

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-227498

(P2015-227498A)

(43) 公開日 平成27年12月17日(2015.12.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 49/14 (2006.01)	C 2 2 C 49/14	4 K O 1 8
C 2 2 C 49/06 (2006.01)	C 2 2 C 49/06	4 K O 2 0
C 2 2 C 1/10 (2006.01)	C 2 2 C 1/10	K 5 G 3 0 1
C 2 2 C 47/14 (2006.01)	C 2 2 C 47/14	
C 2 2 C 21/00 (2006.01)	C 2 2 C 21/00	A
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2014-114365 (P2014-114365)	(71) 出願人	000006895
(22) 出願日	平成26年6月2日 (2014.6.2)		矢崎総業株式会社
			東京都港区三田1丁目4番28号
		(74) 代理人	100083806
			弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄
			最終頁に続く

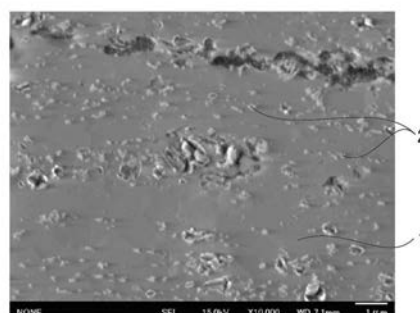
(54) 【発明の名称】 アルミニウム基複合材料及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】導電率を維持しつつも強度を向上させることが可能なアルミニウム基複合材料及びその製造方法を提供する。

【解決手段】アルミニウム基複合材料は、アルミニウム母相(1)と、アルミニウム母相の内部に分散する、棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体(2)と、を有する。アルミニウム基複合材料の製造方法は、純度が99質量%以上のアルミニウム粉末と棒状または針状の炭素材料とを混合して圧粉成形することにより、圧粉体を作製する工程を有する。さらに、当該製造方法は、圧粉体を600～660の温度で加熱することにより、前記炭素材料を前記アルミニウム粉末におけるアルミニウムと反応させ、アルミニウム母相の内部に棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体を分散させる工程を有する。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

アルミニウム母相と、
前記アルミニウム母相の内部に分散する、棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体と、
を有するアルミニウム基複合材料。

【請求項 2】

前記分散体は、棒状または針状の炭素材料が前記アルミニウム母相におけるアルミニウムと反応することにより形成される請求項 1 に記載のアルミニウム基複合材料。

【請求項 3】

前記分散体は、長さ／直径の比（長さ／直径）が 1 ～ 30 であり、長さが 0.01 nm ～ 1000 nm であり、直径が 0.01 nm ～ 200 nm である請求項 1 又は 2 に記載のアルミニウム基複合材料。

【請求項 4】

純度が 99 質量％以上のアルミニウム粉末と棒状または針状の炭素材料とを混合して圧粉成形することにより、圧粉体を作製する工程と、

前記圧粉体を 600 ～ 660 の温度で加熱することにより、前記炭素材料を前記アルミニウム粉末におけるアルミニウムと反応させ、アルミニウム母相の内部に棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体を分散させる工程と、

を有するアルミニウム基複合材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、アルミニウム基複合材料及びその製造方法に関する。詳細には本発明は、導電率を維持しつつも強度を向上させたアルミニウム基複合材料及びその製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

自動車用ワイヤーハーネス等に用いられる電線の導体材料としては、主として銅が使用されてきたが、導体の軽量化という要請からアルミニウムも注目されている。銅は、材料としての引張強さ及び導電率の点で優れているが、重量が大きいという問題があるのに対し、アルミニウムは軽量ではあるが、強度不足という課題が残されている。そのため、アルミニウムと他の材料を複合化することにより、導電率及び強度を向上させる方法が検討されている。

【0003】

従来、アルミニウム合金マトリックス中に、金属又はセラミックスで被覆されているカーボンナノチューブ（CNT）を含有させることにより、強度と電気伝導度を向上させたアルミニウム合金基複合材料が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。さらに、アルミニウム材料中に CNT が分散し、CNT を含む隔壁部と、隔壁部に覆われ、アルミニウム材料と不可避不純物からなる隔壁内部とを有するセルレーション構造を備える線材が提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。また、金属粉末粒子を焼結固化してなり、さらに金属粉末粒子は、その表面を部分的に露出した状態で CNT により覆われており、露出部分で金属粉末粒子間の拡散及び焼結が進行している複合金属材が提案されている（例えば、特許文献 3 参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】 特許第 4409872 号明細書

【特許文献 2】 特開 2011 - 171291 号公報

【特許文献 3】 国際公開第 2009 / 054309 号

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1では、カーボンナノチューブと金属母相とを反応させていない。そのため、カーボンナノチューブの凝集物の内部に存在する気泡が欠陥となり、伸びや導電率を低下させる上、カーボンナノチューブと金属母相との結合力が不十分という問題があった。また、特許文献2のような、セルレーション構造を有する程度のカーボンナノチューブの分散度では強度の向上が不十分であった。さらに特許文献3では、金属粉末の段階で金属粉末粒子とカーボンナノチューブとを熱処理により反応させているため、熱処理後の粉末を所望の形状に加工した場合、カーボンナノチューブが高分散されず、強度が低下する恐れがあった。

