



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107709588 A

(43)申请公布日 2018.02.16

(21)申请号 201680034009.1

桑原铁也 草刈美里

(22)申请日 2016.05.23

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司 11219

(30)优先权数据

代理人 高培培 谢丽娜

2015-118885 2015.06.12 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(51)Int.Cl.

2017.12.11

G22C 21/00(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

H01B 1/02(2006.01)

PCT/JP2016/065116 2016.05.23

H01B 5/02(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

H01B 7/00(2006.01)

W02016/199564 JA 2016.12.15

G22F 1/00(2006.01)

G22F 1/04(2006.01)

(71)申请人 株式会社自动网络技术研究所

地址 日本三重县

申请人 住友电装株式会社

住友电气工业株式会社

(72)发明人 小林启之 田口欣司 大冢保之

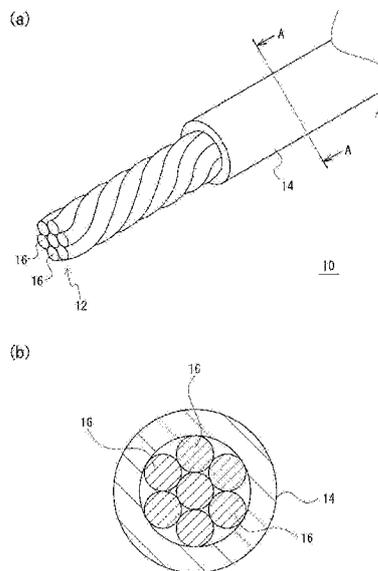
权利要求书1页 说明书10页 附图2页

(54)发明名称

铝合金线、铝合金绞线、包覆电线以及线束

(57)摘要

本发明提供一种在连接有端子配件时的冲击强度优异的铝合金线、铝合金绞线、包覆电线以及线束。形成如下的铝合金线(16):含有0.03质量%以上且1.5质量%以下的Mg、0.02质量%以上且2.0质量%以下的Si、0.1质量%以上且0.6质量%以下的Fe,剩余部分由Al以及杂质构成,Mg<sub>2</sub>Si析出物是纵横尺寸比为2.0~6.0的针状。另外,形成绞合多根该铝合金线(16)而成的铝合金绞线(12)、利用绝缘包覆层(14)覆盖包括该铝合金线(16)在内的导体的外周而成的包覆电线(10)、在该包覆电线(10)的导体安装端子配件而成的线束。



1. 一种铝合金线,其特征在于,  
含有0.03质量%以上且1.5质量%以下的Mg、0.02质量%以上且2.0质量%以下的Si、0.1质量%以上且0.6质量%以下的Fe,剩余部分由Al以及杂质构成,Mg<sub>2</sub>Si析出物是纵横尺寸比为2.0~6.0的针状。
2. 根据权利要求1所述的铝合金线,其特征在于,  
所述铝合金线还含有0.01质量%以上的Zr。
3. 根据权利要求1或2所述的铝合金线,其特征在于,  
所述铝合金线还含有0.08质量%以下的Ti。
4. 根据权利要求3所述的铝合金线,其特征在于,  
所述铝合金线还含有0.016质量%以下的B。
5. 根据权利要求1至4中的任一项所述的铝合金线,其特征在于,  
位错密度是 $5.0 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ 以下。
6. 根据权利要求1至5中的任一项所述的铝合金线,其特征在于,  
径向截面的 $350 \times 425 \text{nm}$ 的范围内的粒径为5~50nm的所述Mg<sub>2</sub>Si析出物的量是100个以上。
7. 根据权利要求1至6中的任一项所述的铝合金线,其特征在于,  
所述Mg<sub>2</sub>Si析出物的长度小于40nm。
8. 根据权利要求1至7中的任一项所述的铝合金线,其特征在于,  
所述Mg<sub>2</sub>Si析出物沿轴向取向。
9. 根据权利要求1至8中的任一项所述的铝合金线,其特征在于,  
抗拉强度是150MPa以上,伸长率是5%以上,导电率是40% IACS以上。
10. 根据权利要求1至9中的任一项所述的铝合金线,其特征在于,  
线径是0.5mm以下。
11. 一种铝合金绞线,其特征在于,  
所述铝合金绞线是将多根权利要求1至10中的任一项所述的铝合金线绞合而成的。
12. 根据权利要求11所述的铝合金绞线,其特征在于,  
所述铝合金绞线是在径向上压缩成形而成的。
13. 一种包覆电线,其特征在于,  
所述包覆电线是利用绝缘包覆层覆盖导体的外周而成的,所述导体包括权利要求1至10中的任一项所述的铝合金线。
14. 一种线束,其特征在于,  
所述线束是在权利要求13所述的包覆电线的导体上安装端子配件而成的。

## 铝合金线、铝合金绞线、包覆电线以及线束

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种适合作为电线的导体的铝合金线和铝合金绞线并将它们用作导体的包覆电线以及线束。

### 背景技术

[0002] 提出了使用铝合金线作为汽车用电线等电线的导体。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本专利第5607853号公报

### 发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 然而,以往的铝合金线在形成为例如线径是0.5mm以下等极细线的情况下,不具有充分的强度。另外,在连接有端子配件时的冲击强度不够充分。

[0008] 本发明要解决的课题在于,提供一种连接有端子配件时的冲击强度优异的铝合金线、铝合金绞线、包覆电线以及线束。

[0009] 用于解决课题的技术方案

[0010] 为了解决上述课题,本发明涉及一种铝合金线,其主旨在于,含有0.03质量%以上且1.5质量%以下的Mg、0.02质量%以上且2.0质量%以下的Si、0.1质量%以上且0.6质量%以下的Fe,剩余部分由Al以及杂质构成,Mg<sub>2</sub>Si析出物是纵横尺寸比为2.0~6.0的针状。

