

(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
2018年10月4日(04.10.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/181107 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 1/04 (2006.01) *B22F 3/10* (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01) *C22C 21/06* (2006.01)
B22F 3/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/011997
- (22) 国際出願日: 2018年3月26日(26.03.2018)
- (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 2017-065456 2017年3月29日(29.03.2017) JP
- (71) 出願人: N T N株式会社(NTN CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀
1丁目3番17号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 安田 健(YASUDA Ken); 〒5110867 三重
県桑名市陽だまりの丘5丁目105番 N T
N株式会社内 Mie (JP). 大平 晃也(OOHIRA
Kouya); 〒5110867 三重県桑名市陽だまりの丘
5丁目105番 N T N株式会社内 Mie (JP).
- (74) 代理人: 城村 邦彦, 外(SHIROMURA Kunihiro
et al.); 〒5410059 大阪府大阪市中央区博労町4
丁目2番15号 江原特許事務所 Osaka (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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) **Title:** SINTERED ALUMINUM ALLOY MATERIAL AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: 焼結アルミニウム合金材およびその製造方法

(57) **Abstract:** This sintered aluminum alloy material is obtained by compression molding a starting material powder, which contains a pure aluminum powder and an aluminum alloy powder that contains 1-30% by weight of magnesium, into a powder compact and subsequently sintering the powder compact. The proportions of the pure aluminum powder and the aluminum alloy powder in the starting material powder are set to 70-95% by weight and 5-30% by weight, respectively.

(57) 要約: 本発明に係る焼結アルミニウム合金材は、マグネシウムを1～30重量%含むアルミニウム合金粉末と、純アルミニウム粉末とを含有する原料粉末を圧縮成形して圧粉体を成形し、この圧粉体を焼結することで得られる焼結アルミニウム合金材であって、原料粉末に占める純アルミニウム粉末の割合が70～95重量%、アルミニウム合金粉末の割合が5～30重量%にそれぞれ設定されている。



WO 2018/181107 A1

明 細 書

発明の名称：焼結アルミニウム合金材およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、焼結アルミニウム合金材及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、自動車、産業機械、情報機器、日用品等の様々な分野において、省エネルギー化が期待される中で、軽量でかつ高強度の軽量金属材料が要求されている。代表的な軽量金属材料としてアルミニウム、マグネシウムがある。アルミニウム、マグネシウムは他の金属と合金化することによって、強度、じん性、耐食性、加工性等の性質を改善して、上述した用途を中心に使用されている。特にアルミニウム合金は成形性の良さから機械部品に好適に使用される。このアルミニウム合金は、ほとんどが展伸、鑄造によって製造されるが、ガスアトマイズ法により得られた急冷凝固粉末を固化する粉末冶金法によっても量産化されている。

[0003] 粉末冶金法には、熱間押出し法、粉末鍛造法、焼結法があり、この中でも焼結法は、低コストでネットシェイプ化あるいはニアネットシェイプ化できる利点がある。よって、機械部品の量産化に適している。

[0004] しかし、焼結法では、圧粉体を成形する際にアルミニウム合金粉末が金型と凝着し易いこと、及び、アルミニウム合金粉末の表面に生成される酸化被膜が焼結時のネッキング結合を阻害することが課題として挙げられる。前者の対策として、例えば特許文献1に記載の手段が提案されている。特許文献1では、圧粉体を成形する際、金型潤滑と共に温間成形を用いている。これにより、粉末の金型への凝着を防ぎつつ、高密度の圧粉体を成形可能としている。後者の対策としては、例えば特許文献2に記載の手段が提案されている。特許文献2では、マグネシウムを含有するアルミニウム合金粉末の圧粉体を、還元性ガス成分を添加した窒素雰囲気下で熱処理することにより、粉末表面に窒素化合物を生成させている。この窒素化合物により焼結が促進さ

れる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第3945455号公報

特許文献2：特開平6-57363号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：近藤勝義、木村淳、武田義信：粉体および粉末冶金、第46巻、第8号（1999）、801-810