10

【0006】

さらに、チタンなど炭素が拡散する金属では、材料中に炭化物を容易に分散させることができる。しかし、アルミニウムには炭素が拡散しないため、ナノサイズの炭化物を材料中に均一分散させるのが難しいという問題があった。

【0007】

本発明は、このような従来技術が有する課題に鑑みてなされたものである。そして本発明の目的は、導電率を維持しつつも強度を向上させることが可能なアルミニウム基複合材料及びその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0008】

本発明の第1の態様に係るアルミニウム基複合材料は、アルミニウム母相と、アルミニウム母相の内部に分散する、棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体とを有する。

【0009】

本発明の第2の態様に係るアルミニウム基複合材料は、第1の態様の複合材料に関し、分散体は、棒状または針状の炭素材料がアルミニウム母相におけるアルミニウムと反応することにより形成される。

【0010】

本発明の第3の態様に係るアルミニウム基複合材料は、第1又は第2の態様の複合材料に関し、分散体は、長さ \times 直径との比（長さ/直径）が1～30であり、長さが0.01nm～1000nmであり、直径が0.01nm～200nmである。

30

【0011】

本発明の第4の態様に係るアルミニウム基複合材料の製造方法は、純度が99質量%以上のアルミニウム粉末と棒状または針状の炭素材料とを混合して圧粉成形することにより、圧粉体を作製する工程を有する。さらに、当該製造方法は、圧粉体を600～660の温度で加熱することにより、炭素材料をアルミニウム粉末におけるアルミニウムと反応させ、アルミニウム母相の内部に棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体を分散させる工程を有する。

【発明の効果】

40

【0012】

本発明のアルミニウム基複合材料は、棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体がアルミニウム母相の内部に高分散することで、アルミニウムの結晶粒を微細化する。そのため、アルミニウム基複合材料の強度やじん性を銅と同等のレベルまで高めることが可能となる。また、分散体が母相と反応していることで材料の均一性が確保されるため、複合材料の伸び及び導電率の低下を抑制することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】(a)は、本実施形態に係るアルミニウム基複合材料において、炭素の含有量と引張強さとの関係を示すグラフである。(b)は、本実施形態に係るアルミニウム基複合

50

材料において、炭素の含有量と導電率との関係を示すグラフである。

【図 2】本実施形態に係るアルミニウム基複合材料の製造方法を示すフローチャートである。

【図 3】(a) は、アルミニウムの導電率とアルミニウム内に含まれる酸素量との関係を示すグラフである。(b) は、アルミニウム内に含まれる酸素量とアルミニウム粉末の表面積との関係を示すグラフである。

【図 4】実施例 1 のアルミニウム基複合材料の断面を示す走査型電子顕微鏡写真である。

【図 5】実施例 1 のアルミニウム基複合材料におけるラマン分光分析の結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を用いて本発明の実施形態に係るアルミニウム基複合材料及びその製造方法について詳細に説明する。

【0015】

[アルミニウム基複合材料]

本実施形態に係るアルミニウム基複合材料は、アルミニウム母相と、アルミニウム母相の内部に分散する、棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体とを有する。

【0016】

従来の溶融法で作製された純アルミニウム材料は、引張強さが 70 MPa 程度しかなかった。さらに、強度を高めるために炭素を添加したとしても、炭素はアルミニウムとの濡れ性が悪いため、アルミニウム中に均一に分散させることは困難であった。これに対し、本実施形態のアルミニウム基複合材料では、後述するように、棒状または針状の炭素材料をアルミニウム粉末の表面に付着させて圧粉し、600 以上の温度で焼結している。これにより、アルミニウム母相の内部に棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体を高分散させ、アルミニウムの結晶粒を微細化している。このように、アルミニウムの凝固組織を微細で均一にすることにより、強度やじん性を高めることが可能となる。

【0017】

本実施形態におけるアルミニウム母相としては、純度が 99 質量% 以上のアルミニウムを用いることが好ましい。また、日本工業規格 JIS H 2102 (アルミニウム地金) に規定される純アルミニウム地金のうち、1 種アルミニウム地金以上の純度のものを用いることも好ましい。具体的には、純度が 99.7 質量% の 1 種アルミニウム地金、純度が 99.85 質量% 以上の特 2 種アルミニウム地金、および純度が 99.90 質量% 以上の特 1 種アルミニウム地金が挙げられる。つまり、本実施形態では、アルミニウム地金として、特 1 種、特 2 種のような高価で高純度のものばかりではなく、價格的にも手頃な純度が 99.7 質量% のアルミニウム地金を使用することができる。アルミニウム母相としてこのようなアルミニウムを使用することにより、得られるアルミニウム基複合材料の導電性を高めることが可能となる。

