属間化合物における、Alの含有率は81.60質量%～92.37質量%、Feの含有率は2.58質量%～10.05質量%、Vの含有率は1.44質量%～4.39質量%、Moの含有率は2.45質量%～3.62質量%である構成が好ましく、この場合には200以上的高温域で良好な機械的特性を得ることができる。

40

#### 【0043】

なお、前記Al-Fe系金属間化合物の円相当直径とは、前記輸送機用圧縮機部品1の断面のSEM写真（画像）におけるAl-Fe系金属間化合物の面積と同じ面積を有する円の直径として換算した値である。

#### 【実施例】

#### 【0044】

50

次に、本発明の具体的実施例について説明するが、本発明はこれら実施例のものに特に限定されるものではない。

#### 【0045】

##### <実施例1>

$\text{Fe} : 8.0\text{質量\%}$ 、 $\text{V} : 2.0\text{質量\%}$ 、 $\text{Mo} : 2.0\text{質量\%}$ 、 $\text{Zr} : 1.0\text{質量\%}$ 、 $\text{Ti} : 1.0\text{質量\%}$ 、 $\text{Cr} : 0.1\text{質量\%}$ 、 $\text{Al} : 85.9\text{質量\%}$ を含有し、不可避不純物を含有するアルミニウム合金を加熱して、1000のアルミニウム合金溶湯を得た後、該アルミニウム合金溶湯をガスにてアトマイズして急冷凝固させて粉末化して、平均粒子径が $50\mu\text{m}$ のアルミニウム合金粉末（アルミニウム合金アトマイズ粉末）を得た（粉末化工程）。

10

#### 【0046】

次に、得られたアルミニウム合金粉末を280の温度に予熱し、この予熱したアルミニウム合金粉末を、同じ280に加熱保持した金型内に充填し、1.5トン/ $\text{cm}^2$ の圧力で圧縮成形して、直径210mm、長さ250mmの円柱形状の圧粉体（成形体）を得た。次に、得られた圧粉体を旋盤にて直径203mmまで面削して、圧粉体のビレットを得た（圧縮成形工程）。

#### 【0047】

次に、得られたビレットを400に加熱し、この加熱ビレットを、400に加熱保持された内径210mmの押出コンテナ中に挿入し、内径83mmのダイスで間接押出法により押出比6.4で押出して押出材を得た（押出工程）。

20

#### 【0048】

次に、得られた押出材を旋盤加工を経て、5軸加工機にてボールエンドミル（刃物）を用いて切削加工することによって、図1に示す輸送機用圧縮機部品1を得た（切削工程）。

#### 【0049】

##### <実施例2>

アルミニウム合金溶湯を形成するためのアルミニウム合金として、 $\text{Fe} : 8.0\text{質量\%}$ 、 $\text{V} : 2.0\text{質量\%}$ 、 $\text{Mo} : 2.0\text{質量\%}$ 、 $\text{Zr} : 1.0\text{質量\%}$ 、 $\text{Ti} : 1.0\text{質量\%}$ 、 $\text{Cr} : 0.5\text{質量\%}$ 、 $\text{Al} : 85.5\text{質量\%}$ を含有し、不可避不純物を含有するアルミニウム合金を用いた以外は、実施例1と同様にして、輸送機用圧縮機部品1を得た。

30

#### 【0050】

##### <実施例3～8>

アルミニウム合金溶湯を形成するためのアルミニウム合金として、表1に示す合金組成（不可避不純物を含有する）のアルミニウム合金を用いた以外は、実施例1と同様にして、輸送機用圧縮機部品1を得た。

#### 【0051】

##### <実施例9～16>

アルミニウム合金溶湯を形成するためのアルミニウム合金として、表2に示す合金組成（不可避不純物を含有する）のアルミニウム合金を用いた以外は、実施例1と同様にして、輸送機用圧縮機部品1を得た。

#### 【0052】

##### <実施例17、18、比較例1～6>

アルミニウム合金溶湯を形成するためのアルミニウム合金として、表3に示す合金組成（不可避不純物を含有する）のアルミニウム合金を用いた以外は、実施例1と同様にして、輸送機用圧縮機部品を得た。

