



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106460132 B

(45)授权公告日 2018.11.02

(21)申请号 201580023947.7

(22)申请日 2015.04.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106460132 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(30)优先权数据
2014-114365 2014.06.02 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.11.07

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2015/060731 2015.04.06

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/186423 JA 2015.12.10

(73)专利权人 矢崎总业株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 大塚泰史 吉永聪

(74)专利代理机构 北京奉思知识产权代理有限公司 11464

代理人 吴立 邹轶蛟

(51)Int.Cl.
G22C 49/14(2006.01)
B22F 3/10(2006.01)
G22C 1/10(2006.01)
G22C 21/00(2006.01)
G22C 47/14(2006.01)
G22C 49/06(2006.01)
H01B 1/02(2006.01)
H01B 13/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 1796589 A, 2006.07.05,
JP 2010261088 A, 2010.11.18,
CN 102432010 A, 2012.05.02,
JP 2008266702 A, 2008.11.06,
CN 103502181 A, 2014.01.08,

审查员 赵义强

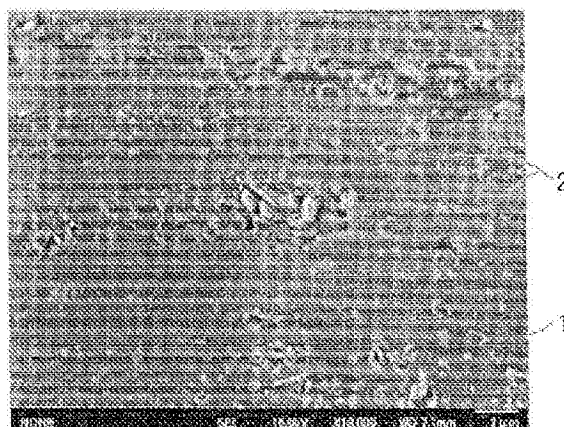
权利要求书1页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

铝系复合材料及其制造方法

(57)摘要

一种铝系复合材料,包括铝母相(1)和铝母相中分散的棒状或者针状的碳化铝分散体(2)。一种铝系复合材料的制造方法,包括混合纯度99质量%以上的铝粉末和棒状或者针状碳材料,并且压制并成型获得的混合物以制备压粉体的步骤。制造方法还包括在600℃至660℃加热压粉体以使碳材料与铝粉末中的铝反应,从而在铝母相中分散碳化铝的棒状或者针状分散体的步骤。



1. 一种铝系复合材料,由以下所组成:

铝母相;以及

分散在所述铝母相中的碳化铝的棒状或者针状分散体,

其中,所述铝母相包含源自其原材料的或者生产过程中混合的不可避免的杂质,

其中,所述分散体的量为以碳计在0.1质量%至2.0质量%的范围内,

其中,所述分散体的长度与直径的比率在1至30的范围内,所述长度在0.01nm至1000nm的范围内,所述直径在0.01nm至200nm的范围内,

其中,所述分散体是通过使棒状或者针状碳材料与所述铝母相中的铝反应而形成的。

2. 一种权利要求1所述的铝系复合材料的制造方法,包括以下步骤:

混合纯度99质量%以上的铝粉末和棒状或者针状碳材料,并且压制并成型获得的混合物,从而制备压粉体;以及

在600℃至660℃加热所述压粉体以使所述碳材料与所述铝粉末中的铝反应,从而在铝母相中分散碳化铝的棒状或者针状分散体。

铝系复合材料及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种铝系复合材料及其制造方法。更具体地,本发明涉及一种在维持导电性的同时具有提高的强度的铝系复合材料。

背景技术

[0002] 铜已经主要用于车辆的线束中使用的电线的导体材料。铝由于减轻导体的重量而吸引到越来越多的注意。铜具有高拉伸强度和导电性,但是存在重量的问题。铝重量轻,但是存在强度不足的问题。现在正在研究将铝和其他材料复合以改善导电性和强度两者。

[0003] 公开了一种铝合金系复合材料,其中被金属或者陶瓷覆盖的碳纳米管(CNT)包含在铝合金基体中以改善强度和导电性(例如,参见专利文献1)。也公开了一种元线,其包含铝材料和分布在铝材料中的CNT,并且具有包括包含CNT的分隔壁以及被分隔壁环绕并且包含铝材料和不可避免的杂质的壁内部的细胞状结构(例如,参见专利文献2)。此外,公开了一种复合金属材料,其制造为使得CNT覆盖的金属粉末颗粒以颗粒的部分表面露出的状态烧结,其中金属粉末颗粒之间的扩散和烧结在露出表面进行(例如,参见专利文献3)。

[0004] 引用列表

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本专利号4409872

[0007] 专利文献2:日本的未审专利申请公开号2011-171291

[0008] 专利文献3:国际公开W02009/054309

发明内容

[0009] 在专利文献1中,碳纳米管不与金属母相反应。因此,由于碳纳米管的凝集体内部的气泡,专利文献1具有延伸率和导电性降低的问题,以及碳纳米管和金属母相之间结合不充分的问题。此外,衍生自专利文献2公开的细胞状结构的碳纳米管的分散度不足以提高强度。在专利文献3中,由于仍处于粉末状态的金属粉末颗粒通过热处理与碳纳米管反应,所以碳纳米管不能高度分散,并且结果,在加工为期望形状的经热处理的粉末中强度可能降低。

[0010] 在碳在其中容易扩散的包括诸如钛的金属的材料中,碳化物能够容易地分散。然而,碳不在铝中扩散,并且因此使碳化物的纳米颗粒难以均一地在包括铝的材料中分散。