【0018】

なお、アルミニウム母相は、原材料及び製造段階にて混入される不可避不純物が含まれていてもよい。アルミニウム母相に含まれる可能性がある不可避不純物としては、亜鉛 (Zn)、ニッケル (Ni)、マンガン (Mn)、ルビジウム (Pb)、クロム (Cr)、チタン (Ti)、スズ (Sn)、バナジウム (V)、ガリウム (Ga)、ホウ素 (B)、ナトリウム (Na) などが挙げられる。これらは本実施形態の効果を阻害せず、さらに本実施形態のアルミニウム基複合材料の特性に格別な影響を与えない範囲で不可避的に含まれるものである。なお、使用するアルミニウム地金に予め含有されている元素も、ここでいう不可避不純物に含まれる。不可避不純物の量としては、アルミニウム基複合材料中に合計で 0.07 質量% 以下であることが好ましく、0.05 質量% 以下であることがより好ましい。

【0019】

本実施形態のアルミニウム基複合材料では、アルミニウム母相の内部に、棒状または針

10

20

30

40

50

状の炭化アルミニウム (Al_4C_3) からなる分散体が高分散している。そして、この炭化アルミニウムは、棒状または針状の炭素材料が、焼結により、アルミニウム母相におけるアルミニウムと反応することにより形成されたものである。このような炭素材料としては、カーボンナノチューブ、カーボンナノホーン、及びカーボンナノファイバーからなる群より選ばれる少なくとも一種を使用することができ、この中でもカーボンナノチューブが特に好ましい。

【0020】

カーボンナノチューブとしては、公知のものを用いることができる。カーボンナノチューブの直径は例えば $0.4\text{ nm} \sim 50\text{ nm}$ であり、カーボンナノチューブの平均長さは例えば $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。また、カーボンナノチューブは、予め酸で洗浄することにより白金等の金属触媒やアモルファスカーボンを除去したり、予め高温処理することにより黒鉛化したものであってもよい。カーボンナノチューブにこのような前処理を行うと、カーボンナノチューブを高純度化したり高結晶化したりすることができる。

10

【0021】

本実施形態では、アルミニウム母相中に分散している棒状または針状の炭化アルミニウムは、上述の棒状または針状の炭素材料とアルミニウム母相におけるアルミニウムとの反応により形成されている。ここで、カーボンナノチューブ等の炭素材料は、一部または全てがアルミニウム母相中のアルミニウムと反応している。つまり、本実施形態では、炭素材料の全てがアルミニウム母相中のアルミニウムと反応し、炭化アルミニウムに組成変化していることが最も好ましい。しかし、例えば、カーボンナノチューブが球状に凝集した部分がアルミニウム母相中に残存している場合、その凝集の内部のカーボンナノチューブはアルミニウム母相と接触していない。そのため、アルミニウム母相中にカーボンナノチューブのまま残存してしまう可能性がある。ただ、アルミニウム基複合材料の強度を向上させる観点から、炭素材料の $95\text{ 質量}\%$ 以上がアルミニウム母相中のアルミニウムと反応していることが好ましく、炭素材料の $98\text{ 質量}\%$ 以上が反応していることがより好ましい。そして、炭素材料の全てがアルミニウム母相中のアルミニウムと反応していることが特に好ましい。

20

【0022】

アルミニウム母相中に分散している分散体は、形状が棒状または針状であることが好ましい。分散体が棒状または針状であることにより、アルミニウム母相の内部での分散性が向上し、アルミニウムの結晶粒をより微細化することが可能となる。なお、分散体が棒状または針状である場合、長さ (L) と直径 (D) との比は、長さ (L) / 直径 (D) = $1 \sim 30$ であることが好ましい。また、長さ (L) は $0.01\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ であることが好ましく、直径 (D) は $0.01\text{ nm} \sim 200\text{ nm}$ であることが好ましい。なお、分散体の長さとは、アルミニウム基複合材料の断面を透過型電子顕微鏡で観察することにより測定することができる。

30

【0023】

アルミニウム母相中において、隣接する分散体の間隔は $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。分散体の間隔が $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることにより、アルミニウム母相の内部における分散体の分散性を高め、アルミニウムの結晶粒を微細にすることが可能となる。なお、隣接する分散体の間隔も、アルミニウム基複合材料の断面を透過型電子顕微鏡で観察することにより測定することができる。

40

【0024】

本実施形態のアルミニウム基複合材料において、分散体の含有量は、炭素量換算で $0.1 \sim 2.0\text{ 質量}\%$ であることが好ましい。分散体の含有量をこの範囲にすることにより、アルミニウム基複合材料を電線に使用した場合、所望の引張強さ及び導電率を得ることが可能となる。ここで、図1(a)は、本実施形態におけるアルミニウム基複合材料中に含有する炭素量とアルミニウム基複合材料の引張強さとの関係を示す。また、図1(b)は、アルミニウム基複合材料中に含有する炭素量とアルミニウム基複合材料の導電率との関係を示す。図1に示すように、分散体と引張強さ及び導電率との間には、一次関数的な相

