



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102803530 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 20

(21) 申请号 201180010670. 6

(22) 申请日 2011. 02. 25

(30) 优先权数据

2010-043487 2010. 02. 26 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 08. 23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/054397 2011. 02. 25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/105584 JA 2011. 09. 01

(73) 专利权人 古河电气工业株式会社

地址 日本东京都

专利权人 古河 AS 株式会社

(72) 发明人 关谷茂树 三原邦照 须斋京太

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 丁香兰 褚瑶杨

(51) Int. Cl.

G22C 21/00(2006. 01)

G22F 1/04(2006. 01)

H01B 1/02(2006. 01)

H01B 5/02(2006. 01)

G22F 1/00(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2010082671 A, 2010. 07. 22,

JP 2006253109 A, 2006. 09. 21,

JP 49043162 B2, 1974. 11. 19,

JP 2005174554 A, 2005. 06. 30,

JP 2001254160 A, 2001. 09. 18,

JP 48023609 A, 1973. 03. 27,

CN 101358311 A, 2009. 02. 04,

审查员 姚文东

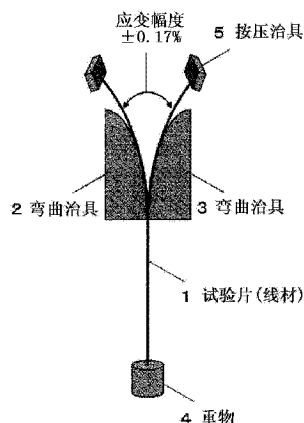
权利要求书2页 说明书15页 附图2页

(54) 发明名称

铝合金导体

(57) 摘要

本发明提供一种铝合金导体,其具有充分的导电率和拉伸强度,并且加工性、柔软性和耐挠曲疲劳特性等优异。用于解决上述课题的铝合金导体为以下铝合金导体。一种铝合金导体,该铝合金导体含有0.01质量%~0.4质量%的Fe、0.1质量%~0.3质量%的Mg、0.04质量%~0.3质量%的Si、0.1质量%~0.5质量%的Cu,进一步合计含有0.001质量%~0.01质量%的Ti和V,其余由Al和不可避免的杂质构成,其中,在所述导体中存在3种金属间化合物A、B、C,化合物A的粒径为0.1μm以上且2μm以下,化合物B的粒径为0.03μm以上且小于0.1μm,化合物C的粒径为0.001μm以上且小于0.03μm,在所述导体中的任意的范围中,化合物A的面积率a、化合物B的面积率b和化合物C的面积率c分别满足0.1%≤a≤2.5%、0.1%≤b≤3%、1%≤c≤10%。



CN 102803530 B

1. 一种铝合金导体,该铝合金导体含有 0.01 质量%~0.4 质量%的 Fe、0.1 质量%~0.3 质量%的 Mg、0.04 质量%~0.3 质量%的 Si、0.1 质量%~0.5 质量%的 Cu,进一步合计含有 0.001 质量%~0.01 质量%的 Ti 和 V,其余由 Al 和不可避免的杂质构成,其特征在于,

在所述导体中存在 3 种金属间化合物 A、B、C,

所述金属间化合物 A 的粒径在 0.1 μm 以上且 2 μm 以下的范围,

所述金属间化合物 B 的粒径在 0.03 μm 以上且小于 0.1 μm 的范围,

所述金属间化合物 C 的粒径在 0.001 μm 以上且小于 0.03 μm 的范围,

在所述导体中的任意的范围中,所述金属间化合物 A 的面积率 a、所述金属间化合物 B 的面积率 b 和所述金属间化合物 C 的面积率 c 分别满足 $0.1\% \leq a \leq 2.5\%$ 、 $0.1\% \leq b \leq 3\%$ 、 $1\% \leq c \leq 10\%$ 。

2. 一种铝合金导体,该铝合金导体含有 0.01 质量%~0.4 质量%的 Fe、0.1 质量%~0.3 质量%的 Mg、0.04 质量%~0.3 质量%的 Si、0.1 质量%~0.5 质量%的 Cu、0.01 质量%~0.4 质量%的 Zr,进一步合计含有 0.001 质量%~0.01 质量%的 Ti 和 V,其余由 Al 和不可避免的杂质构成,其特征在于,

在所述导体中存在 3 种金属间化合物 A、B、C,

所述金属间化合物 A 的粒径在 0.1 μm 以上且 2 μm 以下的范围,

所述金属间化合物 B 的粒径在 0.03 μm 以上且小于 0.1 μm 的范围,

所述金属间化合物 C 的粒径在 0.001 μm 以上且小于 0.03 μm 的范围,

在所述导体中的任意的范围中,所述金属间化合物 A 的面积率 a、所述金属间化合物 B 的面积率 b 和所述金属间化合物 C 的面积率 c 分别满足 $0.1\% \leq a \leq 2.5\%$ 、 $0.1\% \leq b \leq 5.5\%$ 、 $1\% \leq c \leq 10\%$ 。

3. 如权利要求 1 所述的铝合金导体,其中,在所述导体的制造工序的最后,实施包含急热、急冷的工序的连续通电热处理,使拉丝方向的垂直截面中的结晶粒径为 1 μm ~30 μm 。

4. 如权利要求 2 所述的铝合金导体,其中,在所述导体的制造工序的最后,实施包含急热、急冷的工序的连续通电热处理,使拉丝方向的垂直截面中的结晶粒径为 1 μm ~30 μm 。

5. 如权利要求 1 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体的拉伸强度为 100MPa 以上,并且导电率为 55%IACS 以上。

6. 如权利要求 2 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体的拉伸强度为 100MPa 以上,并且导电率为 55%IACS 以上。