[0011] 鉴于常规技术中的问题,完成本发明。本发明的目的是提供一种在维持导电性的同时具有提高的强度的铝系复合材料及其制造方法。

[0012] 根据本发明的第一方面的铝系复合材料包括铝母相和分散在铝母相中的棒状或者针状的碳化铝分散体。

[0013] 根据本发明的第二方面的铝系复合材料是所述第一方面的复合材料,其中所述分散体是通过棒状或者针状碳材料与铝母相中的铝反应而形成的。

[0014] 根据本发明的第三方面的铝系复合材料是所述第一方面或第二方面的复合材料,

其中所述分散体的长度与直径的比率[长度/直径]在1至30的范围内,所述长度在0.01nm至1000nm的范围内,所述直径在0.01nm至200nm的范围内。

[0015] 一种根据本发明第四方面的铝系复合材料的制造方法,包括以下步骤:混合纯度99质量%以上的铝粉末和棒状或者针状碳材料,并且压制并成型获得的混合物,从而制备压粉体;以及在600℃至660℃加热所述压粉体以使所述碳材料与所述铝粉末中的铝反应,从而在铝母相中分散碳化铝的棒状或者针状分散体。

附图说明

[0016] 图1(a)是示出根据本实施方式的铝系复合材料中碳含量与拉伸强度之间的关系图表。图1(b)是示出根据本实施方式的铝系复合材料中碳含量与导电性之间的关系图表。

[0017] 图2是示出根据本实施方式的铝系复合材料的制造方法的流程图。

[0018] 图3(a)是示出铝的导电性和铝的氧含量之间的关系图表。图3(b)是示出铝的氧含量和铝粉末的表面积之间的关系图表。

[0019] 图4是示出实施例1的铝系复合材料的横截面的扫描电子显微镜图。

[0020] 图5是示出实施例1的铝系复合材料的拉曼光谱结果的图表。

[0021] 附图标记说明

[0022] 1 铝母相

[0023] 2 碳化铝(分散体)

具体实施方式

[0024] 以下,将参考附图描述根据本发明的实施方式的铝系复合材料及其制造方法。

[0025] [铝系复合材料]

[0026] 根据本实施方式的铝系复合材料包括铝母相和铝母相内分散的棒状或者针状的碳化铝分散体。

[0027] 通过常规的熔融法制造的纯铝材料具有仅约70MPa的拉伸强度。即使为了增加强度而添加了碳,由于碳相对于铝具有低润湿性,所以也难以在铝中均匀地分散碳。根据本实施方式的铝系复合材料制造为使得棒状或者针状碳材料吸附至铝粉末的表面,并且随后压制并在600℃以上烧结,如下所述。因此,碳化铝的棒状或者针状分散体在铝母相中高度分散,使得铝晶粒细微化。因此铝的固化构造精细地均一化,使得复合材料的强度和韧性增加。

[0028] 对于根据本实施方式的铝母相,优选地使用纯度99质量%以上的铝。可替换地,在日本工业标准JIS H2102(重熔用铝锭)中规定的纯铝锭中,也优选使用1类以上纯度的铝锭。铝锭的具体实例包括纯度99.7质量%以上的1类铝锭、纯度99.85质量%以上的特殊2类铝锭、以及纯度99.90质量%以上的特殊1类铝锭。本实施方式不仅可以使用纯度更高的特殊1类或特殊2类的昂贵铝锭,也可以使用纯度99.7质量%的廉价铝锭。这种用于铝母相的铝的使用能够增加获得的铝系复合材料的导电性。在根据本实施方式的整个铝系复合材料中,铝母相优选地以90质量%以上、更优选地以98质量%以上的量的包含。

[0029] 铝母相可以包含源自其原材料的或者生产过程中混合的不可避免的杂质。可能包

含在铝母相中的不可避免的杂质的实例包括锌 (Zn)、镍 (Ni)、锰 (Mn)、铷 (Rb)、铬 (Cr)、钛 (Ti)、锡 (Sn)、钒 (V)、镓 (Ga)、硼 (B) 以及钠 (Na)。这些元素以不阻碍本实施方式的效果或者对本实施方式的铝系复合材料的性质不具有特殊影响的量不可避免地包含。使用的铝锭中原本包含的元素包括在本文所述的不可避免的杂质中。在整个铝系复合材料中,不可避免的杂质优选地以0.07质量%以下的量、更优选以0.05质量%以下的量包含。

[0030] 在根据本实施方式的铝系复合材料中,铝母相内高度分散棒状或者针状的碳化铝 (Al_4C_3) 分散体。碳化铝是通过烧结棒状或者针状碳材料,与铝母相中的铝反应而获得的。碳材料可以是碳纳米管、碳纳米角、和碳纳米纤维所组成的组中选定的至少一种。碳纳米管特别优选地用作碳材料。

[0031] 使用的碳纳米管可以是任何传统已知的物质。碳纳米管的直径为例如在0.4nm至50nm的范围内,并且碳纳米管的平均长度为例如1 μ m以上。碳纳米管可以以这样的方式获得:通过预先用酸清洗碳纳米管而去除诸如铂的金属催化剂或者无定形碳,或者预先使碳纳米管经过高温处理从而石墨化。经过这样的处理的碳纳米管能够为高纯度或者高度结晶化的。