50

関係がある。つまり、アルミニウム基複合材料中の炭素量が増加すれば引張強さは上昇するが、導電率は低下する。そして、アルミニウム基複合材料を電線材料として使用する場合には、導電率が30% IACS以上にすることが好ましい。そのため、図1(b)より、アルミニウム基複合材料の分散体の含有量は、炭素量換算で2.0質量%以下とすることが好ましい。

【0025】

本実施形態のアルミニウム基複合材料において、アルミニウム母相の結晶粒径は2 μm 以下であることが好ましい。アルミニウム母相の結晶粒径が2 μm 以下まで微細化されていることにより、アルミニウム基複合材料の強度やじん性を高めることが可能となる。なお、アルミニウム母相の結晶粒径は、線分法により求めることができる。

10

【0026】

本実施形態におけるアルミニウム基複合材料は、引張強さが200 MPa以上であり、かつ、導電率が30% IACS以上であることが好ましい。このようなアルミニウム基複合材料は、特に導体の断面積が0.35 mm²の電線に好適に用いることができる。また、本実施形態におけるアルミニウム基複合材料は、引張強さが140 MPa以上であり、かつ、導電率が53% IACS以上であることが好ましい。このようなアルミニウム基複合材料は、特に導体の断面積が0.5 mm²の電線に好適に用いることができる。さらに、本実施形態におけるアルミニウム基複合材料は、引張強さが94 MPa以上であり、かつ、導電率が58% IACS以上であることが好ましい。このようなアルミニウム基複合材料は、特に導体の断面積が0.75 mm²の電線に好適に用いることができる。なお、本明細書における引張強さの値は、JIS Z 2241（金属材料引張試験方法）に準拠して測定することができる。また、本明細書における導電率の値は、JIS H 0505（非鉄金属材料の体積抵抗率及び導電率測定方法）に準拠して測定することができる。

20

【0027】

本実施形態におけるアルミニウム基複合材料は、上述のように高い導電性と強度を備えているため、伸線加工することにより、電線の導体として使用することができる。本実施形態に係る電線は、上記アルミニウム基複合材料からなる素線を含む導体（例えば、撚線）と、その導体の外周に設けられる被覆層とを含むものであればよい。そのため、その他の具体的な構成及び形状、並びに製造方法は何ら限定されることはない。

30

【0028】

導体を構成する素線の形状等についても特に限定されない。例えば、素線が丸線であっても自動車用の電線に使用する場合は、直径（すなわち、最終線径）は0.07 mm～1.5 mm程度であることが好ましく、0.14 mm～0.5 mm程度であることがより好ましい。

【0029】

被覆層に用いられる樹脂の種類は、架橋ポリエチレン、ポリプロピレン等のオレフィン樹脂や、塩化ビニルなど公知の絶縁樹脂を任意に使用でき、その被覆厚は適宜定められる。この電線は、電気又は電子部品、機械部品、車両用部品、建材などの様々な用途に使用することができる。なかでも自動車用電線として好ましく使用できる。

40

【0030】

なお、本実施形態におけるアルミニウム基複合材料を導体として使用した電線は、他の金属材料からなる導体を使用した電線と冷間で固相接合してもよい。また、電子機器に接続しやすくするために、アルミニウム基複合材料からなる導体に端子金具を圧着接続してもよい。

【0031】

本実施形態に係るアルミニウム基複合材料は、アルミニウム母相と、アルミニウム母相の内部に分散する、棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体とを有する。アルミニウム母相にナノサイズの炭化アルミニウム粒子が高分散することで、アルミニウムの結晶粒を微細化するため、アルミニウム基複合材料の強度やじん性を銅と同等のレベルまで高めることが可能となる。また、当該分散体は、棒状または針状の炭素材料がアルミニ

50

ウム母相におけるアルミニウムと反応することにより形成される。分散体が母相と反応していることで材料の均一性が確保されるため、材料の伸び及び導電率の低下を抑制することが可能となる。

【 0 0 3 2 】

[アルミニウム基複合材料の製造方法]

次に、本実施形態に係るアルミニウム基複合材料の製造方法について説明する。図 2 に示すように、まず、アルミニウム基複合材料の原料であるアルミニウム粉末と炭素材料とを秤量する。アルミニウム粉末としては、上述のように、導電性を高めるために純度が 99 質量 % 以上のアルミニウムを使用することが好ましい。また、炭素材料としては、例えばカーボンナノチューブ、カーボンナノホーン、及びカーボンナノファイバー等を用いることが好ましい。

10

【 0 0 3 3 】

秤量工程では、得られるアルミニウム基複合材料において、分散体の含有量が炭素量換算で例えば 0 . 1 ~ 2 . 0 質量 % となるように、アルミニウム粉末と炭素材料とを秤量する。

【 0 0 3 4 】

そして、秤量したアルミニウム粉末及び炭素材料を混合して、混合粉末を作製する。アルミニウム粉末と炭素材料との混合方法は特に限定されず、ミリングによる乾式法及びアルコール等で混合する湿式法の少なくともいずれか一方により混合することができる。