40

#### 【0053】

##### <比較例7～14>

アルミニウム合金溶湯を形成するためのアルミニウム合金として、表4に示す合金組成（不可避不純物を含有する）のアルミニウム合金を用いた以外は、実施例1と同様にして、輸送機用圧縮機部品を得た。

#### 【0054】

50

【表 1】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8
合 金 組 成	Fe(質量%)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	V(質量%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Mo(質量%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Zr(質量%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Ti(質量%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Cr(質量%)	0.1	0.5	1.0	—	—	—	—
	Mn(質量%)	—	—	—	0.1	0.5	1.0	0.5
	Si(質量%)	—	—	—	—	—	—	—
	Cu(質量%)	—	—	—	—	—	—	—
	Mg(質量%)	—	—	—	—	—	—	—
Al(質量%)	85.9	85.5	85.0	85.9	85.5	85.0	85.0	84.7
金属間化合物の平均円相当直徑(μm)	0.60	0.65	0.69	0.65	0.67	0.71	0.69	0.71
評 価	高温(260°C)での引張強度(MPa)	394／＼◎	393／＼◎	397／＼◎	351／＼○	391／＼○	396／＼○	397／＼◎
	高温(260°C)での疲労強度(MPa)	222／＼○	223／＼○	241／＼○	224／＼○	224／＼○	235／＼○	232／＼○
	高温(260°C)でのクリープ強度(MPa)	237／＼◎	235／＼◎	243／＼○	234／＼○	233／＼○	239／＼○	238／＼○
総合評価	○	○	○	○	○	○	○	○

【0055】

【表2】

	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	実施例13	実施例14	実施例15	実施例16
合 金 組 成	Fe(質量%)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	V(質量%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Mo(質量%)	2.0	2.0	2.0	2.0	0.5	1.5	1.5
	Zr(質量%)	1.0	1.0	0.5	1.5	1.0	1.0	2.0
	Ti(質量%)	0.1	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Cr(質量%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Mn(質量%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Si(質量%)	—	—	—	—	—	—	—
	Cu(質量%)	—	—	—	—	—	—	—
	Mg(質量%)	—	—	—	—	—	—	—
	Al(質量%)	85.9	84.5	85.5	84.5	86.5	85.5	85.5
	金属間化合物の平均円相当直径(μm)	0.57	0.77	0.73	0.74	0.67	0.70	0.67
評 価	高温(260°C)での引張強度(MPa)	374／＼◎	458／＼◎	399／＼◎	430／＼◎	372／＼◎	417／＼◎	371／＼◎
	高温(260°C)での疲労強度(MPa)	223／＼○	245／＼○	233／＼○	245／＼○	221／＼○	232／＼○	222／＼○
	高温(260°C)でのクリープチャーフィード強度(MPa)	219／＼○	258／＼○	237／＼○	253／＼○	224／＼○	230／＼○	215／＼○
総合評価		○	○	○	○	○	○	○

【0056】

【表3】

	実施例17	実施例18	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5	比較例6
合 金 組 成	Fe(質量%)	6.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	V(質量%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—
	Mo(質量%)	2.0	2.0	—	2.0	2.0	—	—
	Zr(質量%)	1.0	1.0	1.0	1.0	—	1.0	1.0
	Ti(質量%)	1.0	1.0	—	1.0	—	1.0	1.0
	Cr(質量%)	0.5	0.5	—	—	0.5	0.5	0.5
	Mn(質量%)	0.5	0.5	—	—	0.5	0.5	0.5
	Si(質量%)	—	—	2.0	—	—	—	—
	Cu(質量%)	—	—	0.13	—	—	—	—
	Mg(質量%)	—	—	0.13	—	—	—	—
Al(質量%)								
金属間化合物の平均円相当直径(μm)								
評 価	高温(260°C)での引張強度(MPa)	361／＼◎	388／＼◎	270／＼×	399／＼◎	349／＼△	365／＼◎	353／＼○
	高温(260°C)での疲労強度(MPa)	222／＼○	227／＼○	167／＼×	218／＼△	205／＼×	194／＼×	193／＼×
	高温(260°C)でのクリープチャーフ強度(MPa)	213／＼○	235／＼○	172／＼×	233／＼◎	213／＼○	199／＼×	198／＼×
総合評価								
	○	◎	×	△	×	×	×	×