[0011] 在本发明的铝合金线中,优选还含有0.01质量%以上的Zr。另外,优选还含有0.08质量%以下的Ti。另外,优选还含有0.016质量%以下的B。

[0012] 在本发明的铝合金线中,优选的是,位错密度是 $5.0 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ 以下。另外,优选的是,径向截面的 $350 \times 425 \text{nm}$ 的范围内的粒径为5~50nm的所述Mg<sub>2</sub>Si析出物的量是100个以上。另外,优选的是,所述Mg<sub>2</sub>Si析出物的长度小于40nm。另外,优选的是,所述Mg<sub>2</sub>Si析出物沿轴向取向。

[0013] 在本发明的铝合金线中,优选的是,抗拉强度是150MPa以上,伸长率是5%以上,导电率是40% IACS以上。在本发明的铝合金线中,线径也可以是0.5mm以下。

[0014] 而且,本发明涉及一种铝合金绞线,其主旨在于,该铝合金绞线是将多根本发明的铝合金线绞合而成的。

[0015] 本发明的铝合金绞线也可以在径向上压缩成形。

[0016] 而且,本发明涉及一种包覆电线,其主旨在于,该包覆电线是利用绝缘包覆层覆盖导体的外周而成的,所述导体包括本发明的铝合金线。

[0017] 另外,本发明涉及一种线束,其主旨在于,所述线束是在本发明的包覆电线的导体上安装端子配件而成的。

[0018] 发明效果

[0019] 根据本发明的铝合金线,含有0.03质量%以上且1.5质量%以下的Mg、0.02质量%以上且2.0质量%以下的Si、0.1质量%以上且0.6质量%以下的Fe,剩余部分由Al以及杂质构成,Mg<sub>2</sub>Si析出物是纵横尺寸比为2.0~6.0的针状,从而导电率高且强度和伸长率优异,并且,由于由加工硬化带来的强度提高,在连接有端子配件时的冲击强度优异。

[0020] 此时,如果还含有0.01质量%以上的Zr,则伸长率提高。另外,如果还含有0.08质量%以下的Ti,则使晶体组织变得细微,伸长率提高。如果在含有Ti的同时还含有0.016质量%以下的B,则晶体组织的细微化效果进一步提高。

[0021] 另外,如果位错密度是 $5.0 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ 以下,则在加工硬化方面优异,在连接有端子配件时的冲击强度提高。并且,如果Mg<sub>2</sub>Si析出物的量是预定量以上,则由析出强化带来的强度提高优异。另外,如果Mg<sub>2</sub>Si析出物的长度小于40nm,则能够兼顾高强度和高伸长率,冲击强度优异。另外,如果Mg<sub>2</sub>Si析出物沿轴向取向,则能够获得稳定的冲击强度。

[0022] 而且,如果抗拉强度是150MPa以上,伸长率是5%以上,导电率是40% IACS以上,则导电率高且强度和伸长率优异。

[0023] 而且,根据本发明的铝合金绞线、包覆电线、线束,导电率高且强度和伸长率优异,并且,由于由加工硬化带来的强度提高,在连接有端子配件时的冲击强度优异。

## 附图说明

[0024] 图1是本发明的一个实施方式的包覆电线的示意图(a)和A-A线剖视图(b)。

[0025] 图2是对图1(b)所示的铝合金绞线(导体)进行压缩成形而得到的包覆电线的剖视图。

[0026] 图3是对连接有端子配件时的冲击强度进行测定的试验方法的示意图。

## 具体实施方式

[0027] 接下来,详细说明本发明的实施方式。

[0028] 在本发明的铝合金线中,铝合金是将Mg以及Si作为添加元素而设为必需的元素Al-Mg-Si系合金。是所谓的6000系铝合金,是将Mg<sub>2</sub>Si作为析出物的析出强化型的铝合金。在本发明的铝合金线中,Mg、Si、Fe是必需的添加成分,Zr、Ti、B是任意的添加成分。

[0029] Mg固溶于Al或者在Al中析出而存在,从而有助于强度提高。Mg是强度的提高效果较高的元素,特别是,通过在特定的范围内含有Mg且同时在特定的范围内含有Si,能够有效地实现由时效硬化带来的强度的提高。从强度提高的观点考虑,Mg的含量是0.03质量%以上。优选是0.2质量%以上,更优选是0.3质量%以上。另一方面,从抑制由Mg的添加导致的导电率、伸长率的降低的观点考虑,Mg的含量是1.5质量%以下。优选是0.9质量%以下,更优选是0.8质量%以下。

[0030] Si固溶于Al或者在Al中析出而存在,从而有助于强度提高。通过在特定的范围内含有Si且同时在特定的范围内含有Mg,能够有效地实现由时效硬化带来的强度的提高。从强度提高的观点考虑,Si的含量是0.02质量%以上。优选是0.1质量%以上,更优选是0.3质量%以上。另一方面,从抑制由Si的添加导致的导电率、伸长率的降低的观点考虑,Si的含量是2.0质量%以下。优选是1.5质量%以下,更优选是0.8质量%以下。

[0031] Fe使Al合金的晶体细微化,有助于伸长率的提高。另外,对强度的提高也有效果。从伸长率、强度的提高的观点考虑,Fe的含量是0.1质量%以上。优选是0.15质量%以上。另一方面,从抑制导电率的降低的观点考虑,Fe的含量是0.6质量%以下。优选是0.3质量%以下。