【 0 0 3 5 】

20

次に、混合したアルミニウム粉末及び炭素材料を圧粉成形することにより、圧粉体を作製する。この成形工程では、上記混合粉末に圧力を加えて押し固めることにより圧粉体を作製する。成形工程では、混合粉末中のアルミニウム粉末と炭素材料との隙間が最小になるように混合粉末が押し固められることが好ましい。

【 0 0 3 6 】

圧粉体の成形工程で混合粉末に圧力を加える方法としては公知の方法を用いることができる。例えば、筒状の成形容器に混合粉末を投入した後、この容器内の混合粉末を加圧する方法が挙げられる。また、混合粉末に加える圧力は特に限定されず、アルミニウム粉末と炭素材料との隙間が最小になるように適宜調整することが好ましい。混合粉末に加える圧力としては、例えば、アルミニウム粉末を良好に成形することが可能な 6 0 0 M P a とすることができる。また、成形工程で混合粉末に圧力を加える処理は、例えば常温下で行うことができる。さらに、成形工程で混合粉末に圧力を加える時間は、例えば 5 ~ 6 0 秒とすることができる。

30

【 0 0 3 7 】

次に、得られた圧粉体を焼結し、アルミニウム粉末と炭素材料とを反応させることにより、アルミニウム母相の内部で炭化アルミニウムを生成する。焼結工程では、アルミニウム粉末と炭素材料とが反応して炭化アルミニウムとなる必要があることから、圧粉体の焼結温度は 6 0 0 以上とする。焼結温度が 6 0 0 未満の場合には、アルミニウム粉末と炭素材料との反応が十分に進行せず、得られるアルミニウム基複合材料の強度が不十分となる恐れがある。なお、焼結温度の上限は特に限定されないが、アルミニウムの溶融温度である 6 6 0 以下とすることが好ましい。

40

【 0 0 3 8 】

圧粉体の焼結時間は特に限定されず、アルミニウム粉末と炭素材料とが反応する時間とすることが好ましい。具体的には、圧粉体の焼結時間は、例えば 0 . 5 ~ 5 時間とすることが好ましい。また、圧粉体の焼結雰囲気は、アルミニウム粉末及び炭素材料の酸化を抑制するために、真空等の不活性雰囲気下で行う必要がある。

【 0 0 3 9 】

このような焼結工程により、アルミニウム母相の内部に棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体が分散したアルミニウム基複合材料を得ることができる。そして、得られたアルミニウム基複合材料を導線等に加工しやすくするために、焼結工程にて得られ

50

た焼結体を押出加工することが好ましい。焼結体を押出加工することにより、導線の前駆体である荒引線を得ることができる。

【0040】

焼結体を押出加工する方法は特に限定されず、公知の方法を用いることができる。例えば、筒状の押出加工装置に焼結体を投入した後、焼結体を加熱して押し出す方法が挙げられる。焼結体の加熱は、焼結体が押出可能な温度である300以上となるように行うことが好ましい。このような押出加工を施すことにより、荒引線などの素材を得ることができる。そして、この荒引線に対し、例えば熱処理と伸線加工を繰り返すこと、電線の導体を得ることができる。

【0041】

本実施形態における製造方法において、アルミニウム粉末の平均粒子径(D50)は、0.25 μ m以上であることが好ましい。アルミニウム粉末の平均粒子径が0.25 μ m未満であっても、得られるアルミニウム基複合材料の強度を高めることは可能である。ただ、当該平均粒子径が0.25 μ m未満の場合には、アルミニウム粉末の表面における酸素量が増加し、導電率が低下する場合がある。つまり、アルミニウムは空気中の酸素と反応することにより、表面に緻密な酸化膜を形成するため、導電率が低下する場合がある。

【0042】

図3(a)では、アルミニウムの導電率とアルミニウム内に含有される酸素量との関係を示す。また、図3(b)では、アルミニウム内に含有される酸素量とアルミニウム粉末の表面積との関係を示す。上述のように、アルミニウム基複合材料を電線材料として使用する場合には、導電率が30% IACS以上にすることが好ましい。そのため、図3(a)より、アルミニウム内に含有する酸素量は、1.57質量%以下であることが好ましい。そして図3(b)より、アルミニウム内に含有する酸素量を1.57質量%以下とするためには、アルミニウム粉末の比表面積を17.45 m²/g以下とすることが好ましい。そのため、アルミニウム粉末の比表面積を17.45 m²/g以下とするためには、アルミニウム粉末の平均粒子径(D50)は0.25 μ m以上であることが好ましい。

【0043】

なお、アルミニウム粉末の平均粒子径の上限は特に限定されない。ただ、アルミニウム粉末の形状が略球状である場合には、アルミニウム粉末の平均粒子径は5 μ m以下であることが好ましい。当該平均粒子径が5 μ mを超える場合にはアルミニウム粉末の比表面積が減少するため、炭素材料の分散度が減少する。その結果、得られる炭化アルミニウムの分散度も減少するため、アルミニウムの結晶粒を微細し難くなる恐れがある。なお、アルミニウム粉末の形状が略球状であるとは、アルミニウム粉末のアスペクト比が1~2の範囲内であることをいう。また、本明細書において、アスペクト比とは、粒子の顕微鏡像において、(最大長径/最大長径に直交する幅)で定義される粒子の形状を表す指数をいう。