[0032] 在本实施方式中,铝母相中分散的棒状或者针状碳化铝是通过使棒状或者针状碳材料与铝母相中的铝反应而获得的。诸如碳纳米管的碳材料部分地或者全部地与铝母相中的铝反应。在本实施方式中,特别理想的是,全部碳材料与铝母相中的铝反应,使得成分变为碳化铝。然而,如果碳纳米管球状地凝集并且保留在铝母相中,凝集体内部的部分碳纳米管不与铝母相接触。结果,部分碳纳米管可以原样保留在铝母相内部。出于改进铝系复合材料强度的考虑,优选地是95质量%以上、更优选地是98质量%以上的碳材料与铝母相中的铝反应。因此,特别理想的是全部碳材料与铝母相中的铝反应。

[0033] 铝母相中分散的分散体优选地具有棒状或者针状形状。棒状或者针状形状能够提高铝母相中的分散体的分散性并且进一步细化化铝的晶粒。当分散体具有棒状或者针状形状时,长度(L)与直径(D)的比率(长度(L)/直径(D))优选地在1至30的范围内。长度(L)优选地在0.01nm至1000nm的范围内,并且直径(D)优选地在0.01nm至200nm的范围内。分散体的长度和直径能够通过利用透射式电子显微镜观察铝系复合材料的横截面而测量。

[0034] 铝母相中的分散体中相邻颗粒之间的间隙优选为2 μ m以下。2 μ m以下的间隙有助于增加铝母相中的分散体的分散性从而细化化铝的晶粒。分散体中相邻颗粒之间的间隙也能够通过利用透射式电子显微镜观察铝系复合材料的横截面而测量。

[0035] 包括在根据本实施方式的铝系复合材料中的分散体的量优选为以碳计在0.1质量%至2.0质量%的范围内。当铝系复合材料用于电线时,这个范围内的分散体的量能够确保期望的拉伸强度和导电性。图1(a)示出铝系复合材料的碳含量和铝系复合材料的拉伸强度之间的关系。图1(b)示出铝系复合材料的碳含量和铝系复合材料的导电性之间的关系。如图1所示,分散体与拉伸强度和导电性之间存在线性函数相关关系。随着铝系复合材料的碳含量增加,拉伸强度增加,同时导电性降低。当铝系复合材料用作电线用材料时,导电性优选为30% IACS以上。因此,铝系复合材料中分散体的量优选为以碳计2.0质量%以下,如图1(b)所示。

[0036] 在根据本实施方式的铝系复合材料中,铝母相的晶粒直径优选为2 μ m以下。铝母相的晶粒直径减小至2 μ m以下能够增加铝系复合材料的强度和韧性。铝母相的晶粒直径能够

通过线性分析获得。

[0037] 根据本实施方式的铝系复合材料优选为具有200MPa以上的拉伸强度和30% IACS以上的导电性。具有这样性质的铝系复合材料能够适当地用于包括横截面面积为 0.35mm^2 的导体的电线。根据本实施方式的铝系复合材料还优选地具有140MPa以上的拉伸强度和53% IACS以上的导电性。具有这样性质的铝系复合材料能够适当地用于包括横截面面积为 0.5mm^2 的导体的电线。根据本实施方式的铝系复合材料进一步优选地具有94MPa以上的拉伸强度和58% IACS以上的导电性。具有这样性质的铝系复合材料能够适当地用于包括横截面面积为 0.75mm^2 的导体的电线。本文所述的拉伸强度能够根据JIS Z2241 (在室温下的金属材料拉伸测试法) 测量。本文所述的导电性能够根据JIS H0505 (非铁材料的电阻率和电导率的测量方法) 测量。

[0038] 由于根据本实施方式的铝系复合材料具有如上所述的高导电性和高强度, 所以铝系复合材料能够通过对其进行拉丝处理而用于电线的导体。仅要求用于本实施方式的电线包括导体 (诸如绞合导体) 以及设置在导体周围的覆盖层, 所述导体包括由铝系复合材料制成的股线 (strand)。不特别限制电线的其他构造、形状以及制造方法。

[0039] 导体中包括的股线不限于特定形状。例如, 当圆股线用于车辆的电线时, 直径 (最终电线直径) 优选为约0.07mm至1.5mm的范围内、更优选为约0.14mm至0.5mm的范围内。

[0040] 覆盖层中使用的树脂可以是任何任意选择的已知绝缘树脂, 例如, 交联聚乙烯、诸如聚丙烯的烯烃树脂、以及氯乙烯, 并且覆盖层的厚度可以任意地确定。具有上述性质的电线可以用于各种类型的应用, 诸如电气或者电子构件、机械构件、车辆用构件、以及建筑材料。电线特别优选地用于车辆用电线。

[0041] 具有包括根据本实施方式的铝系复合材料的导体的电线可以与具有包括另一金属材料的导体的电线通过冷固态焊接结合。为了便于连接至电子设备, 包括铝系复合材料的导体可以配备有通过卷边 (crimping) 而装接的端子金属件。

[0042] 根据本实施方式的铝系复合材料包括铝母相和铝母相内分散的棒状或者针状的碳化铝分散体。由于碳化铝的纳米颗粒在铝母相中高度分散从而使铝的晶粒细微化, 所以铝系复合材料的强度和韧性能够增加至与铜大致相同的水平。分散体是通过使棒状或者针状碳材料与铝母相中的铝反应而获得的。分散体与母相的反应导致材料的均一化, 从而抑制复合材料的延伸和传导性的降低。

[0043] [铝系复合材料的制造方法]

[0044] 下面描述根据本实施方式的铝系复合材料的制造方法。首先, 如图2所示, 称重作为铝系复合材料的原材料的铝粉末和碳材料。使用的铝粉末优选为具有纯度99质量%以上的铝以增加导电性。使用的碳材料优选为碳纳米管、碳纳米角或者碳纳米纤维。