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献1に記載の技術は温間成形を用いることから、冷間成形に比べて経済性に劣る。また、特許文献2に記載の技術は、圧粉体の密度を高めるため、粉末を予め250～450℃で焼鈍することで粉末硬度を下げている。しかしながら、マグネシウムを含むアルミニウム合金粉末を焼鈍しても、純アルミニウム粉末より粉末硬度を下げることはできない。そのため、圧粉体の緻密化には不十分である。また、還元性ガスの導入には特殊な雰囲気管理が必要となり、その分コスト高につながることから、量産性の面で問題がある。

[0008] 以上の実情に鑑み、本発明では、緻密な圧粉体を成形して、高強度の焼結アルミニウム合金材を低コストに製造可能とすることを解決すべき技術課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 前記課題の解決は、本発明に係る焼結アルミニウム合金材によって達成される。すなわち、この焼結材は、マグネシウムを1～30重量%含むアルミニウム合金粉末と、純アルミニウム粉末とを含有する原料粉末を圧縮成形して圧粉体を成形し、この圧粉体を焼結することで得られる焼結アルミニウム合金材であって、原料粉末に占める純アルミニウム粉末の割合が70～95

重量%、アルミニウム合金粉末の割合が5～30重量%にそれぞれ設定されている点をもって特徴付けられる。

[0010] 本発明者らは、鋭意検討の結果、圧粉体に含まれるマグネシウムが、焼結工程で焼結アルミニウム合金材の内部に拡散し、表層部において高濃度化することを見出した。非特許文献1によれば、マグネシウムは、アルミニウムより酸化物の生成自由エネルギーが小さく、マグネシウムの酸化被膜を形成する。この点を考慮すると、本発明に係る組成の圧粉体においては、焼結の進行に伴い、圧粉体の表層部でアルミニウムの酸化被膜が還元され、これにより強固なネッキング結合が生じ、結果として高強度の焼結体を得られるものと推察される。本発明は、以上の知見に基づきなされたもので、マグネシウムを1～30重量%含むアルミニウム合金粉末と、純アルミニウム粉末とを含有する原料粉末を圧縮成形し、焼結することにした。これにより、強固なネッキング結合を生成して、高強度の焼結体を得ることができる。また、純マグネシウム粉末を含有可能とすることで、たとえ冷間成形であっても高密度に圧粉体を成形することができる。純アルミニウム粉末を原料粉末の大部分として含有させることによって、原料粉末としての硬度を大幅に下げることができるためである。また、この焼結体（焼結アルミニウム合金材）は、温間成形や還元性ガスの導入などコストアップにつながる処理を施すことなく製造することができるので、製造コストの低減化を図ることができ、これにより量産化が可能となる。なお、原料粉末に占める純アルミニウム粉末の割合を70～95重量%、アルミニウム合金粉末の割合を5～30重量%にそれぞれ設定しているのは、例えば純アルミニウム粉末の占める割合が70重量%より小さいと、熱処理時（焼結時）に圧粉体に変形し、場合によってはクラックを生じるおそれが高まるためである。また、上記組成のアルミニウム合金粉末が一定量（少なくとも5重量%）ないと上述した還元現象を安定的に発生させることが難しくなるためである。

[0011] また、本発明に係る焼結アルミニウム合金材においては、表面から深さ0.3mm以内の領域におけるマグネシウム濃度が、表面から深さ0.3mm

より深い領域におけるマグネシウム濃度より高くてもよい。

[0012] このように、焼結アルミニウム合金材の表層部（表面から深さ0.3 mm 以内の領域）において、マグネシウムの高濃度化が生じることで、アルミニウムの酸化被膜が十分に還元される。従って、より強固なネッキング結合を生成して、焼結体のさらなる高強度を図ることが可能となる。

[0013] また、本発明に係る焼結アルミニウム合金材においては、相対密度が重量比で90%以上であってもよい。なお、ここでいう相対密度とは、JIS Z 2501：2000に準拠のアルキメデス法に則って測定される焼結アルミニウム合金材の密度を、焼結アルミニウム合金材の原料粉末の真密度で割ることにより得られる値を指すものとする。