7. 如权利要求 3 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体的拉伸强度为 100MPa 以上,并且导电率为 55%IACS 以上。

8. 如权利要求 4 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体的拉伸强度为 100MPa 以上,并且导电率为 55%IACS 以上。

9. 如权利要求 1 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体具有再结晶组织。

10. 如权利要求 2 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体具有再结晶组织。

11. 如权利要求 3 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体具有再结晶组织。

12. 如权利要求 4 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体具有再结晶组织。

13. 如权利要求 5 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体具有再结晶组织。

14. 如权利要求 6 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体具有再结晶组织。
15. 如权利要求 7 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体具有再结晶组织。
16. 如权利要求 8 所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体具有再结晶组织。
17. 如权利要求 1 ~ 16 任一项所述的铝合金导体,其特征在于,所述导体在移动体内用作电池缆线、线束或发动机用线材。
18. 如权利要求 1 ~ 16 任一项所述的铝合金导体,其特征在于,所述导体用于车辆、电车或飞行器。
19. 如权利要求 17 所述的铝合金导体,其特征在于,所述导体用于车辆、电车或飞行器。

铝合金导体

技术领域

[0001] 本发明涉及用作电配线体的导体的铝合金导体。

背景技术

[0002] 以往,使用被称作线束(wire harness)的部件作为汽车、电车、飞行器等移动体的电配线体,这种部件在含有铜或铜合金导体的电线上安装有铜或铜合金(例如黄铜)制的端子(连接器),但近年来,在移动体的轻量化中,正在进行使用比铜或铜合金更轻量的铝或铝合金作为电配线体的导体的研究。

[0003] 铝的比重约为铜的1/3,铝的导电率约为铜的2/3(以纯铜作为100% IACS的基准的情况下,纯铝约为66% IACS),为了在纯铝导体中流通与纯铜的导体相同的电流,需要使纯铝导体的截面积为纯铜导体的约1.5倍,但即使这样,仍然具有重量约为铜的一半这样的优势。

[0004] 需要说明的是,上述的% IACS表示以国际标准软铜(International Annealed Copper Standard)的电阻率 $1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 作为100% IACS时的导电率。

[0005] 为了将该铝用作移动体的电配线体的导体,存在着几个课题。

[0006] 首先,为了将这种铝合金导体作为电配线材,要求具有在冷拉丝加工、股线加工等加工时不会产生类似于断线、股线缠绕等问题的加工性。所述铝导体的加工性差的时候,不仅无法提高其生产性,并且在用作电配线材时,由于在加工性差的状态下勉强地被施加拉丝加工、绞股加工,因而在其使用中可能发生导体断裂,产生耐久性、信赖性欠缺这样的问题。

[0007] 接着,存在耐挠曲疲劳特性的提高的课题。对于移动体的电配线体所使用的铝导体要求耐挠曲疲劳特性,其原因是安装于门等的线束因门的开关而承受反复弯曲应力。对于铝等金属材料,若如门的开关那样反复对其施加、解除负荷,即使是在一次的负荷下不会发生断裂的这样的低负荷,也会在某一反复次数下产生疲劳破坏而发生断裂。若所述铝导体用于开关部时,如果耐挠曲疲劳特性差,则其在使用中可能发生导体断裂,存在着耐久性、信赖性欠缺这样的问题。

[0008] 一般来说,强度越高的材料,疲劳特性越好。因此,采用强度高的铝导体即可,但要求线束在进行其设置时要容易进行处理(车体上的安装作业),因此一般来说大多使用能够确保10%以上的拉伸断裂伸长率的韧材(退火材)。

[0009] 由此,对于移动体的电配线体所使用的铝导体,除在处理 and 安装时所需的强度、和为流通较多的电流所需的导电率之外,还要求该材料的加工性和耐挠曲疲劳特性优异。

[0010] 对于具有这样的要求的用途,以输电线用铝合金线材(JIS A1060和JIS A1070)为代表的纯铝系无法充分承受由门等的开关而产生的反复弯曲应力。另外,加入了各种各样的添加元素的合金化虽然在强度方面优异,但存在下述问题:因向铝中所添加的元素的固溶现象而导致导电率的下降、柔软性下降;因在铝中形成过剩的金属间化合物而引起加工性的劣化。为此,必须对添加元素进行限定、选择以防止导电率下降、柔软性下降和加工

性劣化,提高强度和耐挠曲疲劳特性。

[0011] 作为移动体的电配线体所使用的铝导体的代表,存在有专利文献 1 ~ 4 所述的铝导体。但是,如下所述,无论哪一个专利文献所述的发明均具有进一步要解决的课题。

[0012] 专利文献 1 所述的合金中,Fe 的量较多,为 1.10% ~ 1.50%,并且不含有 Cu,因此无法适当地控制金属间化合物,这成为加工性的劣化和拉丝加工等时断线的原因。

[0013] 在专利文献 2 所述的发明中,并未规定 Si 的量,因此对于金属间化合物的效果(强度、耐挠曲疲劳特性和耐热性的提高)需要进一步研究。

[0014] 专利文献 3 中,Si 的量多,无法适当地控制金属间化合物,这会成为加工性的劣化和拉丝加工等时断线的原因。

[0015] 专利文献 4 所述的合金含有 0.01% ~ 0.5% 的锑(Sb),从环境负荷的观点出发,其是正要由替代产品替换的技术。

[0016] 现有技术文献

[0017] 专利文献

[0018] 专利文献 1:日本特开 2006-19163 号公报

[0019] 专利文献 2:日本特开 2006-253109 号公报

[0020] 专利文献 3:日本特开 2008-112620 号公报

[0021] 专利文献 4:日本特公昭 55-45626 号公报

发明内容

[0022] 发明要解决的问题

[0023] 本发明的课题为提供一种铝合金导体,其具有充分的导电率和拉伸强度,并且加工性、柔软性和耐挠曲疲劳特性等优异。

[0024] 用于解决问题的手段

[0025] 本发明人反复进行了各种各样的研究,发现对于添加了特定的添加元素的铝合金,通过对铸造冷却速度、中间退火、最终退火等制造条件进行控制,能够对 3 种金属间化合物的粒径和面积率进行控制,制造加工性良好且具备优异的耐挠曲疲劳特性、强度、柔软性和导电率的铝合金导体,基于该见解而完成了本发明。