[0032] Zr使Al合金的晶体细微化,有助于伸长率的提高。Zr的细微化效果、伸长率的提高效果较大,且即使是极微量,也能够提高伸长率。另外,即使经受制造时、使用时的热历程,也不易使晶粒生长,容易将晶粒维持于细微的状态。即,对高温强度、耐热性等高温特性也有贡献。从伸长率的提高效果优异等观点考虑,Zr的含量优选是0.01质量%以上。更优选是0.02质量%以上。另一方面,从抑制导电率的降低、铸造时的开裂等观点考虑,Zr的含量优选是0.4质量%以下。更优选是0.2质量%以下,进一步优选是0.1质量%以下。

[0033] Ti具有使铸造时的Al合金的晶体组织变得细微的效果。从细微化效果的观点考虑,Ti的含量优选是0.005质量%以上。另一方面,从抑制导电率的降低等观点考虑,Ti的含量优选是0.08质量%以下。更优选是0.05质量%以下,进一步优选是0.02质量%以下。

[0034] B具有使铸造时的Al合金的晶体组织变得细微的效果。也可以不与Ti一起而单独使用B,但是,与单独使用Ti或者单独使用B相比,在与Ti一起使用的情况下细微化效果更优异。从细微化效果的观点考虑,B的含量优选是0.0005质量%以上。更优选是0.001质量%以上。另一方面,从抑制导电率的降低等观点考虑,B的含量优选是0.016质量%以下。更优选是0.01质量%以下。

[0035] 在本发明的铝合金线中, $Mg_2Si$ 析出物是针状的。其纵横尺寸比处于2.0~6.0的范围内。由此,在加工硬化方面变得优异,由于连接端子配件时的加工硬化,强度提高,使得冲击强度变得优异。在连接端子配件时,铝合金线通过压接而被压缩,由于截面缺损而使强度降低。通过在压缩时进行加工硬化,补偿该强度降低,使得冲击强度变得优异。在本发明的铝合金线中,例如通过细致地设定热处理条件,能够将 $Mg_2Si$ 析出物形成为针状,进而使其纵横尺寸比处于特定范围内。

[0036] 关于上述纵横尺寸比,能够对 $Mg_2Si$ 析出物的长度和宽度进行计测并用该长度和宽度之比来表示。 $Mg_2Si$ 析出物的长度是 $Mg_2Si$ 析出物的粒子中的最大长度(长轴)。 $Mg_2Si$ 析出物的宽度是与长轴正交的方向上的最大长度(短轴)。

[0037] 在本发明的铝合金线中,晶粒内的 $Mg_2Si$ 析出物的长轴优选小于40nm。更优选是35nm以下,进一步优选是30nm以下。如果 $Mg_2Si$ 析出物的长轴小于40nm,则由于晶粒内的钉扎效应而使强度上升,进而,位错不易累积,因此还能够兼顾伸长率。另一方面, $Mg_2Si$ 析出物的长轴优选是2nm以上。更优选是3nm以上,进一步优选是5nm以上。如果 $Mg_2Si$ 析出物的长轴是2nm以上,则在铝合金线发生变形时没有 $Mg_2Si$ 析出物由于破损(折断等)而强度降低的担忧。在本发明的铝合金线中,例如通过细致地设定热处理条件,能够使 $Mg_2Si$ 析出物的长轴处于特定范围内。

[0038] 在本发明的铝合金线中, $Mg_2Si$ 析出物有助于强度提高。从强度提高等观点考虑, $Mg_2Si$ 析出物的量优选在径向截面的 $350 \times 425nm$ 的范围内是100个以上。更优选是150个以上。另一方面,当析出物变多时强度提高,但是,从伸长率降低、加工硬化变得困难等观点考虑, $Mg_2Si$ 析出物的量优选在径向截面的 $350 \times 425nm$ 的范围内是1000个以下。更优选是800个以下。 $Mg_2Si$ 析出物的量能够根据添加元素的添加量、制造条件(软化条件、时效条件、工

序顺序等)而设定在特定范围内。

[0039] 针对粒径5~50nm的Mg<sub>2</sub>Si析出物,计测Mg<sub>2</sub>Si析出物的长度、宽度、纵横尺寸比、量(个数)。粒径用长轴的长度表示。这些计测能够通过利用透射型电子显微镜(TEM)观察铝合金线的径向截面的350×425nm的范围来进行。TEM观察是在同一样品中能够确认Mg<sub>2</sub>Si析出物的部位的5个视场以上范围进行的。针对观测的粒径5~50nm的全部Mg<sub>2</sub>Si析出物,计测Mg<sub>2</sub>Si析出物的长度、宽度、纵横尺寸比,并用其平均值来表示。Mg<sub>2</sub>Si析出物的量(个数)用观察的5个视场以上的视场的平均值来表示。此外,粒径超过50nm的Mg<sub>2</sub>Si析出物是粗大且对强度无效的Mg<sub>2</sub>Si析出物。粒径超过50nm的Mg<sub>2</sub>Si析出物能够通过视场16μm×6.8μm的范围内用TEM进行观察来计测。TEM观察能够在同一样品中能够确认粗大的Mg<sub>2</sub>Si析出物的部位的5个视场以上范围进行。粒径超过50nm的粗大的Mg<sub>2</sub>Si析出物优选是50个以下。

[0040] 在本发明的铝合金线中,Mg<sub>2</sub>Si析出物优选沿着铝合金线的轴向取向。由此,强度提高。

[0041] 在本发明的铝合金线中,铝合金优选位错较少。如果位错较少,则在加工硬化方面优异。作为位错密度,优选是 $5.0 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ 以下。更优选是 $1.0 \times 10^9 \text{cm}^{-2}$ 以下。能够通过热处理使位错减少。关于位错密度,能够利用透射型电子显微镜(TEM)观察由铝合金线制成的薄膜并通过Ham公式来计算。