[0045] 在称重的步骤中, 称重铝粉末和碳材料, 使得包括在获得的铝系复合材料中的分散体的量优选为以碳计在0.1质量%至2.0质量%的范围内。

[0046] 将称重的铝粉末和碳材料混合在一起, 以制备混合粉末。铝粉末和碳材料的混合方法可以是但不限于通过研磨的干法或者通过使用例如酒精混合的湿法中的任一个。

[0047] 接着, 混合的铝粉末和碳材料被压制并成型, 以制备压粉体。在成型的步骤中, 压力施加于混合粉末, 从而制备压粉体。成型的步骤优选地通过压实混合粉末使得混合粉末中铝粉末和碳材料之间的间隙最小化而实施。

[0048] 在制备压粉体的步骤中,可以使用已知的方法对混合粉末施加压力。方法的实例可以为将混合粉末放置在圆柱成型容器中并随后对容器中的混合粉末施加压力的方法。施加于混合粉末的压力优选地,但不必需,调节为使得混合粉末中铝粉末和碳材料之间的间隙最小化。例如,施加于混合粉末的压力可以是600MPa,其能够使铝粉末处于良好的成型状态。可以在室温下实施在成型步骤中对混合粉末施加压力。在成型步骤中,压力施加于混合粉末的时间可以在5至60秒的范围内。

[0049] 接着,烧结由此获得的压粉体,使得铝粉末与碳材料反应,从而生成铝母相中的碳化铝。由于要求铝粉末与碳材料反应以生产碳化铝,所以使得压粉体的烧结温度设定为600℃以上而实施烧结的步骤。如果压粉体的烧结温度低于600℃,则铝粉末不能与碳材料充分反应,这可能导致获得的铝系复合材料的强度不足。烧结温度的上限优选为,但不限于,低于或者等于铝的熔点660℃。

[0050] 压粉体烧结的时间优选为,但不限于,足以使铝粉末与碳材料反应的时间。特别地,例如,压粉体烧结的时间优选为0.5至5小时的范围内。为了抑制铝粉末和碳材料氧化,压粉体的烧结要求在惰性气氛中实施。

[0051] 能够通过上述烧结步骤获得其中碳化铝的棒状或者针状分散体在铝母相中分散的铝系复合材料。为了便于将获得的铝系复合材料加工为导线,优选地对烧结步骤中获得的烧结体进行挤出加工。由此能够通过挤出加工烧结体而获得作为导线的前体的盘条。

[0052] 挤出加工烧结体的方法可以是,但不限于已知的方法。方法的实例可以是将烧结体放置在圆柱形挤出设备中并随后加热并挤出烧结体的方法。烧结体的加热优选地在能够充分挤出烧结体的300℃以上的温度下实施。诸如盘条的固体材料能够通过挤出加工而获得。如此例如,重复地对获得的盘条进行热处理和挤出加工,从而获得电线用导体。

[0053] 在根据本实施方式的制造方法中,铝粉末的平均粒径(D50)优选为0.25μm以上。平均粒径小于0.25μm的铝粉末可以增加获得的铝系复合材料的强度;然而,铝粉末的表面上氧的量增加,可能降低导电性。换言之,铝与空气中的氧反应在表面上形成致密的氧化膜并且可能导致导电性降低。

[0054] 图3(a)示出铝的导电性和铝的氧含量之间的关系。图3(b)示出铝的氧含量和铝粉末的表面积之间的关系。如上所述,当铝系复合材料用作电线用材料时,导电性优选为30% IACS以上。如图3(a)所示,铝的氧含量优选为1.57质量%以下。如图3(b)所示,为了使铝的氧含量在1.57质量%以下,铝粉末的比表面积优选为17.45m²/g以下。为了将铝粉末的比表面积减少至17.45m²/g以下,铝粉末的平均粒径(D50)优选为0.25μm以上。

[0055] 铝粉末的平均粒径的上限不限于特定值。然而,当铝粉末的形状为大致球状时,铝粉末的平均粒径优选为5μm以下。超过5μm的平均粒径减小铝粉末的比表面积,使碳材料的分散性降低。结果,获得的碳化铝的分散性也降低,并且其可能难以细微化铝的晶粒。形状为大致球状的铝粉末是指铝粉末的纵横比在1至2的范围内。如本文所述的,纵横比是指示颗粒的显微图像中最大长径与垂直于最大长径的宽度的比率[最大长径/垂直于最大长径的宽度]限定的颗粒的形状的指数。

[0056] 当铝粉末具有扁平形状时,铝粉末厚度的减小能够增加表面积,从而增加碳材料在粉末表面上的分散性。例如,粉末直径(粒径)20μm的球状粉末加工为厚度1μm且长径72μm的扁平形状,从而与粉末直径3μm的球状粉末具有大致相同的表面积。因此,当铝粉末具有

扁平形状时,铝粉末的平均粒径的上限不限于特定值。具有扁平形状的铝粉末是指铝粉末中最大长径与厚度的比率[最大长径/厚度]在10至100的范围内。可以通过利用扫描电子显微镜(SEM)分析而测量铝粉末平均粒径、最大长径、垂直于最大长径的宽度、以及厚度。

[0057] 将铝粉末加工为扁平形状的方法可以是,但不限于已知的方法。例如,将直径(ϕ)5 μm 至10 μm 的球、铝粉末、以及碳材料放置在行星式球磨机的壶中并进行旋转处理,从而获得具有扁平形状的铝粉末。