[0026] 即,本发明提供以下的解决手段。

[0027] (1) 一种铝合金导体,该铝合金导体含有 0.01 质量% ~ 0.4 质量% 的 Fe、0.1 质量% ~ 0.3 质量% 的 Mg、0.04 质量% ~ 0.3 质量% 的 Si、0.1 质量% ~ 0.5 质量% 的 Cu,进一步合计含有 0.001 质量% ~ 0.01 质量% 的 Ti 和 V,其余由 Al 和不可避免的杂质构成,其特征在于,

[0028] 在所述导体中存在 3 种金属间化合物 A、B、C,

[0029] 所述金属间化合物 A 的粒径在 0.1 μm 以上且 2 μm 以下的范围,

[0030] 所述金属间化合物 B 的粒径在 0.03 μm 以上且小于 0.1 μm 的范围,

[0031] 所述金属间化合物 C 的粒径在 0.001 μm 以上且小于 0.03 μm 的范围,

[0032] 在所述导体中的任意的范围中,所述金属间化合物 A 的面积率 a、所述金属间化合物 B 的面积率 b 和所述金属间化合物 C 的面积率 c 分别满足 $0.1\% \leq a \leq 2.5\%$ 、 $0.1\% \leq b \leq 3\%$ 、 $1\% \leq c \leq 10\%$ 。

[0033] (2) 一种铝合金导体,该铝合金导体含有 0.01 质量%~0.4 质量%的 Fe、0.1~0.3 质量%的 Mg、0.04 质量%~0.3 质量%的 Si、0.1 质量%~0.5 质量%的 Cu、0.01 质量%~0.4 质量%的 Zr,进一步合计含有 0.001 质量%~0.01 质量%的 Ti 和 V,其余由 Al 和不可避免的杂质构成,其特征在于,

[0034] 在所述导体中存在 3 种金属间化合物 A、B、C,

[0035] 所述金属间化合物 A 的粒径在 0.1 μm 以上且 2 μm 以下的范围,

[0036] 所述金属间化合物 B 的粒径在 0.03 μm 以上且小于 0.1 μm 的范围,

[0037] 所述金属间化合物 C 的粒径在 0.001 μm 以上且小于 0.03 μm 的范围,

[0038] 在所述导体中的任意的范围中,所述金属间化合物 A 的面积率 a、所述金属间化合物 B 的面积率 b 和所述金属间化合物 C 的面积率 c 分别满足 $0.1\% \leq a \leq 2.5\%$ 、 $0.1\% \leq b \leq 5.5\%$ 、 $1\% \leq c \leq 10\%$ 。

[0039] (3) 如 (1) 或 (2) 所述的铝合金导体,其中,通过在所述导体的制造工序的最后,实施包含急热、急冷的工序的连续通电热处理,使拉丝方向的垂直截面中的结晶粒径为 1 μm ~ 30 μm。

[0040] (4) 如 (1) ~ (3) 任一项所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体的拉伸强度为 100MPa 以上,并且导电率为 55% IACS 以上。

[0041] (5) 如 (1) ~ (4) 任一项所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体的拉伸断裂伸长率为 10% 以上。

[0042] (6) 如 (1) ~ (5) 任一项所述的铝合金导体,其中,该铝合金导体具有再结晶组织。

[0043] (7) 如 (1) ~ (6) 任一项所述的铝合金导体,其特征在于,所述导体在移动体内用作电池缆线、线束或发动机用线材。

[0044] (8) 如 (1) ~ (7) 任一项所述的铝合金导体,其特征在于,所述导体用于车辆、电车或飞行器。

[0045] 发明效果

[0046] 对于本发明的铝合金导体来说,其线材制造时的加工性、强度、柔软性和导电率优异,作为移动体所搭载的电池缆线、线束或发动机用导体是有用的,因此能够合适地用于要求优异的耐挠曲疲劳特性的门或后备箱、发动机罩等。

[0047] 对于本发明的上述和其它的特征和优点,适当参照附图,由下述记载而能够更加明确。

附图说明

[0048] 图 1 是在实施例中所进行的对反复断裂次数进行测定的试验的说明图。

[0049] 图 2 是在实施例中所进行的对加工性进行评价的试验的说明图。

具体实施方式

[0050] 本发明的优选的第 1 实施方式的铝合金导体是含有 0.01 质量%~0.4 质量%的 Fe、0.1 质量%~0.3 质量%的 Mg、0.04 质量%~0.3 质量%的 Si、0.1 质量%~0.5 质量%的 Cu,进一步合计含有 0.001 质量%~0.01 质量%的 Ti 和 V,其余由 Al 和不可避免的杂质构成的铝合金导体,

[0051] 在上述导体中存在 3 种金属间化合物 A、B、C，

[0052] 所述金属间化合物 A 的粒径在 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且 $2\ \mu\text{m}$ 以下的范围，