[0042] 本发明的铝合金线的导电性、强度、伸长率优异,满足抗拉强度(室温)150MPa以上、导电率40% IACS以上、伸长率(室温)5%以上。抗拉强度以及导电率越高越好,但如果考虑与伸长率的平衡性,则抗拉强度(室温)的上限是400MPa左右,导电率的上限是60% IACS左右。抗拉强度以及伸长率能够依照JIS Z2241(金属材料拉伸试验方法、1998),使用通用的拉伸试验设备来测定。伸长率是断裂时的伸长率。导电率(% IACS)能够通过电桥法来测定。抗拉强度、伸长率、导电率能够根据添加元素的种类、添加量、制造条件(软化条件、时效条件、工序顺序等)而设定在特定范围内。

[0043] 本发明的铝合金线能够形成为线径0.5mm以下的极细线。例如在用于汽车用电线的导体的情况下,线径能够设为0.1mm以上且0.4mm以下。

[0044] 本发明的铝合金线能够形成为绞合多根而成的绞线(本发明的铝合金绞线)。通过形成为这样的绞线,则弯曲性更优异。另外,能够在提高了弯曲性的状态下确保高强度、较高的冲击特性。另外,在形成为线径0.5mm以下的极细线的情况下,也能够确保高强度、较高的冲击特性。绞合根数没有特别限定。例如,可列举出7、11、19、37、49、133根等。

[0045] 本发明的铝合金绞线能够在径向上进行压缩成形(圆形压缩成形)。由此,能够使铝合金线之间的间隙变小,使绞线整体的线径变小,有助于导体的小径化。

[0046] 在图1中示出本发明的一个实施方式的铝合金绞线的立体图(a)及其A-A线剖视图(b)。在图2中示出对图1(b)所示的导体进行压缩成形而得到的铝合金绞线的剖视图。

[0047] 如图1所示,铝合金绞线12是将多根(在图1中是7根)铝合金线16绞合而成的。如图2所示,铝合金绞线12能够在径向上进行压缩成形(圆形压缩成形)。

[0048] 本发明的铝合金线能够仅利用1根来构成电线的导体。另外,能够利用2根以上来构成电线的导体。另外,能够与其他金属线组合来构成电线的导体。另外,能够将包括本发明的铝合金线的本发明的铝合金绞线作为电线的导体。这样,能够将包括本发明的铝合金线的导体作为电线的导体。并且,通过利用绝缘包覆层覆盖包括本发明的铝合金线的导体

的外周,获得本发明的包覆电线。

[0049] 在本发明的包覆电线中,作为绝缘包覆层,没有特别限定。可列举出氯乙烯树脂(PVC)、烯炔类树脂等绝缘材料。在绝缘材料中也可以混合有氢氧化镁、溴类阻燃剂等阻燃剂。

[0050] 在图1中示出本发明的一个实施方式的包覆电线的立体图(a)及其A-A线剖视图(b)。在图2中示出对图1(b)所示的导体进行压缩成形而得到的包覆电线的剖视图。

[0051] 如图1、2所示,本发明的一个实施方式的包覆电线10是利用绝缘包覆层14覆盖由铝合金绞线12构成的导体的外周而成的。

[0052] 将端子配件连接到本发明的包覆电线的导体,能够构成本发明的线束。端子配件安装于导体末端。端子配件通过压接、焊接等各种连接方法而连接于导体。端子配件与对方侧端子配件连接。

[0053] 本发明的铝合金线由利用通过热处理析出的析出物使强度提高的热处理型的铝合金构成,能够使用铝合金材料通过至少具有固溶工序、拉丝工序和时效工序的制造方法来制造。

[0054] 铝合金材料通过对预定的组成的合金熔液进行铸造、轧制而获得。在铸造后的铝合金的晶体组织中,粗大的金属化合物析出,容易引起以粗粒作为起点的断裂,强度较低。

[0055] 固溶工序对通过铸造、轧制而获得的铝合金材料进行固溶处理。固溶处理是将铝合金材料加热到固溶极限温度以上的温度,使合金成分(固溶元素、析出强化元素)充分固溶之后进行冷却而成为过饱和固溶状态。固溶处理在能够使合金成分充分地固溶的温度下进行。固溶处理的温度可以设为450℃以上。固溶处理的温度优选是600℃以下,更优选是550℃以下。为了能够使合金成分充分地固溶,保持时间优选是30分以上。另外,从生产率的观点考虑,优选是5小时以内。更优选是3小时以内。

[0056] 固溶处理的加热过程后的冷却过程优选是急冷过程。通过设为急冷,能够防止固溶元素的过度析出。关于冷却速度,优选从固溶处理的温度至100℃以下为止的时间是10秒以内。这样的急冷能够通过浸渍到水等液体中、进行送风等强制冷却来进行。

[0057] 固溶处理可以在大气环境、非氧化性环境中的任一种环境下进行。非氧化性环境可列举出真空环境(减压环境)、氮、氩等惰性气体环境、含氢气体环境、含碳酸气体环境等。如果在非氧化性环境下进行,则不易在铝合金材料的表面形成氧化被膜。

[0058] 固溶处理也能够以连续处理和批处理(非连续处理)中的任一种处理方式进行。如果是连续处理,则容易在长条的线材的全长上以均匀的条件进行热处理,因此能够使特性的偏差变小。加热方法没有特别限定,可以是通电加热、感应加热、使用加热炉的加热中的任一种。如果加热方法是通电加热、感应加热,则容易进行快速加热、快速冷却,因此容易在短时间内进行固溶处理。如果加热方法是感应加热,则由于是非接触方式,能够防止铝合金材料受损伤。