【0044】

ただ、アルミニウム粉末の形状が扁平状である場合には、アルミニウム粉末を薄くすることで表面積が増え、粉末表面における炭素材料の分散度を向上させることができる。具体的には、粉体径(粒子径)が20 μ mの球状粉末を、厚さ1 μ m、長径72 μ mの扁平状に加工すれば、粉体径が3 μ mの球状粉末と同等の表面積となる。そのため、ただ、アルミニウム粉末の形状が扁平状である場合には、アルミニウム粉末の平均粒子径の上限は特に限定されない。なお、アルミニウム粉末の形状が扁平状であるとは、アルミニウム粉末の厚さに対する、最大長径の比(最大長径/厚さ)の比が10~100の範囲内にあることをいう。また、アルミニウム粉末の平均粒子径、最大長径、最大長径に直交する幅及び厚さは、走査型電子顕微鏡(SEM)で観察することにより測定することができる。

【0045】

アルミニウム粉末の形状を扁平状に加工する方法は特に限定されず、公知の方法により行うことができる。例えば、5~10 μ mのボールとアルミニウム粉末及び炭素材料とを遊星ボールミルのポットに投入し、回転処理することによって得ることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

本実施形態のアルミニウム基複合材料の製造方法は、純度が 99 質量 % 以上のアルミニウム粉末と棒状または針状の炭素材料とを混合して圧粉成形することにより、圧粉体を作製する工程を有する。さらに、当該製造方法は、圧粉体を 600 ~ 660 の温度で加熱することにより、炭素材料をアルミニウム粉末におけるアルミニウムと反応させ、アルミニウム母相の内部に棒状または針状の炭化アルミニウムからなる分散体を分散させる工程を有する。従来のように、炭素材料の構造をアルミニウム母相で維持する場合には、温度管理が困難となる。しかし、本実施形態の製造方法では、炭素材料は焼結工程にてアルミニウムと反応させてしまうため、煩雑な温度管理を行う必要がなく、製造工程を簡略化することが可能となる。

10

【 実施例 】

【 0 0 4 7 】

以下、本発明を実施例及び比較例によりさらに詳細に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

【 0 0 4 8 】

[実施例 1]

まず、得られるアルミニウム基複合材料における炭化アルミニウムの含有量が 4 . 0 0 質量 % となるように、アルミニウム粉末とカーボンナノチューブとを秤量した。なお、アルミニウム粉末は、株式会社高純度化学研究所製、製品名 A L E 1 6 P B を使用し、粉体径が 20 μ m であった。また、カーボンナノチューブは、C N a n o T e c h n o l o g y L i m i t e d 製、製品名 F l o t u b e 9 0 0 0 G 2 を使用した。

20

【 0 0 4 9 】

次に、秤量したアルミニウム粉末及びカーボンナノチューブを遊星ボールミルのポットに投入し、回転処理することにより、混合粉末を調製した。さらに、得られた混合粉末を金型に投入し、常温で 600 M P a の圧力を加えることにより、圧粉体を調製した。

【 0 0 5 0 】

得られた圧粉体を、電気炉を用いて、真空中 630 で 300 分間加熱することにより、本例の試料を調製した。

【 0 0 5 1 】

[実施例 2]

アルミニウム粉末として、粉体径が 3 μ m である、株式会社高純度化学研究所製、製品名 A L E 1 1 P B を使用した。さらに、得られるアルミニウム基複合材料における炭化アルミニウムの含有量が 4 . 8 4 質量 % となるように、アルミニウム粉末とカーボンナノチューブとを秤量した。これ以外は実施例 1 と同様にして、本例の試料を調製した。

30

【 0 0 5 2 】

[実施例 3]

得られるアルミニウム基複合材料における炭化アルミニウムの含有量が 3 . 1 6 質量 % となるように、アルミニウム粉末とカーボンナノチューブとを秤量した。これ以外は実施例 2 と同様にして、本例の試料を調製した。

【 0 0 5 3 】

[実施例 4]

得られるアルミニウム基複合材料における炭化アルミニウムの含有量が 0 . 4 0 質量 % となるように、アルミニウム粉末とカーボンナノチューブとを秤量した。これ以外は実施例 2 と同様にして、本例の試料を調製した。

40

【 0 0 5 4 】

[実施例 5]

得られるアルミニウム基複合材料における炭化アルミニウムの含有量が 4 . 0 0 質量 % となるように、アルミニウム粉末とカーボンナノチューブとを秤量した。また、混合粉末を調製する際、ミリング助剤としてステアリン酸 2 . 0 0 質量 % を添加した。なお、アルミニウム粉末は、株式会社高純度化学研究所製、製品名 A L E 1 6 P B を使用し、粉体径

50

が $20\mu\text{m}$ であった。また、カーボンナノチューブは、Bayer Material Science 製、製品名 Bay tubes C150P を使用した。これ以外は実施例 1 と同様にして、本例の試料を調製した。