[0053] 所述金属间化合物 B 的粒径在 $0.03\ \mu\text{m}$ 以上且小于 $0.1\ \mu\text{m}$ 的范围，

[0054] 所述金属间化合物 C 的粒径在 $0.001\ \mu\text{m}$ 以上且小于 $0.03\ \mu\text{m}$ 的范围，

[0055] 在所述导体中的任意的范围中，所述金属间化合物 A 的面积率 a、所述金属间化合物 B 的面积率 b 和所述金属间化合物 C 的面积率 c 分别满足 $0.1\% \leq a \leq 2.5\%$ 、 $0.1\% \leq b \leq 3\%$ 、 $1\% \leq c \leq 10\%$ 。

[0056] 在本实施方式中，使 Fe 的含量为 0.01 质量%~0.4 质量%主要是为了利用由 Al-Fe 系的金属间化合物产生的各种各样的效果。在 655°C ，仅有 0.05 质量%的 Fe 在铝中固溶，在室温下更少。剩余成分以 Al-Fe、Al-Fe-Si、Al-Fe-Si-Mg、Al-Fe-Cu-Si 等金属间化合物的形式结晶或析出。该结晶物或析出物作为结晶粒的微细化材而发挥作用，同时使强度和耐挠曲疲劳特性提高。另一方面，通过 Fe 的固溶也会使强度上升。若 Fe 的含量过少，则这些效果不充分；若过多，则因结晶物的粗大化而成为拉丝加工和股线加工中发生断线的原因。也无法得到目标的耐挠曲疲劳特性，柔软性也会下降。Fe 的含量优选为 0.15 质量%~0.3 质量%、进一步优选为 0.18 质量%~0.25 质量%。

[0057] 在本实施方式中，使 Mg 的含量为 0.1 质量%~0.3 质量%是因为 Mg 在铝母材中固溶而对其进行强化，同时其中的一部分与 Si 形成析出物从而使强度、耐挠曲疲劳特性和耐热性提高。若 Mg 的含量过少，则效果不充分；若过多，则会引起导电率下降和柔软性下降。另外，若 Mg 的含量过多，则屈服强度过剩，使成型性、绞股性劣化，加工性变差。Mg 的含量优选为 0.15 质量%~0.3 质量%、进一步优选为 0.2 质量%~0.28 质量%。

[0058] 在本实施方式中，使 Si 的含量为 0.04 质量%~0.3 质量%的原因如下：如上所述，Si 与 Mg 形成化合物而显示出提高强度、耐挠曲疲劳特性和耐热性的作用。Si 的含量过少，则效果不充分；若过多则会引起导电率下降和柔软性下降，使成型性、绞股性劣化，加工性变差。另外，线材制造中的热处理过程中的 Si 单质的析出会成为断线的原因。Si 的含量优选为 0.06 质量%~0.25 质量%、进一步优选为 0.10 质量%~0.25 质量%。

[0059] 在本实施方式中，使 Cu 的含量为 0.1 质量%~0.5 质量%是因为 Cu 在铝母材中固溶而对其进行强化。另外，还有助于耐蠕变性、耐挠曲疲劳特性、耐热性的提高。Cu 的含量过少，则效果不充分；若过多则会导致耐腐蚀性下降、导电率下降、柔软性下降。进一步加工性会变差。Cu 的含量优选为 0.20 质量%~0.45 质量%、进一步优选为 0.25 质量%~0.40 质量%。

[0060] 在本实施方式中，Ti 和 V 均作为熔解铸造时的铸块的微细化材而发挥作用。若铸块的组织粗大，则在线材加工工序中产生破裂，这在工业上是不希望出现的。Ti 和 V 的含量过少则效果不充分；若过多则会使导电率大幅下降，其效果也达到饱和。Ti 和 V 的总含量优选为 0.002 质量%~0.008 质量%、进一步优选为 0.003 质量%~0.006 质量%。

[0061] 本发明的优选的第 2 实施方式为一种铝合金导体，其含有 0.01 质量%~0.4 质量%的 Fe、0.1 质量%~0.3 质量%的 Mg、0.04 质量%~0.3 质量%的 Si、0.1 质量%~0.5 质量%的 Cu、0.01 质量%~0.4 质量%的 Zr，进一步合计含有 0.001 质量%~0.01 质量%的 Ti 和 V，其余由 Al 和不可避免的杂质构成。上述导体中存在 3 种金属间化合物 A、B、C，

[0062] 所述金属间化合物 A 的粒径在 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上且 $2\ \mu\text{m}$ 以下的范围,

[0063] 所述金属间化合物 B 的粒径在 $0.03\ \mu\text{m}$ 以上且小于 $0.1\ \mu\text{m}$ 的范围,

[0064] 所述金属间化合物 C 的粒径在 $0.001\ \mu\text{m}$ 以上且小于 $0.03\ \mu\text{m}$ 的范围,

[0065] 在所述导体中的任意的范围中,所述金属间化合物 A 的面积率 a、所述金属间化合物 B 的面积率 b 和所述金属间化合物 C 的面积率 c 分别满足 $0.1\% \leq a \leq 2.5\%$ 、 $0.1\% \leq b \leq 5.5\%$ 、 $1\% \leq c \leq 10\%$ 。

[0066] 在第 2 实施方式中,对于合金组成,除上述的第 1 实施方式的合金组成之外,进一步含有 $0.01\ \text{质量}\% \sim 0.4\ \text{质量}\%$ 的 Zr。Zr 与 Al 形成金属间化合物,并且在 Al 中固溶,从而有助于铝合金导体的强度和耐热性的提高。若 Zr 的含量过少则无法期待其效果;若过多,则熔解温度变高,难以形成拉丝。进一步,导电率、柔软性、加工性和耐挠曲疲劳特性也差。Zr 的含量优选为 $0.1\ \text{质量}\% \sim 0.35\ \text{质量}\%$ 、进一步优选为 $0.15\ \text{质量}\% \sim 0.3\ \text{质量}\%$ 。