[0059] 拉丝工序对铝合金材料进行拉丝加工,由铸造、轧制材料形成电线裸线。电线裸线是构成电线导体的线材,构成单线或者绞线。拉丝加工是对进行了固溶处理的铝合金材料进行的。因此,拉丝工序是固溶工序之后的工序。所获得的拉丝材料能够通过绞合所期望的根数而形成绞线。所获得的拉丝材料通常在保持单线的状态下或者在形成为绞线的状态下卷绕于卷筒,进行接下来的处理。如果拉丝工序在固溶工序之前,则在固溶工序中裸线彼

此熔接,因此,不满足制造性。

[0060] 时效工序对铝合金材料进行时效处理。时效处理通过对经固溶处理的铝合金的合金成分(固溶元素、析出强化元素)进行加热而析出化合物。因此,时效工序是固溶工序之后的工序。另外,从进行拉丝加工的容易程度考虑,时效工序可以设为拉丝工序之后的工序。

[0061] 时效处理在能够析出化合物的温度以上的温度下进行,是析出强化的处理,在不软化的条件下进行。因此,时效处理的温度优选处于0~200℃的范围内。在时效处理的温度超过200℃的情况下,铝合金材料容易软化。

[0062] 时效处理当在低温下长时间进行的情况下,容易使析出物细微分散,容易获得强度。如果在高温下进行,则析出物粗大且不均匀地析出,强度降低。因此,时效处理优选在0~200℃的范围内且在1~100小时的范围内进行。由此,使析出物细微分散,强度与导电性的平衡性变得良好。另外,从生产率的观点考虑,更优选在100~200℃的范围内且在1~24小时的范围内进行。

[0063] 时效处理可以在大气环境、非氧化性环境中的任一种环境下进行。如果在非氧化性环境下进行,则在铝合金材料的表面不易形成氧化被膜。时效处理能够以连续处理和批处理(非连续处理)中的任一种处理方式进行。如果是连续处理,则容易在长条的线材的全长上以均匀的条件进行热处理,因此,能够使特性的偏差变小。加热方法没有特别限定,可以是通电加热、感应加热、使用加热炉的加热中的任一种。如果加热方法是感应加热,则由于是非接触方式,能够防止铝合金材料受损伤。

[0064] 在时效工序之前,也可以设置软化工序。即,也可以对进行了软化处理的铝合金材料进行时效处理。软化工序对铝合金材料进行软化处理。软化处理是为了去除由于拉丝加工等加工产生的加工变形而进行的。因此,软化工序是拉丝工序之后的工序。对进行了拉丝加工的铝合金材料进行软化处理。通过进行软化处理,能够获得通过热处理型铝合金材料的通常的热精炼方法无法得到的伸长率,其结果是,作为电线特性,获得弯曲性、对线束的加工性(柔软性的提高)、冲击特性。

[0065] 软化处理在软化所需的温度以上的温度下进行。因此,软化处理的温度优选是250℃以上。更优选是300℃以上。在软化处理的温度低于250℃的情况下,铝合金材料难以充分地软化。另一方面,从生产率的观点考虑,软化处理的温度优选是600℃以下。更优选是550℃以下。

[0066] 软化处理在10秒以内的短时间内进行。软化处理的温度是引起时效析出的温度,是产生粗大的析出物的温度,因此,对于经固溶处理的热处理型的铝合金材料,如果软化处理的时间变长,则由于时效析出而使强度降低。因此,为了避免产生粗大的析出物(避免引起时效析出),需要在极短时间内进行软化处理,这是其原因。另外,从该观点考虑,软化处理更优选是5秒以内的短时间。

[0067] 软化处理如果以分批加热方式进行,则加热时间变长,因此,难以在短时间内进行。这样一来,在软化的同时,时效析出推进。因此,软化处理优选以连续加热方式进行。另外,如果设为连续加热方式,则容易在长条的线材的全长上以均匀的条件进行热处理,因此,能够使特性的偏差变小。作为连续加热方式,可列举出通电加热方式、感应加热方式、炉加热方式等。如果是通电加热方式、感应加热方式,则容易进行快速加热、快速冷却,因此,容易在短时间内进行固溶处理。如果是感应加热方式,则由于是非接触方式,能够防止铝合

金属材料受损伤。

[0068] 软化处理的加热过程后的冷却过程优选是急冷过程。通过设为急冷,能够防止固溶元素的过度析出。关于冷却速度,优选从软化处理的温度至100℃以下为止的时间是10秒以内。这样的急冷能够通过浸渍到水等液体中、进行送风等强制冷却来进行。

[0069] 软化处理可以在大气环境、非氧化性环境中的任一种环境下进行。非氧化性环境可列举出真空环境(减压环境)、氮、氩等惰性气体环境、含氢气体环境、含碳酸气体环境等。如果在非氧化性环境下进行,则在铝合金材料的表面不易形成氧化被膜。

[0070] 根据以上所示的铝合金线的制造方法,即使在细径电线的情况下,也能够获得具有高强度且具有高导电率、并且伸长率也优异、还满足制造性的铝电线。热处理型的铝合金材料由于金属化合物的析出强化而能够发挥优异的强度,因此能够抑制由添加元素导致的导电性的降低,并且实现强度提高。即,能够兼顾强度和导电性。并且,由于进行软化处理,因此,还能够确保优异的伸长率。该软化处理在10秒以内的短时间内进行,因此,在软化处理中,能够抑制粗大的金属化合物的析出,能够抑制强度降低。即,去除由拉丝加工引起的变形,并且抑制强度降低。并且,拉丝加工在进行固溶处理之后进行,因此不易产生裸线彼此的熔接,还满足制造性。由于该拉丝加工在固溶处理之后,因此,作为与固溶处理独立的用于去除加工变形的热处理,在拉丝加工后进行软化处理。