【0055】

[比較例 1]

カーボンナノチューブを添加しなかったこと以外は実施例 1 と同様にして、本例の試料を調製した。

【0056】

[比較例 2]

JIS 1060-O に規定の、溶融法によるアルミニウム展伸材を、そのまま本例の試料とした。

【0057】

[評価]

実施例及び比較例で得られた試料の降伏応力、引張強さ及び伸びを JIS Z2241 に準拠して測定した。また、各試料の導電率を JIS H0505 に準拠して測定した。さらに各試料の断面を走査型電子顕微鏡で観察し、アルミニウム母相の結晶粒径を線分法により求めた。各実施例及び比較例の試料における降伏応力、引張強さ、伸び、導電率及び結晶粒径を、試料の組成と共に表 1 に示す。

【0058】

【表 1】

	試料	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	導電率 (%IACS)	結晶粒径 (μm)
実施例 1	Al(粉体径 $20\mu\text{m}$)/ 4.00wt% Al_4C_3 複合材料	153	226	18.9	51.3	0.83
実施例 2	Al(粉体径 $3\mu\text{m}$)/ 4.84wt% Al_4C_3 複合材料	154	221	21.2	46.9	0.75
実施例 3	Al(粉体径 $3\mu\text{m}$)/ 3.16wt% Al_4C_3 複合材料	158	189	19.9	55.8	0.80
実施例 4	Al(粉体径 $3\mu\text{m}$)/ 0.40wt% Al_4C_3 複合材料	140	169	36.9	58.1	1.43
実施例 5	Al(粉体径 $20\mu\text{m}$)/ 4.00wt% Al_4C_3 複合材料	307	403	7.0	—	—
比較例 1	粉末冶金法による純 Al 材料 (粉体径 $3\mu\text{m}$)	135	156	37.4	56.7	1.28
比較例 2	溶融法によるアルミニウム 展伸材 (JIS1060-O)	30	70	43.0	62.0	30~100

【0059】

表 1 より、本実施形態に係る実施例 1 乃至 5 は、比較例 1 及び 2 よりも引張強さを向上させることが可能となった。また、実施例 1 及び 2 並びに比較例 1 より、炭化アルミニウムの含有量を増やすことにより導電率は低下するが、引張強さを大幅に向上させることが可能となった。また、実施例 3 及び 4 並びに比較例 1 より、炭化アルミニウムの含有量を調節することにより、導電率を維持しつつも引張強さを向上させることが可能となった。

【0060】

また、本例では、アルミニウム粉末とカーボンナノチューブの混合工程において遊星ボ

ールミルを用いたため、アルミニウム粉末が扁平形状になった。

【 0 0 6 1 】

図 4 では、実施例 1 の試料の断面を走査型電子顕微鏡で観察した結果を示す。図 4 より、実施例 1 のアルミニウム基複合材料は、アルミニウム母相 1 の内部に炭化アルミニウム 2 の粒子が高分散していることが確認できる。

【 0 0 6 2 】

図 5 では、実施例 1 のアルミニウム基複合材料におけるラマン分光分析の結果を示す。図 5 の (1) は実施例 1 のアルミニウム基複合材料のスペクトルであり、(2) は炭素材料の一部がアルミニウムと反応していないアルミニウム基複合材料のスペクトルである。また、図 5 の (3) は、実施例 1 におけるアルミニウム粉末とカーボンナノチューブ (C N T) との圧粉体のスペクトルであり、(4) はカーボンナノチューブ単体のスペクトルである。図 5 より、実施例 1 のアルミニウム基複合材料は、炭化アルミニウム (Al_4C_3) に係るピークは確認できるが、カーボンナノチューブの D バンドと G バンドのピークが確認できなかった。これに対し、(2) ~ (4) では、カーボンナノチューブの D バンドと G バンドのピークが確認された。この結果から、実施例 1 のアルミニウム基複合材料では、炭素材料としてのカーボンナノチューブがアルミニウムと反応し、炭化アルミニウムに変化していることが分かる。

10

【 0 0 6 3 】

以上、本発明を実施例によって説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形が可能である。

20

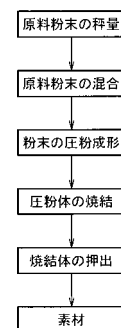
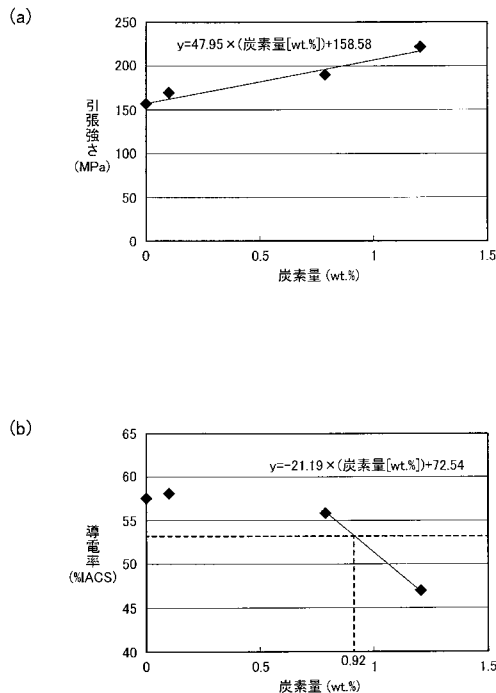
【 符号の説明 】