[0014] 本発明に係る焼結アルミニウム合金材によれば、純アルミニウム粉末を含有させることによって、アルミニウム合金粉末を含有しつつも非常に緻密な圧粉体を形成することができる。よって、焼結アルミニウム合金材の相対密度を重量比で90%以上とすることにより、焼結体のベースとなる圧粉体自体の機械的強度を確保することができる。従って、焼結体の高強度化を十分かつ安定的に発現させることが可能となる。

[0015] また、本発明に係る焼結アルミニウム合金材においては、圧環強さが120 MPa以上であってもよい。なお、ここでいう圧環強さとは、JIS Z 2507「焼結軸受—圧環強さ試験方法」により評価される圧環強さを指すものとする。

[0016] 本発明に係る焼結アルミニウム合金材によれば、強固なネッキング結合により非常に高強度の焼結体を得ることができる。よって、圧環強さを120 MPa以上とすることにより、機械部品として要求されるレベルの機械的強度を発揮することが可能となる。

[0017] また、前記課題の解決は、本発明に係る焼結アルミニウム合金材の製造方法によっても達成される。すなわち、この製造方法は、マグネシウムを1～30重量%含むアルミニウム合金粉末と、純アルミニウム粉末とを混合してアルミニウム合金粉末と純アルミニウム粉末とを含有する原料粉末を作製す

る混合工程と、原料粉末を圧縮成形して圧粉体を成形する圧粉成形工程と、圧粉体を焼結することで焼結体を得る焼結工程とを備えた焼結アルミニウム合金材の製造方法であって、混合工程において、原料粉末に占める純アルミニウム粉末の割合が70～95重量%、アルミニウム合金粉末の割合が5～30重量%となるように、アルミニウム合金粉末と純アルミニウム粉末とを混合する点をもって特徴付けられる。

[0018] このように、マグネシウムを1～30重量%含むアルミニウム合金粉末と、純アルミニウム粉末とを含有する原料粉末を圧縮成形し、焼結することによって、本発明に係る焼結アルミニウム合金材と同様、強固なネッキング結合を生成して、高強度の焼結体を得ることができる。また、純マグネシウム粉末を含有可能とすることで、たとえ冷間成形であっても高密度に圧粉体を成形することができる。また、この焼結体（焼結アルミニウム合金材）は、温間成形や還元性ガスの導入などコストアップにつながる処理を施すことなく製造することができるので、製造コストの低減化を図ることができ、これにより量産化が可能となる。

[0019] また、本発明に係る焼結アルミニウム合金材の製造方法においては、圧粉成形工程において、冷間成形により原料粉末から圧粉体を成形してもよい。

[0020] 本発明に係る焼結アルミニウム合金材によれば、純アルミニウム粉末を含有させることによって、アルミニウム合金粉末を含有しつつも非常に緻密な圧粉体を形成することができる。よって、冷間成形により原料粉末から圧粉体を成形した場合であっても、非常に緻密な圧粉体を安定的に成形することができる。

[0021] また、本発明に係る焼結アルミニウム合金材の製造方法においては、焼結工程において、最高温度560～640℃で圧粉体を焼結してもよい。

[0022] このように焼結工程において加熱する際、その最高温度を560～640℃の範囲に設定することによって、詳細は後述する実験結果に示すが、変形を生じることなく、かつ十分に焼結（ネッキング結合）を促進して、強固な焼結体を安定的に製造することが可能となる。

[0023] また、本発明に係る焼結アルミニウム合金材の製造方法においては、焼結工程において、窒素雰囲気下で圧粉体を焼結してもよい。

[0024] アルミニウムは他の金属と比べて容易に酸化物を生成する傾向にある。そのため、窒素雰囲気下で焼結することにより、酸化物の生成を抑制して、焼結の進行を促進することができる。よって、焼結体の強度を向上させることが可能となる。

発明の効果

[0025] 以上より、本発明によれば、緻密な圧粉体を成形して、高強度の焼結アルミニウム合金材を低コストに製造可能とすることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明に係る焼結工程における温度パターンの一例である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本発明の一実施形態を説明する。