[0071] 实施例

[0072] 下面,说明本发明的实施例。

[0073] 对由表1所记载的合金组成构成的合金熔液进行铸造以及轧制,作为 $\phi 9.5\text{mm}$ 的线材,获得铝合金材料。使用所获得的铝合金材料,经过固溶处理、拉丝加工、软化处理、时效处理,制成预定线径的铝合金线。

[0074] (实施例1)

[0075] 将19根线径为0.155mm的铝合金线捆束并以扭绞间距16mm形成为绞线,不进行圆形压缩成形,而制成图1所示的形态的铝合金绞线。对于所获得的铝合金绞线,以包覆厚度0.2mm挤压包覆氯乙烯树脂,制成包覆电线。将端子配件压接到所获得的包覆电线的导体,制成线束。

[0076] (实施例2~7、比较例1~2)

[0077] 以表1所记载的线径、根数、扭绞间距,与实施例1同样地制成铝合金绞线。在实施例3、6、7中,进行圆形压缩成形,形成为图2的形态的铝合金绞线。另外,与实施例1同样地,制成包覆电线以及线束。

[0078] 针对所获得的铝合金线,测定抗拉强度、伸长率、导电率、位错密度、 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 析出物的量、 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 析出物的纵横尺寸比、 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 析出物的长轴、短轴。另外,针对所获得的线束,评价端子压接部处的耐冲击性。

[0079] (抗拉强度、伸长率)

[0080] 依照JIS Z2241(金属材料拉伸试验方法、1998),使用通用的拉伸试验设备来进行测定。

[0081] (导电率)

[0082] 通过电桥法进行测定。

[0083] (位错密度)

[0084] 通过FIB法,由所获得的铝合金线形成厚度 $0.15\mu\text{m}$ 的金属薄膜,利用透射型电子显微镜(TEM)观察该金属薄膜,拍摄最能够确认位错的部位的 $700\times 850\text{nm}$ 的范围。在该照片上横竖各划10根平行线,将该平行线的合计长度设为 $L$ ,将平行线与位错的交点的数量设为 $N$ ,将样品的厚度设为 $t$ ,通过计算式 $\rho=2N/(L\times t)$ 来计算位错密度 $\rho$ 。

[0085] (Mg<sub>2</sub>Si析出物的量)

[0086] 利用透射型电子显微镜(TEM)观察所获得的铝合金线的径向截面,拍摄 $700\times 850\text{nm}$ 的范围,在 $350\times 425\text{nm}$ 的区域的12处对于针状的Mg<sub>2</sub>Si析出物的长轴为 $5\sim 50\text{nm}$ 的析出物的个数进行计测,计算12处的平均值来作为Mg<sub>2</sub>Si析出物的量。

[0087] (Mg<sub>2</sub>Si析出物的纵横尺寸比、长轴、短轴)

[0088] 针对所获得的铝合金线的径向截面,利用透射型电子显微镜(TEM)拍摄 $700\times 850\text{nm}$ 的范围,在 $350\times 425\text{nm}$ 的区域的12处,对于针状的Mg<sub>2</sub>Si析出物的长轴为 $5\sim 50\text{nm}$ 的各40个析出物,对长轴、短轴、纵横尺寸比进行计测,计算40个以及12处的平均值来作为Mg<sub>2</sub>Si析出物的纵横尺寸比、长轴、短轴。

[0089] (耐冲击性)

[0090] 如图3所示,利用夹具4对将端子配件2压接到长度为 $500\text{mm}$ 的包覆电线1的导体(铝合金绞线)的一端而成的线束3的端子配件2进行固定,并且,将安装于线束3的另一端的锤5提升至端子配件2的固定位置的高度,使锤5自由落下。通过该降落试验,将在端子配件2的压接部处包覆电线1的导体(铝合金绞线)不发生断线的最大载荷(g)作为耐冲击性的指标。将最大载荷是 $100\text{g}$ 以上的情况视为耐冲击性优异,将最大载荷是 $300\text{g}$ 以上的情况视为耐冲击性特别优异。

[0091] [表1]

[0092]

	成分(质量%)										工序				构造	
	Mg	Si	Fe	Zr	Ti	B	Al	固溶	连续软化	时效处理	粗丝直径(mm)	细丝直径(mm)	成形			
实施例1	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	0.005	530°C	500°C × 1sec 以内	150°C × 10h	18.0	19/0.155	非压缩			
实施例2	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	0.005	530°C	500°C × 1sec 以内	150°C × 10h	20.5	7/0.3	非压缩			
实施例3	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	0.005	530°C	500°C × 1sec 以内	160°C × 10h	23.8	7/0.32	压缩			
实施例4	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	0.005	530°C	500°C × 1sec 以内	150°C × 10h	18.0	19/0.155	非压缩			
实施例5	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	0.005	530°C	500°C × 1sec 以内	150°C × 10h	20.5	7/0.3	非压缩			
实施例6	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	0.005	530°C	500°C × 1sec 以内	140°C × 10h	23.8	7/0.32	压缩			
实施例7	0.66	0.57	0.22	0.00	0.00	0.000	0.000	530°C	500°C × 1sec 以内	150°C × 10h	23.8	7/0.32	压缩			
比较例1	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	0.005	530°C	500°C × 1sec 以内	250°C × 3h	18.0	19/0.155	非压缩			
比较例2	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	0.005	530°C	350°C × 1sec 以内	150°C × 10h	18.0	19/0.155	非压缩			