[0067] 其它的合金组成和其作用与所述第 1 实施方式相同。

[0068] 本发明的铝合金导体中,除规定上述成分以外,通过对金属间化合物的尺寸(粒径)和面积率进行规定,从而能够得到具备所期望的优异的加工性、耐挠曲疲劳特性、强度和导电率的铝合金导体。

[0069] (金属间化合物的尺寸(粒径)和面积率)

[0070] 如所述第 1 和第 2 实施方式所示,本发明以预定的面积率分别含有粒径不同的 3 种金属间化合物。此处,金属间化合物是指存在于结晶粒内的结晶物、析出物等的颗粒。主要为例如 Al-Fe、Al-Fe-Si、Al-Zr、Al-Fe-Si-Cu 等颗粒,其中,结晶物在熔解铸造时形成、析出物在中间退火和最终退火中形成。需要说明的是,面积率是以面积来表示本合金中所含有的金属间化合物的比例的,可以基于由 TEM 观察的照片,通过以下详细说明的方法来计算得出。

[0071] 金属间化合物 A 主要由 Al-Fe、Al-Fe-Si、Al-Fe-Si-Cu、Al-Zr 等构成。这些金属间化合物作为结晶粒的微细化材而发挥作用,同时使强度和耐挠曲疲劳特性提高。使金属间化合物 A 的面积率 a 为 $0.1\% \leq a \leq 2.5\%$ 是因为过少则这些效果不充分,过多则因结晶物的粗大化而在线材加工中成为断线的原因。并且,也无法得到目标的耐挠曲疲劳特性,柔软性下降。

[0072] 金属间化合物 B 主要由 Al-Fe-Si、Al-Fe-Si-Cu、Al-Zr 等构成。这些金属间化合物通过析出而使强度和耐挠曲疲劳特性提高。在第 1 实施方式中使金属间化合物 B 的面积率 b 为 $0.1\% \leq b \leq 3\%$ 、在第 2 实施方式中使其为 $0.1\% \leq b \leq 5.5\%$ 是因为过少则这些效果不充分,过多则因析出过剩而成为断线的原因。并且,柔软性也会下降。

[0073] 金属间化合物 C 可以提高强度,使耐挠曲疲劳特性大幅提高。使金属间化合物 C 的面积率 c 为 $1\% \leq c \leq 10\%$ 是因为过少则这些效果不充分,过多则因析出过剩而成为断线的原因。并且,柔软性也会下降。

[0074] 在本发明的第 1 和第 2 实施方式中,为了使上述 3 种尺寸的金属间化合物 A、B、C 的面积率为上述值,需要将各自的合金组成设定为所述的范围。并且,可以通过适当地对铸造冷却速度、中间退火温度、最终退火条件等进行控制来实现。

[0075] 铸造冷却速度是指从铝合金铸块的凝固开始到 200°C 为止的冷却速度。作为改变该冷却速度的方法,可以举出例如以下的 3 种方法。即,(1) 改变铁制铸模的尺寸

(壁厚)、(2) 在铸模下面设置水冷模具从而进行强制冷却（也可以通过改变水量来改变冷却速度）、(3) 改变熔液的浇铸量。若铸造冷却速度过慢，则发生 Fe 的过剩结晶，无法得到目标的组织，加工性受到损害。若过快，则发生 Fe 的过剩固溶，无法得到目标的组织，导致导电率下降。根据情况不同，还会发生铸造破裂。铸造冷却速度优选为 $1^{\circ}\text{C}/\text{秒} \sim 20^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 、更优选为 $5^{\circ}\text{C}/\text{秒} \sim 15^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 。

[0076] 中间退火温度是指在拉丝途中实施热处理时的温度。中间退火主要是为了恢复在拉丝加工中变硬的线材的柔软性而进行的。中间退火温度过低的情况下，再结晶不充分，因此屈服强度过剩，无法确保柔软性，在之后的拉丝加工中发生断线而无法得到线材的可能性变高。过高的情况下，为过度退火状态，发生再结晶粒粗大化，柔软性显著下降，在之后的拉丝加工中发生断线而无法得到线材的可能性变高。中间退火温度优选为 $300^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ 、更优选为 $300^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ 。中间退火的时间通常为 10 分钟以上。若小于 10 分钟，则再结晶粒形成和成长所需要的时间不足，无法恢复线材的柔软性。优选为 1 小时 \sim 4 小时。另外，对于从中间退火时的热处理温度到 100°C 为止的平均冷却速度没有特别规定，期望为 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{分钟} \sim 10^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$ 。

[0077] 最终退火是例如通过连续通电热处理而进行的，所述连续通电热处理是通过在连续通过 2 个电极轮的线材中流通电流而由自身所产生的焦耳热来进行退火的。连续通电热处理包含急热、急冷的工序，能够在控制线材温度和时间的条件下对线材进行退火。冷却是通过在急热后，使线材连续地通过水中而进行的。在退火时的线材温度过低或过高的情况、退火时间过短或过长的情况的一种或两种的情况下，无法得到目标的组织。进一步，在退火时的线材温度过低的情况、退火时间过短的情况的一种或两种的情况下，无法得到车载安装时所需要的柔软性；在退火时的线材温度过高的情况、退火时间过长的情况的一种或两种的情况下，强度下降，耐挠曲疲劳特性也变差。即，使用由线材温度 $y(^{\circ}\text{C})$ 、退火时间 $x(\text{秒})$ 表示的计算式时，优选为在 $0.03 \leq x \leq 0.55$ 的范围中满足 $26x^{-0.6} + 377 \leq y \leq 19x^{-0.6} + 477$ 的退火条件。线材温度表示线材达到最高且即将通过水中之前的温度。