[0028] 本発明に係る純アルミニウム粉末としては、高純度のアルミニウム地金を使用し、ガスアトマイズ法で製造したものを利用することができる。純アルミニウム粉末は不可避不純物を含んでもよい。純アルミニウム粉末の粒度分布は特に限定されるものではないが、緻密な圧粉体を成形できる微粉末であることが好ましい。平均粒径としては100 μ m以下である。もちろん、製造方法はガスアトマイズ法に限定されず、遠心力アトマイズ法などの各種アトマイズ法をはじめとして、メカニカルアロイング法や還元法など公知の粉末製造技術を適用することが可能である。

[0029] 本発明に係るアルミニウム合金粉末は、マグネシウムを1～30重量%含む限りにおいて任意の合金組成をとり得る。この所定の合金組成になるよう調整した溶湯を用い、ガスアトマイズ法で製造したものを利用することができる。マグネシウムは燃焼し易いため、30重量%を超えない範囲で組成を調製するのがよい。また、本発明の効果を損なわない範囲で、マグネシウム以外の金属を合金組成に加えてもよい。また、圧粉体を成形する際の金型への凝着を防止する目的で、潤滑剤を配合してもよい。この種の潤滑剤は、合

金組成に加えてもよいし、後述する純アルミニウム粉末とアルミニウム合金粉末との混合粉末に加えてもよい。アルミニウム合金粉末の粒度分布は特に限定されるものではないが、緻密な圧粉体を成形できる微粉末であることが好ましい。平均粒径としては $100\mu\text{m}$ 以下が好ましい。もちろん、アルミニウム合金粉末についても、製造方法はガスアトマイズ法に限定されず、遠心力アトマイズ法などの各種アトマイズ法をはじめとして、メカニカルアロイング法や還元法など公知の粉末製造技術を適用することが可能である。

[0030] 純アルミニウム粉末とアルミニウム合金粉末は、既知の混合方法で混合し、本発明に係る原料粉末とすることができ（混合工程）。混合方法として、具体的にはV型混合機、ダブルコーン型混合機などが挙げられる。なお、この原料粉末には、本発明の効果を損なわない範囲で任意の成分を添加することも可能である。

[0031] 混合した原料粉末を用い、プレス金型を用いた冷間成形により圧粉体を成形する（圧粉成形工程）。この際、使用するプレス金型の表面に潤滑剤を塗布してもよい。成形圧力は例えば $400\sim 800\text{MPa}$ に設定され、好ましくは $550\sim 650\text{MPa}$ に設定される。成形圧力があまりに高い（例えば 800MPa 以上）と、金型寿命の点から量産性に乏しいため、成形圧力は、量産性を考慮すると、 800MPa 未満に設定するのがよい。

[0032] 成形した圧粉体は、例えば窒素雰囲気下で熱処理することにより焼結される（焼結工程）。熱処理炉としてはバッチ式の炉が好ましく、炉内を窒素で十分に置換した状態で圧粉体を加熱する。窒素の流量は $1\text{L}/\text{min}$ 以上が好ましい。また、本焼結工程における温度パターンは原則任意であるが、例えば一段階又は二段階以上の昇温及び保温を有するものが使用される。ここで、例えば図1に示す温度パターンを考え、第一段の熱処理を脱脂とする場合、温度 T_1 及び保持時間 t_1 を、圧粉体の表面に付着した潤滑剤を脱脂可能な温度及び保持時間（例えば $380\sim 420^\circ\text{C}$ 、 $50\sim 70\text{min}$ ）に設定する。また、第二段の加熱工程を焼結とする場合、温度 T_2 及び保持時間 t_2 を、圧粉体の焼結に適した温度及び保持時間（好ましくは $560\sim 64$