[0093]

[表2]

[0094]

	位错密度 ( $\text{cm}^{-2}$ )	Mg <sub>2</sub> Si析出物 (5~50nm)				抗拉强度 (MPa)	伸长率 (%)	导电率 SIACS	耐冲击性 (g)
		个数	纵横尺寸比	长轴(nm)	短轴(nm)				
实施例1	$7 \times 10^8$	206	2.8	13	5	230	13	51	150
实施例2	$3 \times 10^9$	188	3.0	15	5	258	12	52	250
实施例3	$8 \times 10^7$	245	4.0	10	2.5	245	13	52	650
实施例4	$5 \times 10^8$	412	4.0	25	6.3	270	11	51	200
实施例5	$1 \times 10^8$	288	4.2	30	7.1	275	11	50	200
实施例6	$8 \times 10^7$	328	5.1	32	6.3	280	10	51	700
实施例7	$5 \times 10^8$	566	5.6	22	3.0	248	10	50	500
比较例1	$2 \times 10^8$	400	1.9	25	13	140	12	52	50
比较例2	$> 10^{10}$	300	7.0	30	4.3	248	5	51	80

[0095] 实施例1~7的铝合金线中, Mg<sub>2</sub>Si析出物是针状, 其纵横尺寸比处于特定范围内, 因此耐冲击性优异。另一方面, 比较例1~2的铝合金线中, Mg<sub>2</sub>Si析出物是针状, 但其纵横尺寸比脱离特定范围, 因此耐冲击性较差。

[0096] 以上, 详细说明了本发明的实施方式, 但本发明不受上述实施方式的任何限定, 在不脱离本发明的主旨的范围内能够进行各种改变。

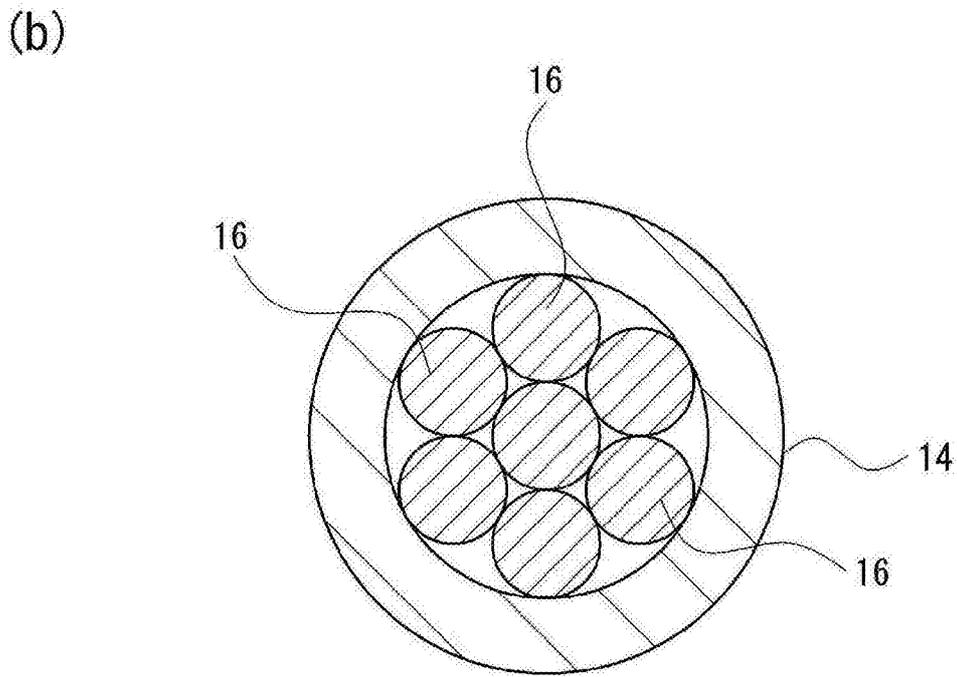
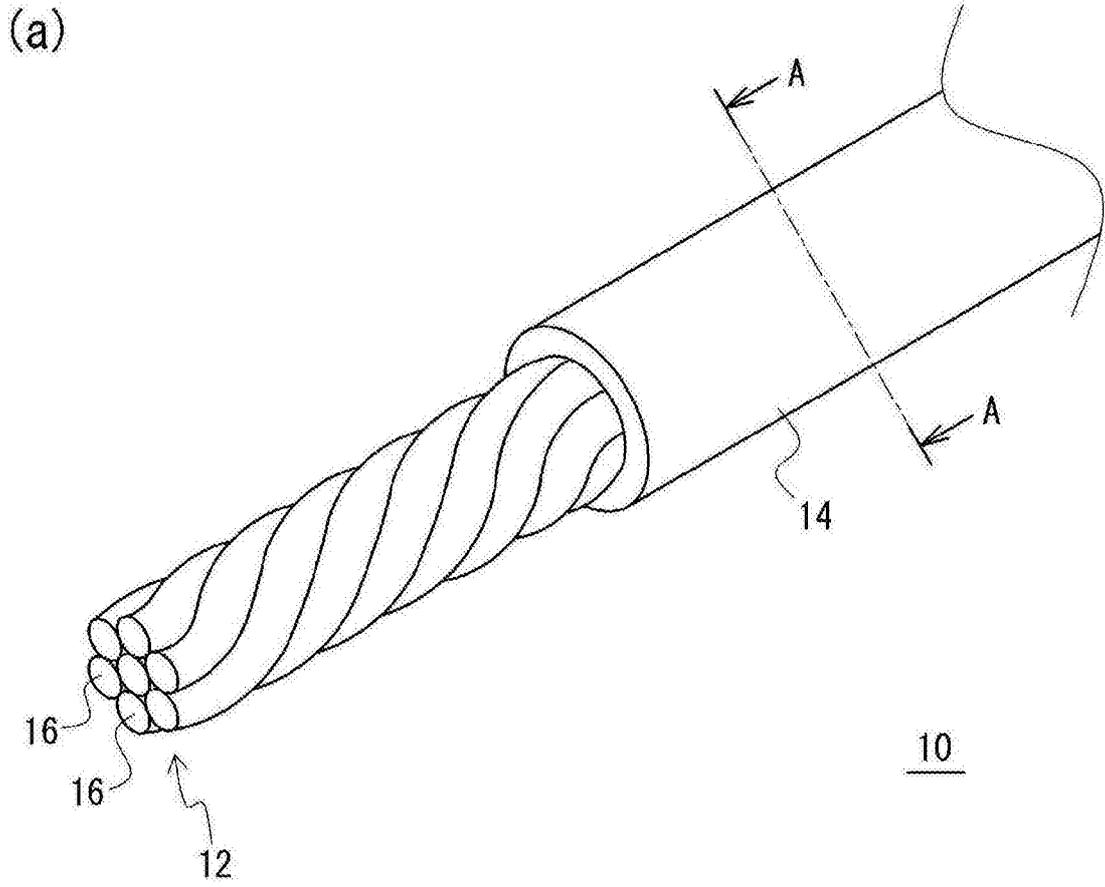