[0078] 需要说明的是，最终退火除连续通电热处理之外，还可以为例如使线材连续通过保持于高温的退火炉中来进行退火的移动退火、或使线材连续通过磁场中来进行退火的感应加热，所述移动退火和感应加热包含急热、急冷过程。气氛和传热系数不同，因此退火条件并非是与连续通电热处理相同的条件，但即使在包含急热和急冷过程的移动退火和感应加热的情况下，为了得到通过具有预定的金属间化合物的析出状态而构成的本发明的铝合金导体，以作为代表例的所述的连续通电热处理中的退火条件作为参考，适当地对最终退火条件（热过程）进行控制，由此可以制作本发明的铝合金导体。

[0079] （结晶粒径）

[0080] 在本发明中，使铝合金导体的拉丝方向的垂直截面中的结晶粒径为 $1\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ 。其理由是因为若粒径过小则会残留有部分再结晶组织而使拉伸断裂伸长率明显下降；若过大则形成粗大的组织而使变形举动不均匀，同样会使拉伸断裂伸长率下降，甚至强度也会明显下降。结晶粒径更优选为 $1\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 。

[0081] （拉伸强度和导电率）

[0082] 本发明的铝合金导体的拉伸强度 (TS) 为 100MPa 以上、并且导电率为 55% IACS 以

上,进一步优选拉伸强度为 100MPa ~ 160MPa、并且导电率为 55% IACS ~ 65% IACS,更优选为拉伸强度为 100MPa ~ 150MPa、并且导电率为 58% IACS ~ 63% IACS。

[0083] 拉伸强度和导电率是相反的性质,拉伸强度越高则导电率越低,相反地,拉伸强度越低的纯铝的导电率越高。考虑铝合金导体的情况下,若拉伸强度小于 100MPa,则强度不足(包括处理),难以用作工业用导体。用于动力线的情况下,流通有数十 A(安培)的高电流,因此导电率期望为 55% IACS 以上。

[0084] (柔软性)

[0085] 本发明的铝合金导体具有充分的柔软性。这能够通过进行所述的最终退火而得到。如上所述,使用拉伸断裂伸长率作为柔软性的指标,优选使其为 10% 以上。其原因为,如上所述,若拉伸断裂伸长率过小则难以进行电配线体设置时的处理(例如车体上的安装作业)。另外,若拉伸断裂伸长率过大,则强度不足,在处理时经受不住,会成为断线的原因,因此期望为 50% 以下。拉伸断裂伸长率更优选为 10% ~ 40%、进一步优选为 10% ~ 30%。

[0086] 本发明的铝合金导体可以通过经由 [1] 熔解、[2] 铸造、[3] 热或冷加工(槽型辊加工等)、[4] 拉丝加工、[5] 热处理(中间退火)、[6] 拉丝加工、[7] 热处理(最终退火)的各工序来制造。

[0087] [1] 熔解

[0088] 为了得到本发明的铝合金组成,按照使 Fe、Mg、Si、Cu、Ti、V 和 Al,或 Fe、Mg、Si、Cu、Ti、V、Zr 和 Al 为所期望的浓度的分量进行铸锭。

[0089] [2] 铸造和 [3] 热或冷加工(槽型辊加工等)

[0090] 接着,例如使用组合有铸造轮和传动带的普罗佩兹式的连续铸造压延机,一边以进行了水冷的铸模连续地对熔液进行铸造一边进行压延,形成约 10mm ϕ 的棒材。此时的铸造冷却速度如上所述,优选为 1°C / 秒 ~ 20°C / 秒。铸造和热压延可以通过使铸造冷却速度为 1 ~ 20°C / 秒的坯料铸造和挤出法等进行。

[0091] [4] 拉丝加工

[0092] 接着,实施表面的去皮,形成 9mm ϕ ~ 9.5mm ϕ 的棒材,对其进行拉丝加工。此处,将拉丝加工前的线材截面积作为 A_0 、拉丝加工后的线材截面积作为 A_1 ,则由 $\eta = \ln(A_0/A_1)$ 表示的加工度期望为 1 以上且 6 以下。若小于 1,则下一工序的热处理时,再结晶粒粗大化,强度和拉伸断裂伸长率明显下降,这也会成为断线的原因。若超过 6,则在品质方面存在下述问题:加工固化过度而难以进行拉丝加工,在拉丝加工中发生断线等。通过进行线材表面的去皮可以使表面清洁化,但也可以不进行。

[0093] [5] 热处理(中间退火)

[0094] 对进行了冷拉丝的加工材实施中间退火。中间退火的条件如上所述,优选为 300°C ~ 450°C、10 分钟以上。

[0095] [6] 拉丝加工

[0096] 进一步实施拉丝加工。此时,加工度也因所述的理由而期望为 1 以上且 6 以下。

[0097] [7] 热处理(最终退火)

[0098] 利用连续通电热处理,对进行了冷拉丝的加工材进行最终退火。如上所述,在使用由线材温度 y (°C)、退火时间 x (秒)表示的计算式时,最终退火条件优选在 $0.03 \leq x \leq 0.55$ 的范围中满足 $26x^{-0.6} + 377 \leq y \leq 19x^{-0.6} + 477$ 。

[0099] 如上所述,通过实施热处理而制作得到的本发明的铝合金导体具有再结晶组织。再结晶组织是指由下述结晶粒构成的组织状态,所述结晶粒是由塑性加工而导入的位移等的晶格缺陷少的结晶粒。通过具有再结晶组织,拉伸断裂伸长率、导电率恢复,并且能够得到充分的柔软性。