0℃、保持時間30min以上、より好ましくは580～620℃、保持時間60min以上）に設定する。ここでいう温度T2が焼結時の最高温度に相当する。焼結温度が最高温度で560℃より低いと焼結作用が十分に生じず、また、640℃より高いと焼結体に無視できない変形が生じるおそれがある。以上の理由より焼結時の最高温度は上記範囲内に設定するのが好ましい。なお、焼結工程は窒素雰囲気下に限らず、諸条件を満たす限りにおいて、他の雰囲気下で実施することも可能なことはもちろんである。

[0033] 得られた焼結アルミニウム合金材の密度は、例えばJIS Z 2501：2000に準拠のアルキメデス法に則って測定される。そして、アルキメデス法で測定した密度を真密度で割ることで相対密度を算出する。

[0034] また、得られた焼結アルミニウム合金材の圧環強さは、例えばJIS Z 2507：2000に準拠の試験方法に則って測定される。

[0035] このように、本発明に係る焼結アルミニウム合金材は、マグネシウムを1～30重量%含むアルミニウム合金粉末と、純アルミニウム粉末とを含有する原料粉末を圧縮成形し、焼結したものであるから、強固なネッキング結合を生成して、焼結体の高強度化を図ることが可能となる。また、純マグネシウム粉末を含有可能とすることで、たとえ冷間成形であっても高密度に圧粉体を成形することができる。また、この焼結体（焼結アルミニウム合金材）は、温間成形や還元性ガスの導入などコストアップにつながる処理を施すことなく製造することができるので、製造コストの低減化を図ることができ、これにより量産化が可能となる。

[0036] 特に、焼結工程において加熱する際、その最高温度（すなわち焼結温度）を560～640℃の範囲に設定することによって、変形を生じることなく、かつ十分に焼結（ネッキング結合）を促進して、強固な焼結体（焼結アルミニウム合金材）を安定的に製造することが可能となる。

[0037] 以上、本発明の一実施形態を説明したが、本発明に係る焼結アルミニウム合金材及びその製造方法は上記例示の形態に限定されることなく、本発明の範囲内において任意の形態を採り得ることはもちろんである。

実施例

[0038] 以下、本発明の実施例について説明する。

[0039] 実施例（実施例 1 ～ 10）、比較例（比較例 1 ～ 9）ともに、純アルミニウム粉末と、表 1 に示す何れか一種類のアルミニウム合金粉末（合金粉末 1 ～ 3）とを V 型混合機で混合した粉末を原料粉末とした。ここで、合金粉末 1 ～ 3 は何れも、ガスアトマイズ法で作製したものである。

[表1]

名称	合金組成[重量%]	平均粒径[μm]
合金粉末1	Al-10Mg-1Si	30
合金粉末2	Al-30Mg	41
合金粉末3	Al-5Mg	33

[0040] 圧粉体は、上記組成の原料粉末を冷間成形で所定の円筒形状に成形した。詳述すると、成形金型に脂肪酸アミド系潤滑剤を塗布し、金型潤滑状態で圧粉成形を行った。成形圧力 620 MPa、保持時間 5 秒で加圧した後、成形金型から圧粉体を取り出すことで、内径 8 mm、外径 16 mm、軸方向寸法 5 mm の円筒状圧粉体を得た。

[0041] 上述のようにして圧粉体を得た後、卓上型真空ガス置換炉（山田電機株式会社：VFN-1220）で圧粉体に対し所定の熱処理を行った。詳述すると、上記炉内に圧粉体を配置した後、ゲージ圧が -0.1 MPa まで真空引きを行い、窒素ガスを炉内に導入した。炉内の圧力が大気圧と等しくなるまで窒素ガスを導入した後、排気バルブを開き、窒素ガスの排出流量を 2 L/min に設定した。この際の温度パターンは図 1 に示すように設定し、 $T_1 = 400^\circ\text{C}$ で $t_1 = 30\text{ min}$ 保持することで圧粉体の表面に付着した脂肪酸アミド系潤滑剤を脱脂し、実施例 1 ～ 10 については、 $T_2 = 560 \sim 640^\circ\text{C}$ （後述する表 2 ～ 表 4 を参照）で $t_2 = 60\text{ min}$ 保持することで焼結を行った。比較例 1 ～ 9 については、 $T_2 = 550 \sim 650^\circ\text{C}$ で $t_2 = 60\text{ min}$ 保持した。