[0058] 根据本实施方式的铝系复合材料的制造方法包括混合纯度99质量%以上的铝粉末和棒状或者针状碳材料,并且压制并成型获得的混合物以制备压粉体的步骤。制造方法进一步包括在600 $^{\circ}\text{C}$ 至660 $^{\circ}\text{C}$ 加热压粉体以使碳材料与铝粉末中的铝反应,从而在铝母相中分散碳化铝的棒状或者针状分散体的步骤。在铝母相中碳材料的结构维持不变的常规方法中,温度控制是复杂的。然而,由于在烧结步骤中碳材料与铝反应,根据本实施方式的制造方法能够不需要复杂的温度控制而简化制造过程。

[0059] 实施例

[0060] 下面参考实施例和比较例更详细地描述本发明,但是不意在限制为这些实施例。

[0061] [实施例1]

[0062] 首先,称重铝粉末和碳纳米管,使得获得的铝系复合材料中碳化铝的含量为4.00质量%。使用的铝粉末是粉末直径20 μm 的ALE16PB(可从Kojundo Chemical Laboratory Co.,Ltd.获得)。使用的碳纳米管为FloTube 9000 G2(可从Cnano Technology Limited获得)。

[0063] 接着,称重的铝粉末和碳纳米管放置在行星式球磨机的壶中并进行旋转处理,从而制备混合粉末。获得的混合粉末放置在金属模具中并在室温下以600MPa压制,以制备压粉体。

[0064] 用电炉在630 $^{\circ}\text{C}$ 的真空下加热由此获得的压粉体300分钟,从而制备此实施例的样品。

[0065] [实施例2]

[0066] 使用的铝粉末是粉末直径3 μm 的ALE11PB(可从Kojundo Chemical Laboratory Co.,Ltd.获得)。称重铝粉末和碳纳米管,使得获得的铝系复合材料中碳化铝的含量为4.84质量%。以与实施例1中相同的方式进行其他步骤,从而制备本实施例的样品。

[0067] [实施例3]

[0068] 称重粉末和碳纳米管,使得获得的铝系复合材料中碳化铝的含量为3.16质量%。以与实施例2中相同的方式进行其他步骤,从而制备此实施例的样品。

[0069] [实施例4]

[0070] 称重粉末和碳纳米管,使得获得的铝系复合材料中碳化铝的含量为0.40质量%。以与实施例2中相同的方式进行其他步骤,从而制备此实施例的样品。

[0071] [实施例5]

[0072] 称重粉末和碳纳米管,使得获得的铝系复合材料中碳化铝的含量为4.00质量%。当制备混合粉末时,添加2.00质量%的硬脂酸作为研磨辅助剂。使用的铝粉末是粉末直径20 μm 的ALE16PB(可从Kojundo Chemical Laboratory Co.,Ltd.获得)。使用的碳纳米管为Baytubes C 150P(可从Bayer Material Science获得)。以与实施例1中相同的方式进行其

他步骤,从而制备此实施例的样品。

[0073] [比较例1]

[0074] 除了不添加碳纳米管之外,以与实施例2相同的方式进行流程,从而制备此实施例的样品。

[0075] [比较例2]

[0076] 将通过JIS 1060-0规定的熔融法获得的铝熟料(wrought material)用作此实施例的样品。

[0077] [评价]

[0078] 根据JIS Z2241测量实施例和比较例中获得的各个样品的屈服应力、拉伸强度和延展性。另外,根据JIS H0505测量各个样品的导电性。此外,利用扫描电子显微镜分析各个样品的横截面,从而通过线性分析获得铝母相的晶粒直径。表1示出实施例和比较例的各个样品的屈服应力、拉伸强度、延伸、导电性和晶粒直径,以及各个样品的组成。

[0079] [表1]

[0080]

	样品	屈服应力 (MPa)	拉伸强度 (MPa)	延伸 (%)	导电性 (% IACS)	晶粒直径 (μm)
实施例1	Al(粉末直径20 μm)/ 4.00质量% Al_2C_3 复合材料	153	226	18.9	51.3	0.83
实施例2	Al(粉末直径3 μm)/ 4.84质量% Al_2C_3 复合材料	154	221	21.2	46.9	0.75
实施例3	Al(粉末直径3 μm)/ 3.16质量% Al_2C_3 复合材料	158	189	19.9	55.8	0.80
实施例4	Al(粉末直径3 μm)/ 0.40质量% Al_2C_3 复合材料	140	169	36.9	58.1	1.43
实施例5	Al(粉末直径20 μm)/ 4.00质量% Al_2C_3 复合材料	307	403	7.0	-	-
比较例1	通过粉末冶金法获得的纯Al材料 (粉末直径3 μm)	135	156	37.4	56.7	1.28
比较例2	通过熔融法获得的铝熟料 (JIS 1060-O)	30	70	43.0	62.0	30~100

[0081] 表1中的结果示出,相比于比较例1和2,根据本发明的实施例1至5提高了拉伸强度。通过实施例1和2与比较例1之间的比较显而易见的是,碳化铝的含量增加降低了导电性,但是显著提高了拉伸强度。通过实施例3和4与比较例1之间的比较显而易见的是,适当调整碳化铝的含量能够在维持导电性的同时提高拉伸强度。

[0082] 在实施例中,在铝粉末和碳纳米管的混合步骤中使用行星式球磨机能够使铝粉末成为扁平形状。

[0083] 图4示出当利用扫描电子显微镜观察实施例1的样品的横截面时的图像。如图4所示,观察结果表明实施例1的铝系复合材料包括在铝母相1中高度分散的碳化铝2的颗粒。