【0057】

【表4】

	比較例7	比較例8	比較例9	比較例10	比較例11	比較例12	比較例13	比較例14
Fe(質量%)	3.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0
V(質量%)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	1.0
Mo(質量%)	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	4.0	1.0	2.0
Zr(質量%)	1.0	1.0	1.0	1.0	2.5	1.0	1.0	1.0
Ti(質量%)	1.0	1.0	1.0	3.5	1.0	1.0	1.0	1.0
Cr(質量%)	0.5	0.5	4.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Mn(質量%)	0.5	4.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Si(質量%)	—	—	—	—	—	—	—	—
Cu(質量%)	—	—	—	—	—	—	—	—
Mg(質量%)	—	—	—	—	—	—	—	—
Al(質量%)	90.0	81.5	81.5	82.5	83.5	83.0	84.0	84.0
金属間化合物の平均円相当直径(μm)	0.54	3.29	3.45	3.41	3.24	3.30	3.32	4.62
評価	高温(260°C)での引張強度(MPa)	283/×	310/×	321/×	306/×	325/×	318/×	315/×
	高温(260°C)での疲労強度(MPa)	168/×	187/×	186/×	180/×	182/×	183/×	189/×
	高温(260°C)でのクリープ強度(MPa)	122/×	194/×	195/×	193/×	195/×	197/×	195/×
	総合評価	×	×	×	×	×	×	×

## 【0058】

上記のようにして得られた各輸送機用圧縮機部品(切削加工品)について下記評価法に基づいて評価を行った。その結果を表1~4に示す。なお、表1~4中の各元素欄において「-」の表記は、検出限界(0.005質量%)未満の数値であること(即ち当該元素が検出されなかつたこと)を示している。

## 【0059】

また、表1~4中の「金属間化合物の平均円相当直径(μm)」は、各輸送機用圧縮機部品のマトリックス中に存在するAl-Fe-V-Mo系金属間化合物(Al、Fe、V及びMoを少なくとも含有してなる金属間化合物)の平均円相当直径(μm)である。こ

の「金属間化合物の平均円相当直径(  $\mu\text{m}$  )」は、得られた輸送機用圧縮機部品の中心にある本体部( 軸部 )から縦  $10\text{ mm} \times$  横  $10\text{ mm} \times$  厚さ  $10\text{ mm}$  の大きさの組織観察用サンプル片を切り出し、このサンプル片を断面試料作製装置( Cross section polisher )を用いてミクロ研磨し、このミクロ研磨後のサンプル片の SEM 写真( 走査電子顕微鏡写真 )を撮影し、この写真画像から金属間化合物の平均円相当直径(  $\mu\text{m}$  )を求めた( 評価した )。前記 SEM 写真における視野  $1.5815\text{ mm}^2$  の範囲に存在する 10 個の Al - Fe - V - Mo 系金属間化合物についての平均円相当直径を求めた。

#### 【 0060 】

##### < 高温での引張強度評価法 >

得られた輸送機用圧縮機部品を、標点間距離  $20\text{ mm}$  、平行部直径  $4\text{ mm}$  の引張試験片に加工して、該引張試験片の高温引張試験を行うことによって高温引張強度( 260 での引張強度 )を測定した。前記高温引張試験は、高温引張試験片を 260 に 100 時間保持した後に 260 の測定環境下で試験を行った。下記判定基準に基づいて評価した。

##### ( 判定基準 )

- 「 」 ... 260 での引張強度が  $356\text{ MPa}$  以上
- 「 」 ... 260 での引張強度が  $351\text{ MPa}$  以上  $355\text{ MPa}$  以下
- 「 」 ... 260 での引張強度が  $346\text{ MPa}$  以上  $350\text{ MPa}$  以下
- 「 × 」 ... 260 での引張強度が  $345\text{ MPa}$  以下である。