[0042] 以上のようにして得られた焼結体（実施例 1 ～ 9）について、JIS Z 2501：2000 に準拠のアルキメデス法に則って密度を測定した。さら

に、J I S Z 2507 : 2000に準拠の試験方法に則って焼結体の圧環強さを測定した。比較例1～9については、変形やクラックを生じることなく圧粉成形及び焼結処理を実施することのできた比較例1、比較例3のみに対して圧環強さを測定した。その結果を表2～表4に示す。各表中、括弧内の圧環強さの数値については、ひずみ量が5 mmに達するまで破壊しなかった場合における、ひずみ量1 mmのときの応力値を示している。

[表2]

	含有率[重量%]		最高温度 [°C]	密度 [g/cm ³]	相対密度 重量%	圧環強さ [MPa]	変形、クラックの発生有無
	純Al粉末	合金粉末1					
実施例1	95	5	600	2.64	98	(150)	無
実施例2	90	10	600	2.63	98	(201)	無
実施例3	80	20	560	2.59	97	179	無
実施例4	80	20	600	2.59	97	219	無
実施例5	80	20	640	2.59	97	208	無
実施例6	70	30	600	2.5	94	144	無
比較例1	80	20	550	2.59	97	99	無
比較例2	80	20	650	—	—	—	熱処理時に変形
比較例3	100	0	600	2.66	99	(97)	無
比較例4	50	50	600	—	—	—	熱処理時に変形、クラック
比較例5	0	100	—	—	—	—	圧粉成形時に変形、クラック

[表3]

	含有率[重量%]		最高温度 [°C]	密度 [g/cm ³]	相対密度 重量%	圧環強さ [MPa]	変形、クラックの発生有無
	純Al粉末	合金粉末2					
実施例7	95	5	600	2.57	96	(181)	無
実施例8	70	30	600	2.38	92	177	無
比較例6	60	40	600	—	—	—	熱処理時に変形、クラック
比較例7	0	100	—	—	—	—	圧粉成形時に変形、クラック

[表4]

	含有率[重量%]		最高温度 [°C]	密度 [g/cm ³]	相対密度 重量%	圧環強さ [MPa]	変形、クラックの発生有無
	純Al粉末	合金粉末3					
実施例9	95	5	600	2.65	98	(121)	無
実施例10	70	30	600	2.52	94	135	無
比較例8	50	50	600	—	—	—	熱処理時に変形、クラック
比較例9	0	100	—	—	—	—	圧粉成形時に変形、クラック

[0043] 表2に示すように、組成Al—10Mg—1Siの合金粉末1を用いて、純アルミニウム粉末の配合量を70～95重量%とし、かつ最高温度560～640℃の範囲で熱処理を施した場合（実施例1～6）、得られた焼結体

の圧環強さは何れも120MPa以上であった。これに対して、純アルミニウム粉末の配合量を70重量%未満とした場合（比較例4, 5）、圧粉成形時あるいは焼結時にクラックが発生し、焼結体を得ることができなかった。また、純アルミニウム粉末の配合量を70～95重量%とした場合であっても、焼結時の最高温度が640℃を超える場合（比較例2）、熱処理時に変形が発生し、焼結体を得ることができなかった。比較例1, 3については焼結体を得ることができたものの、比較例1については焼結時の最高温度が560℃未満であったこと、及び比較例3については合金粉末1の配合量が5重量%未満であったことにより、圧環強さはともに100MPa以下であった。

[0044] また、表3に示すように、組成Al-30Mgの合金粉末2を用いて、純アルミニウム粉末の配合量を95重量%（実施例7）、70重量%（実施例8）とした場合、得られた焼結体の圧環強さは何れも120MPa以上であった。これに対して、純アルミニウム粉末の配合量を70重量%未満とした場合（比較例6, 7）、圧粉成形時あるいは焼結時にクラックが発生し、焼結体を得ることができなかった。