[0084] 图5示出实施例1的铝系复合材料的拉曼光谱分析结果。图5中的项目(1)是实施例1的铝系复合材料的光谱,并且项目(2)是其中部分碳材料未与铝反应的铝系复合材料的光谱。图5中项目(3)是实施例1中铝粉末和碳纳米管(CNT)的压粉体的光谱,并且项目(4)是碳

纳米管本身的光谱。如图5所示,实施例1的铝系复合材料具有与碳化铝(Al_4C_3)相关的峰,但是没有碳纳米管的D峰或者G峰。然而,光谱(2)至(4)各自显示了碳纳米管的D峰和G峰。对实施例1的铝系复合材料的分析表明,作为碳材料的碳纳米管与铝反应从而变化为碳化铝。

[0085] 虽然上文已经通过参考实施例描述了本发明,但本发明不意被其描述所限制,并且在本发明的范围内的各种修改对本领域技术人员是显而易见的。

[0086] 日本专利申请No.P2014-114365(2014年6月2日提交)的全部内容作为参考并入本文。

[0087] 工业应用性

[0088] 获得根据本发明的铝系复合材料,通过使得碳化铝的棒状或者针状分散体在铝母相中高度分散而获得,从而细微化铝的晶粒。结果,能够使铝系复合材料的强度和韧性提高至与铜同等的水平。此外,分散体与母相的反应导致材料中的均一化,从而抑制复合材料的延伸和导电性的降低。