[0100] 实施例

[0101] 基于以下实施例进一步详细地说明本发明。需要说明的是,本发明并不限于以下所示的实施例。

[0102] 实施例 1 ~ 27、比较例 1 ~ 18

[0103] 如后述的表 1-1 和表 2-1 所示,以预定量比(质量%)使用 Fe、Mg、Si、Cu、Ti、V 和 Al,或 Fe、Mg、Si、Cu、Ti、V、Zr 和 Al 来制作合金,使用普罗佩兹式的连续铸造压延机,一边以进行了水冷的铸模连续地对熔液进行铸造一边进行压延,形成约 10mm ϕ 的棒材。此时的铸造冷却速度为 1 $^{\circ}$ C / 秒 ~ 20 $^{\circ}$ C / 秒(在比较例中包含 0.2 $^{\circ}$ C / 秒、50 $^{\circ}$ C / 秒的比较例)。

[0104] 接着,实施表面的去皮,形成 9mm ϕ ~ 9.5mm ϕ 的棒材,对其进行拉丝加工,从而使其为 2.6mm ϕ 。接着,如表 1-1 和表 2-1 所示,以 300 $^{\circ}$ C ~ 450 $^{\circ}$ C 的温度(在比较例中包含 200 $^{\circ}$ C、550 $^{\circ}$ C 的比较例)对该进行了冷拉丝的加工材实施 0.17 小时 ~ 4 小时(在比较例中包含 0.1 小时的比较例)的中间退火,进一步在实施例 1 ~ 23、比较例 1 ~ 18 中进行拉丝加工直至为 0.31mm ϕ ,在实施例 24、25 中进行拉丝加工直至为 0.37mm ϕ ,在实施例 26、27 中进行拉丝加工直至为 0.43mm ϕ 。

[0105] 最后,在温度为 428 $^{\circ}$ C ~ 624 $^{\circ}$ C、时间为 0.03 ~ 0.54 秒的条件下进行连续通电热处理作为最终退火。对于温度,使用光纤型放射温度计(Japan Sensor 株式会社制),对线材的温度达到最高的挨着水面的温度进行测定。

[0106] 对于制作的各种实施例和比较例的线材,利用下述所记载的方法对各特性进行测定。其结果示于后述的表 1-2 和表 2-2。

[0107] (a) 结晶粒径

[0108] 将在拉丝方向垂直切割得到的试验材的横截面埋入树脂中,进行机械研磨后,进行电解研磨。电解研磨条件如下:研磨液为高氯酸 20% 的乙醇溶液、液温为 0 $^{\circ}$ C ~ 5 $^{\circ}$ C、电压为 10V、电流为 10mA、时间为 30 秒 ~ 60 秒。接着,为了得到结晶粒衬度,使用 2% 氟硼酸,在电压为 20V、电流为 20mA、时间为 2 分钟 ~ 3 分钟的条件下进行阳极氧化精制。利用 200 倍 ~ 400 倍的光学显微镜对该组织进行拍照,进行基于交叉法的粒径测定。具体来说,在所拍照的照片上任意画出直线,对该直线的长度和晶粒边界交叉的数量进行测定,从而求出平均粒径。需要说明的是,评价时,改变直线的长度和条数,以便能够数出 50 个 ~ 100 个粒径。

[0109] (b) 金属间化合物的尺寸(粒径)和面积率

[0110] 使用电解研磨薄膜法(双喷射研磨法)使实施例和比较例的线材为薄膜,使用透射电子显微镜(TEM),以 6000 倍 ~ 30000 倍的倍率对任意的范围进行观察。接着,使用能量分散 X 射线检出器(EDX),将电子射线集中于金属间化合物,检测出 Al-Fe、Al-Fe-Si、Al-Zr 系等金属间化合物。

[0111] 金属间化合物的尺寸由拍照得到的照片的标度进行判断,并将形状按照相当于等体积的球的方式进行换算,从而算出金属间化合物的尺寸。金属间化合物的面积率 a、b、c

通过下述方法求出：基于所拍照的照片，设定为能够数出约 5 个～10 个的金属间化合物 A、20 个～50 个的金属间化合物 B、50 个～100 个的金属间化合物 C 的范围，从而由各自的金属间化合物的尺寸和个数计算出金属间化合物的面积，将各自的金属间化合物面积除以作为计算对象的范围的面积，从而求出金属间化合物的面积率。

[0112] 对于面积率，以 $0.15\mu\text{m}$ 作为基准厚度，根据上述薄片的试料厚度算出面积率。试料厚度与基准厚度不同的情况下，将试料厚度换算为基准厚度，即通过使基于拍照得到的照片而算出的面积率乘以（基准厚度 / 试料厚度），从而算出面积率。在本实施例和比较例中，试料厚度是通过由照片观察得到的等厚条纹的间隔进行观察而算出的，所有的试料均几乎为 $0.15\mu\text{m}$ 。

[0113] (c) 拉伸强度 (Ts) 和拉伸断裂伸长率

[0114] 基于 JIS Z 2241，每个实施例和比较例各自选取 3 条进行试验，求出其平均值。

[0115] (d) 导电率 (EC)

[0116] 在保持于 20°C ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) 的恒温槽中，对于长度为 300mm 的试验片，每个实施例和比较例各自选取 3 条，使用四端子法来测定电阻率，算出其平均导电率。端子间距离为 200mm。