#### 【 0061 】

##### < 高温での疲労試験法 >

得られた輸送機用圧縮機部品を、標点間距離  $30\text{ mm}$  、平行部直径  $8\text{ mm}$  の疲労試験片に加工して、該疲労試験片の高温疲労試験を行うことによって高温疲労強度( 260 での疲労強度 )を測定した。前記高温疲労試験は、疲労試験片を 260 に 100 時間保持した後に 260 の測定環境下で繰返し速度  $3600\text{ rpm}$  の条件で 500000 回試験を行った。下記判定基準に基づいて評価した。

##### ( 判定基準 )

- 「 」 ... 260 での疲労強度が  $226\text{ MPa}$  以上
- 「 」 ... 260 での疲労強度が  $221\text{ MPa}$  以上  $225\text{ MPa}$  以下
- 「 」 ... 260 での疲労強度が  $216\text{ MPa}$  以上  $220\text{ MPa}$  以下
- 「 × 」 ... 260 での疲労強度が  $215\text{ MPa}$  以下である。

#### 【 0062 】

##### < 高温でのクリープ試験法 >

得られた輸送機用圧縮機部品を、標点間距離  $30\text{ mm}$  、平行部直径  $6\text{ mm}$  のクリープ試験片に加工して、該クリープ試験片の高温クリープ試験を行うことによって高温クリープ特性( 260 でのクリープ特性 )を測定した。前記高温クリープ試験は、クリープ試験片を 260 に 100 時間保持した後に 260 の測定環境下で試験を行った。温度 : 260 、破断時間 300 時間の条件下でのクリープラブチャーチ強度を算出し、下記判定基準に基づいて評価した。

##### ( 判定基準 )

- 「 」 ... 260 でのクリープラブチャーチ強度が  $216\text{ MPa}$  以上
- 「 」 ... 260 でのクリープラブチャーチ強度が  $211\text{ MPa}$  以上  $215\text{ MPa}$  以下
- 「 」 ... 260 でのクリープラブチャーチ強度が  $206\text{ MPa}$  以上  $210\text{ MPa}$  以下
- 「 × 」 ... 260 でのクリープラブチャーチ強度が  $205\text{ MPa}$  以下である。

#### 【 0063 】

表から明らかなように、本発明に係る実施例 1 ~ 18 の輸送機用圧縮機部品は、高温( 260 )において各種の機械特性に優れていた。

#### 【 0064 】

これに対し、本発明の規定範囲を逸脱する比較例 1 ~ 14 の輸送機用圧縮機部品では、高温( 260 )での機械特性に劣っていた。

#### 【 産業上の利用可能性 】

10

20

30

40

50

**【 0 0 6 5 】**

本発明に係る輸送機用圧縮機部品、本発明の製造方法で得られた輸送機用圧縮機部品は、高温における機械特性に優れているので、自動車等の輸送機用圧縮機部品として好適に使用される。

**【 符号の説明 】****【 0 0 6 6 】**

1 ... 輸送機用圧縮機部品

10

20

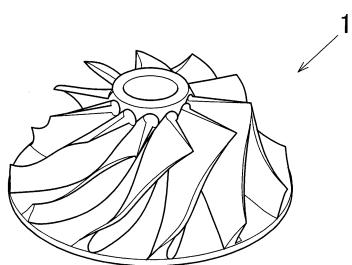
30

40

50

【図面】

【図1】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

## (51)国際特許分類

F 02B 39/00 (2006.01)

F I

F 02B 39/00

U

F 02B 39/00

Q

愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社豊田自動織機内

(72)発明者 杉山 知平

愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社豊田自動織機内

(72)発明者 安藤 恒平

愛知県刈谷市豊田町 2 丁目 1 番地 株式会社豊田自動織機内

(72)発明者 荒山 卓也

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

審査官 川村 裕二

(56)参考文献 特開平09-249930 (JP, A)

特開2000-161071 (JP, A)

特開平10-008162 (JP, A)

特公昭63-010221 (JP, B2)

特開2019-183191 (JP, A)

特開2019-065359 (JP, A)

特開2019-065358 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C 22 C 21/00 - 21/18

C 22 F 1/00 - 1/18

B 22 F 3/20

B 22 F 9/08

F 02 B 39/00