【 0 0 6 4 】

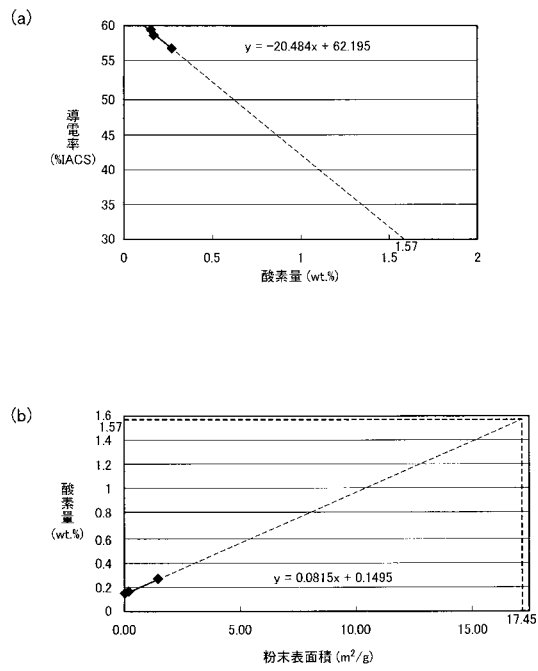
- 1 アルミニウム母相
- 2 炭化アルミニウム (分散体)

【 図 1 】

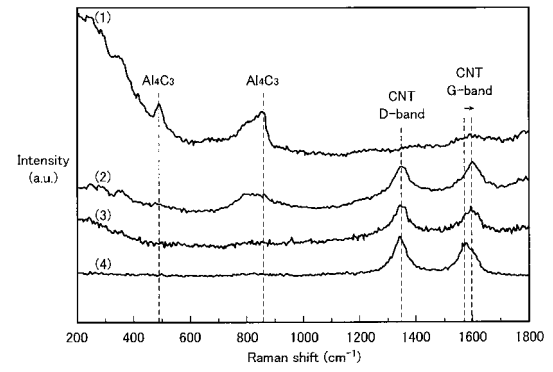
【 図 2 】



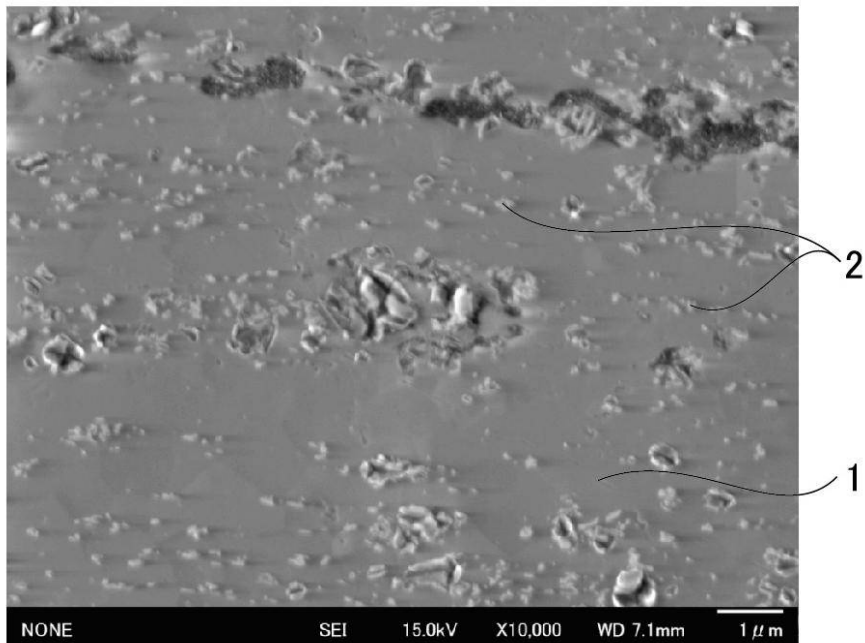
【 図 3 】



【 図 5 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード (参考)		
B 2 2 F 3/10 (2006.01)	C 2 2 C	21/00	E			
H 0 1 B 1/02 (2006.01)	B 2 2 F	3/10	G			
H 0 1 B 13/00 (2006.01)	H 0 1 B	1/02	B			
	H 0 1 B	13/00	5 0 1 C			

(72)発明者 大塚 泰史
 静岡県裾野市御宿 1 5 0 0 矢崎部品株式会社内

(72)発明者 吉永 聡
 静岡県裾野市御宿 1 5 0 0 矢崎部品株式会社内

F ターム(参考) 4K018 AA15 AB07 AC04 BA08 BB01 BB04 EA31 FA01 KA33
 4K020 AA01 AA21 AC01 BB08 BB30
 5G301 AA03 AA30 AB01 AD01