图1

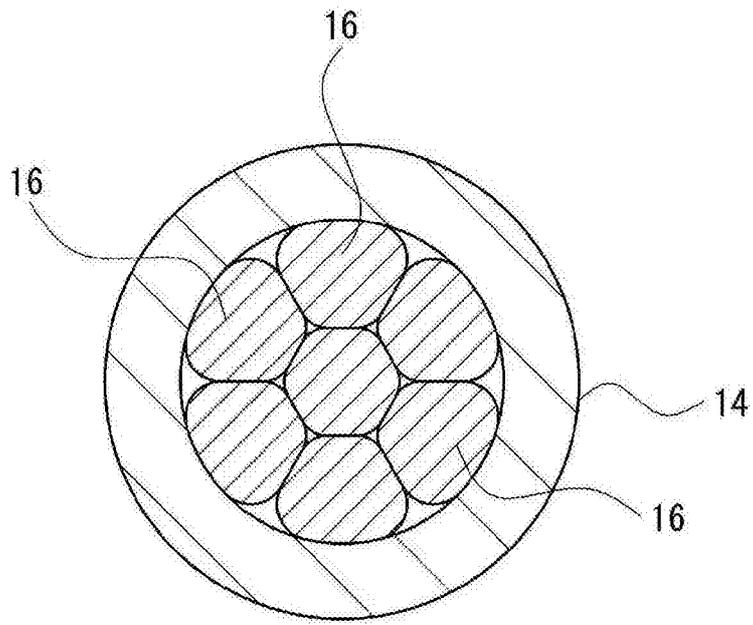


图2

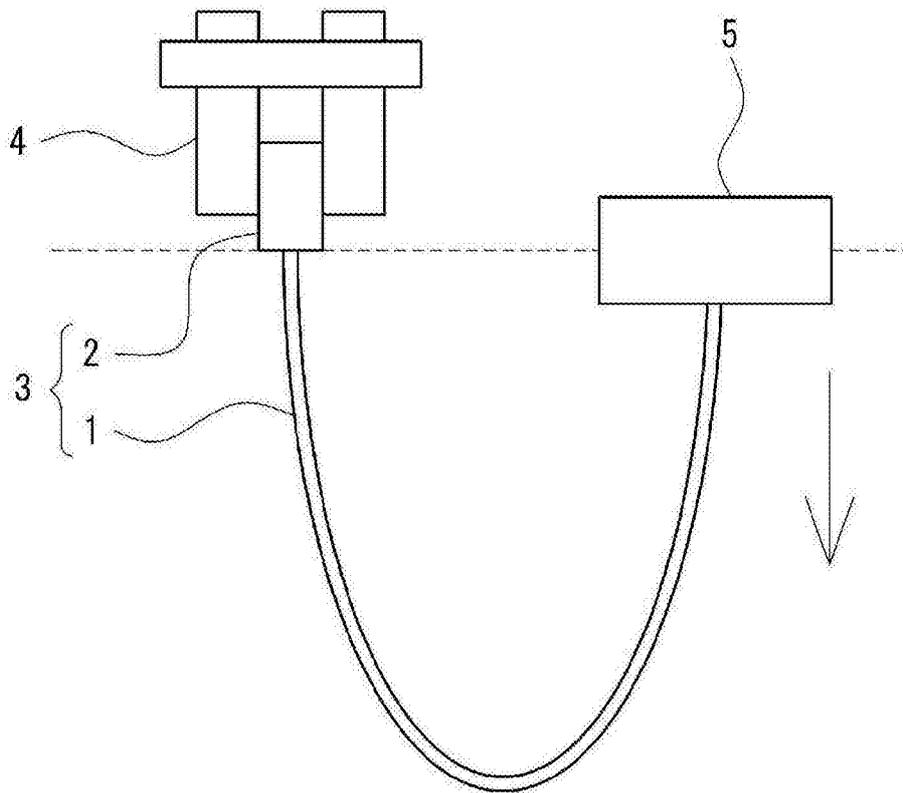


图3