[0045] また、表4に示すように、組成Al-5Mgの合金粉末3を用いて、純アルミニウム粉末の配合量を95重量%（実施例9）、70重量%（実施例10）とした場合、得られた焼結体の圧環強さは何れも120MPa以上であった。これに対して、純アルミニウム粉末の配合量を70重量%未満とした場合（比較例8, 9）、圧粉成形時あるいは焼結時にクラックが発生し、焼結体を得ることができなかった。

[0046] また、実施例4で作製した焼結体の断面について、X線光電子分光法（XPS）により、表層部（表面から深さ0.3mm以内の領域）および深層部（表面から深さ0.3mmより深い領域）の状態分析を行った。マグネシウム、アルミニウムについての結果を表5に示す。表中の数値は、原子%であり、MgとAlの合計が100原子%となるように記載している。また、表5中において「-」は検出限界以下であったことを示している。

[表5]

元素		表層部	深層部
Mg	単体	—	—
	化合物(Mg, Mg-O, Mg-OH)	68	14
Al	単体	8	25
	化合物(Al-O, Al-OH)	24	61

[0047] 表5に示す通り、マグネシウムは表層部、深層部に関係なく化合物として存在していることが分かる。また、マグネシウム濃度に関し、表層部のほうが深層部よりも高濃度であった。この場合、表2に示すように、圧環強さは非常に大きな値（200MPa以上）を示した。なお、表層部、深層部ともに焼結アルミニウム合金材（焼結体）全体の平均的な組成と異なっているのは、焼結体の断面が旧粉末粒界及び旧粉末表面であるためである。

産業上の利用可能性

[0048] 以上に述べたように、本発明に係る焼結アルミニウム合金材は、緻密で高強度であるから、例えば摺動部を有する機械部品（摺動部品）をはじめとして、種々の用途に係る機械部品に広範に適用可能である。