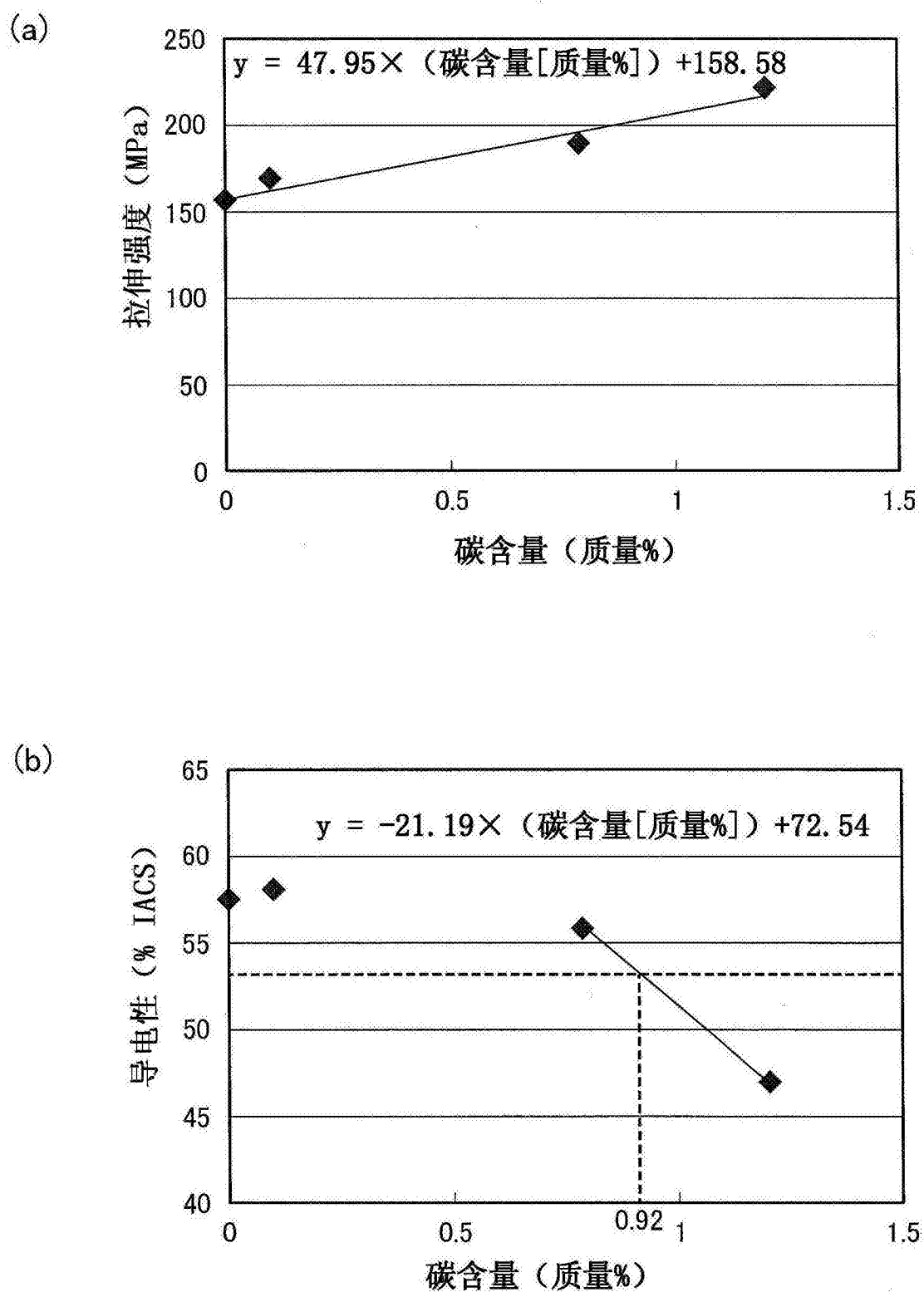


图1

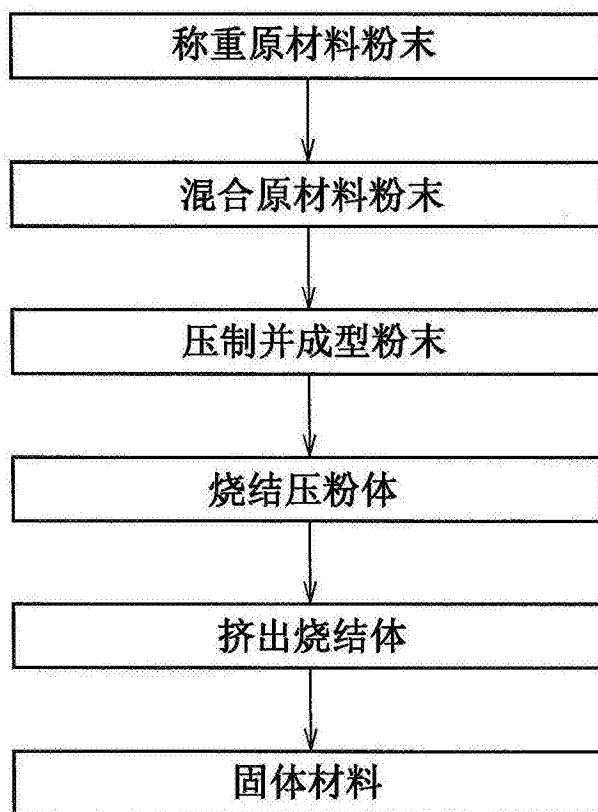
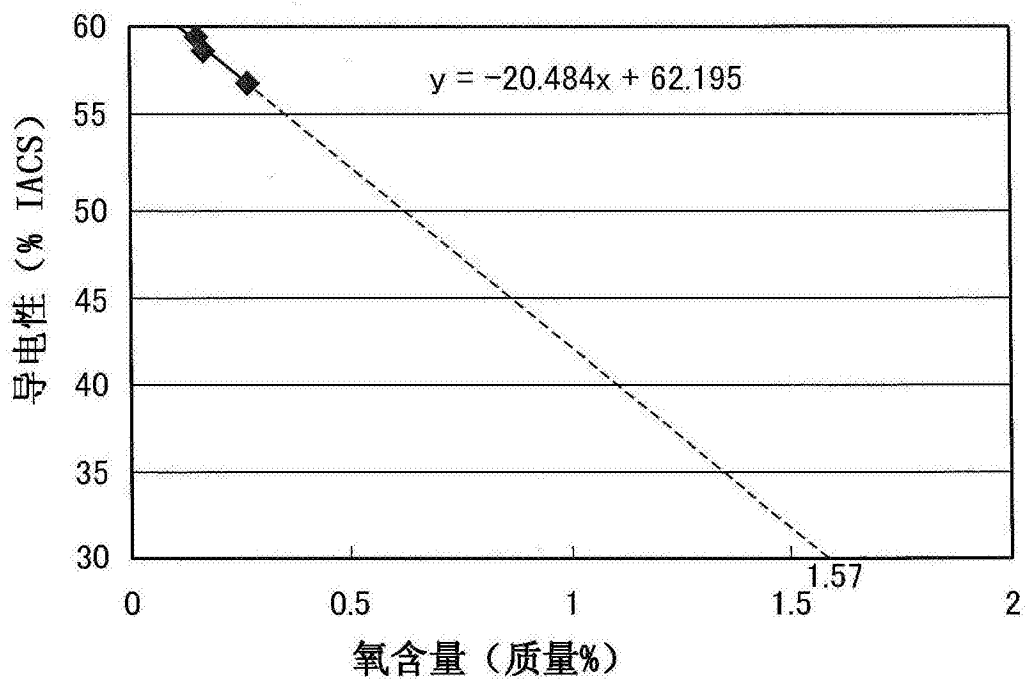


图2

(a)



(b)