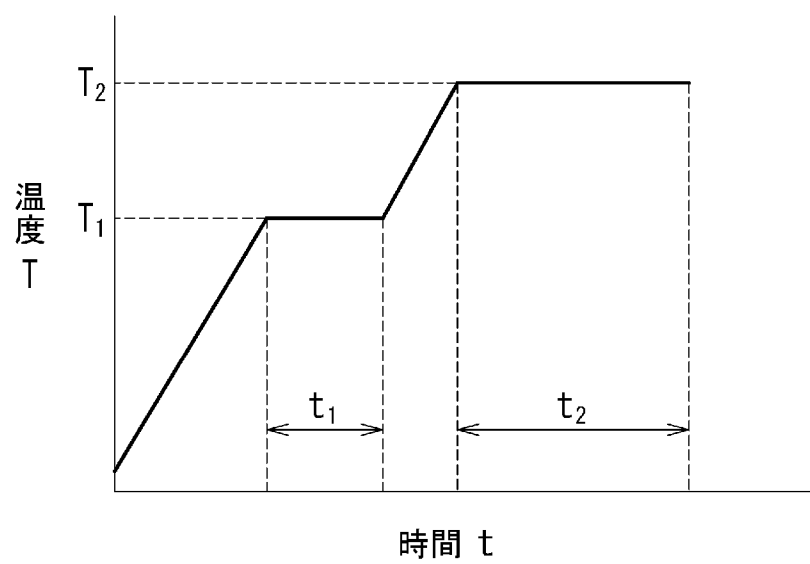
請求の範囲

- [請求項1] マグネシウムを1～30重量%含むアルミニウム合金粉末と、純アルミニウム粉末とを含有する原料粉末を圧縮成形して圧粉体を成形し、この圧粉体を焼結することで得られる焼結アルミニウム合金材であって、
- 前記原料粉末に占める前記純アルミニウム粉末の割合が70～95重量%、前記アルミニウム合金粉末の割合が5～30重量%にそれぞれ設定されている焼結アルミニウム合金材。
- [請求項2] 表面から深さ0.3mm以内の領域におけるマグネシウム濃度が、前記表面から深さ0.3mmより深い領域におけるマグネシウム濃度より高い請求項1に記載の焼結アルミニウム合金材。
- [請求項3] 相対密度が重量比で90%以上である請求項1又は2に記載の焼結アルミニウム合金材。
- [請求項4] 圧環強さが120MPa以上である請求項1～3の何れか一項に記載の焼結アルミニウム合金材。
- [請求項5] マグネシウムを1～30重量%含むアルミニウム合金粉末と、純アルミニウム粉末とを混合して前記アルミニウム合金粉末と前記純アルミニウム粉末とを含有する原料粉末を作製する混合工程と、
- 前記原料粉末を圧縮成形して圧粉体を成形する圧粉成形工程と、
- 前記圧粉体を焼結することで焼結体を得る焼結工程とを備えた焼結アルミニウム合金材の製造方法であって、
- 前記混合工程において、前記原料粉末に占める前記純アルミニウム粉末の割合が70～95重量%、前記アルミニウム合金粉末の割合が5～30重量%となるように、前記アルミニウム合金粉末と前記純アルミニウム粉末とを混合する、焼結アルミニウム合金材の製造方法。
- [請求項6] 前記圧粉成形工程において、冷間成形により前記原料粉末から前記圧粉体を成形する請求項5に記載の焼結アルミニウム合金材の製造方法。

[請求項7] 前記焼結工程において、最高温度 560～640℃で前記圧粉体を焼結する請求項5又は6に記載の焼結アルミニウム合金材の製造方法。

[請求項8] 前記焼結工程において、窒素雰囲気下で前記圧粉体を焼結する請求項5～7の何れか一項に記載の焼結アルミニウム合金材の製造方法。

[図1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/011997

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C22C1/04 (2006.01) i, B22F1/00 (2006.01) i, B22F3/02 (2006.01) i,
B22F3/10 (2006.01) i, C22C21/06 (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)

Int.Cl. C22C1/04, B22F1/00, B22F3/02, B22F3/10, C22C21/06

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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.
X <u>Y</u>	JP 04-202601 A (SHOWA DENKO KABUSHIKI KAISHA) 23 July 1992, claims, page 5, lower right column, line 1 to page 7, upper left column, line 13 (Family: none)	1-5, 7-8 <u>6-8</u>
Y	JP 2015-004098 A (TOYOTA CENTRAL RESEARCH AND DEVELOPMENT LABORATORIES, INC.) 08 January 2015, paragraphs [0040]-[0041] (Family: none)	6-8
A	JP 2012-505312 A (GKN SINTER METALS, LLC) 01 March 2012, entire text, all drawings & US 2011/0265757 A1, all pages & WO 2010/042498 A1	1-8
A	JP 2015-068185 A (SUMITOMO ELECTRIC SINTERED ALLOY, LTD.) 13 April 2015, paragraph [0067] (Family: none)	1-8

☐ 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

"I" 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
10 April 2018 (10.04.2018)

Date of mailing of the international search report
24 April 2018 (24.04.2018)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C22C1/04(2006.01)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F3/02(2006.01)i, B22F3/10(2006.01)i, C22C21/06(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 (IPC))

Int.Cl. C22C1/04, B22F1/00, B22F3/02, B22F3/10, C22C21/06

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X Y —	JP 04-202601 A (昭和電工株式会社) 1992.07.23, 特許請求の範囲, 第5頁右下欄第1行-第7頁左上欄第13行 (ファミリーなし)	1-5, 7-8 <u>6-8</u>
Y	JP 2015-004098 A (株式会社豊田中央研究所) 2015.01.08, [0040]-[0041] (ファミリーなし)	6-8
A	JP 2012-505312 A (ジーケーエヌ シンター メタルズ、エル・エ ル・シー) 2012.03.01, 全文全図 & US 2011/0265757 A1, All pages & WO 2010/042498 A1	1-8

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

10.04.2018

国際調査報告の発送日

24.04.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

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)

坂口 岳志

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

4E

5572

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 2015-068185 A (住友電工焼結合金株式会社) 2015. 04. 13, [0067] (ファミリーなし)	1-8