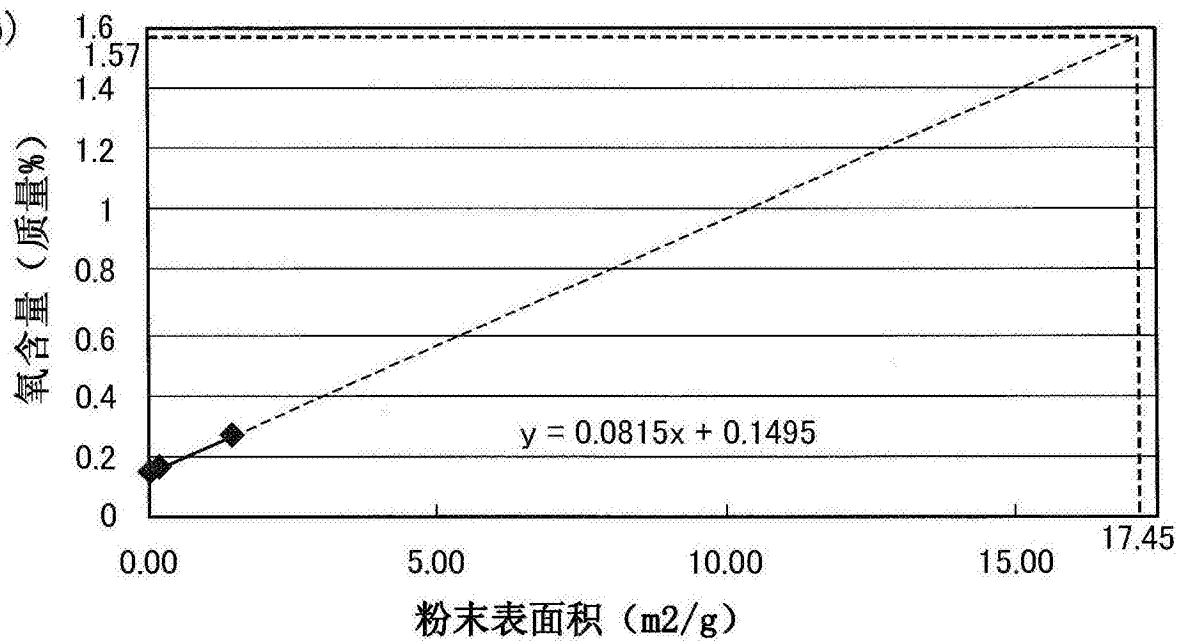


图3

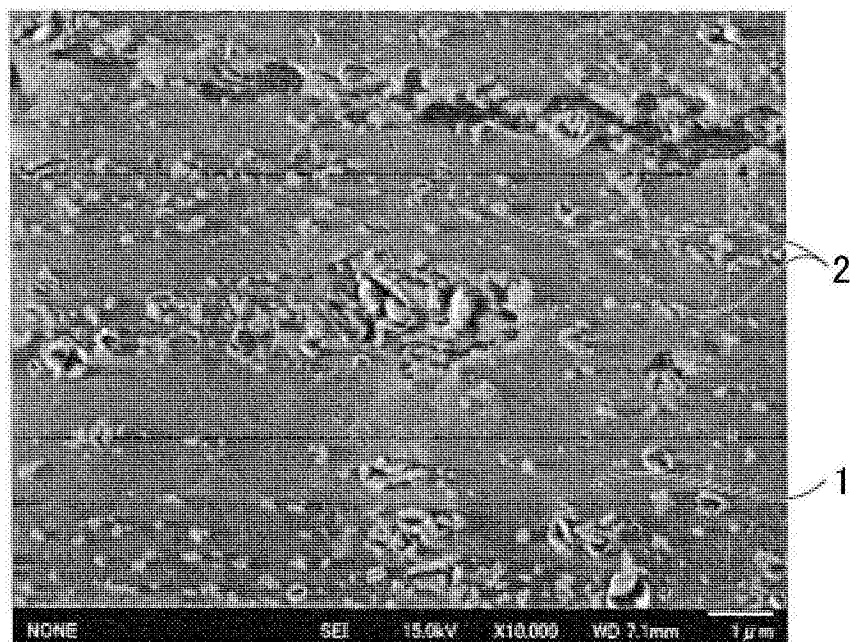


图4

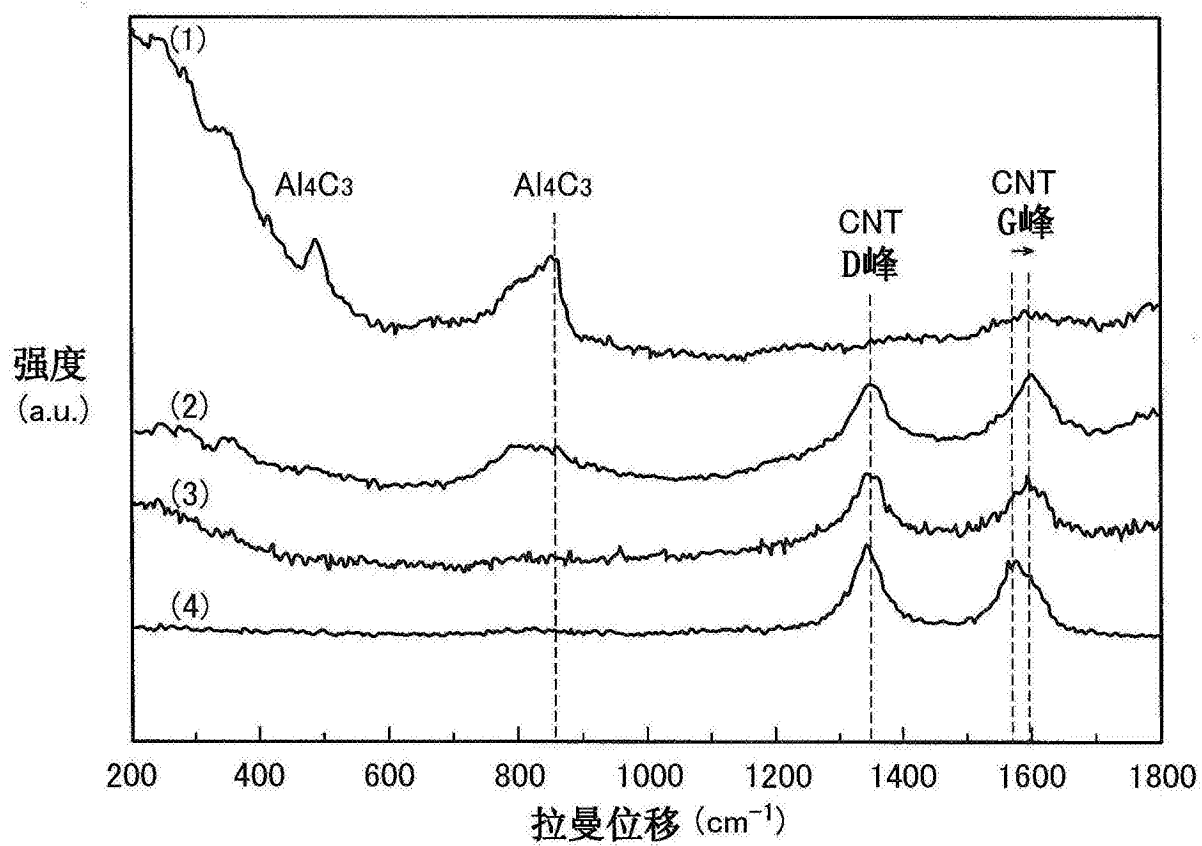


图5