[0117] (e) 反复断裂次数

[0118] 以常温时的应变幅度为 $\pm 0.17\%$ 作为耐挠曲疲劳特性的基准。耐挠曲疲劳特性因应变幅度而变化。应变幅度大的情况下，疲劳寿命短；应变幅度小的情况下，疲劳寿命长。应变幅度可以通过图 1 所述的线材 1 的线径和弯曲治具 2、3 的曲率半径来决定，因此可以任意设定线材 1 的线径和弯曲治具 2、3 的曲率半径来实施耐挠曲疲劳试验。

[0119] 使用藤井精机株式会社（现株式会社 Fujii）制造的交变挠曲疲劳试验机，使用能够对线材给予 $\pm 0.17\%$ 的弯曲应变的治具，实施反复弯曲，由此测定反复断裂次数。反复断裂次数是通过每个实施例和比较例各自选取 4 条来进行测定，求出其平均值。如图 1 的说明图所示，使弯曲治具 2 和 3 之间隔开 1mm 插入线材 1，以类似于沿着治具 2 和 3 的方式进行反复运动。为了能够实施反复弯曲，线材的一端固定于按压治具 5，另一端上悬挂有约 10g 的重物 4。试验中，按压治具 5 摆动，因此固定于其上的线材 1 也摆动，从而能够实施反复弯曲。采用下述结构：在 1.5Hz（1 秒内往返 1.5 次）的条件下进行反复，线材试验片 1 断裂时，重物 4 掉落下来，停止计数。

[0120] 假设使用 20 年而每 1 天的开关次数为 10 次的情况下，开关次数为 73000 次（一年按 365 天计算）。实际所使用的电线并非单线，而是股线结构，还进行了被覆处理，因此对于电线导体的负担为几分之一。作为单线的评价值，优选为能够确保充分的耐挠曲疲劳特性的 80000 次以上的反复断裂次数、更优选为 100000 次以上。

[0121] (f) 加工性

[0122] 如图 2(A) 所示，按照拉丝加工后的线材 1 的两端为 80mm 的长度的方式将拉丝加工后的线材 1 的两端固定于按压治具 51、52 后，如图 2(B) 所示，使一端 51 滑动而接近另一端直至弯曲至预定的长度 L 为止，然后恢复至图 2(A) 所示的状态，反复进行该动作，由此来进行自由弯曲试验。以图 2(A) → (B) → (A) 的循环作为 1 次反复次数。图中，4R、0.5R 分别表示曲率半径为 4mm、0.5mm 的角部。反复次数根据负载的应力而变化。应力负荷大的情况下，反复次数少；应力负荷小的情况下，反复次数变多。应力负荷可以通过与图 2 所述的

线材 1 的线径接近时 [(图 2(B))] 的按压治具 51、52 间的距离 L 来决定。由此,为了施加同样的应力负荷,在线径为 $0.31\text{mm}\phi$ 的情况下设定为 $L=10.0\text{mm}$ 、线径为 $0.37\text{mm}\phi$ 的情况下设定为 $L=11.9\text{mm}$ 、线径为 $0.43\text{mm}\phi$ 的情况下设定为 $L=13.9\text{mm}$,由此进行试验。对于至断裂为止的反复次数,每个实施例和比较例各自选取 3 条进行试验,由此得到的平均值为 3 次以上的情况评价为“良”,在表中标记为“○”;小于 3 次的情况下评价为“否”,在表中标记为“×”。

[0123] 表 1-1

[0124] (实施例)

[0125]

No.	mass%										Al	铸造冷却速度			中间退火		最终退火		
	Fe	Mg	Si	Cu	Ti+V	Zr	°C/s	温度°C	时间 h	温度°C		时间 s	26x ^{-0.6} +377	19x ^{-0.6} +477					
1	0.04	0.12	0.08	0.20	0.002	0.00	5	450	0.5	465	0.54	415	504						
2	0.06	0.13	0.26	0.49	0.005	0.00	1	400	1	428	0.54	415	504						
3	0.03	0.21	0.10	0.19	0.009	0.00	1	400	2	518	0.11	476	549						
4	0.03	0.25	0.20	0.20	0.004	0.00	5	350	2	535	0.11	476	549						
5	0.05	0.26	0.27	0.11	0.003	0.00	20	400	0.5	534	0.11	476	549						
6	0.12	0.11	0.07	0.19	0.003	0.00	1	300	2	464	0.54	415	504						
7	0.12	0.11	0.29	0.20	0.002	0.00	5	400	0.17	491	0.54	415	504						
8	0.11	0.19	0.18	0.48	0.004	0.00	10	350	0.17	485	0.18	450	530						
9	0.15	0.26	0.22	0.20	0.006	0.00	15	450	1	511	0.11	476	549						
10	0.14	0.29	0.19	0.31	0.010	0.00	20	300	2	620	0.03	590	633						
11	0.20	0.11	0.11	0.11	0.003	0.00	1	350	4	597	0.03	590	633						
12	0.22	0.12	0.23	0.38	0.004	0.00	5	450	3	457	0.54	415	504						
13	0.23	0.24	0.06	0.21	0.003	0.00	10	450	2	488	0.18	450	530						
14	0.22	0.27	0.26	0.40	0.003	0.00	15	300	0.17	513	0.11	476	549						
15	0.22	0.28	0.28	0.19	0.006	0.00	20	400	4	612	0.03	590	633						
16	0.35	0.10	0.10	0.11	0.008	0.00	10	450	0.5	610	0.03	590	633						
17	0.32	0.10	0.25	0.31	0.004	0.00	15	350	1	624	0.03	590	633						
18	0.32	0.25	0.28	0.38	0.002	0.00	15	350	2	510	0.11	476	549						
19	0.40	0.28	0.08	0.11	0.003	0.00	10	450	3	488	0.11	476	549						
20	0.38	0.26	0.25	0.20	0.003	0.00	20	450	0.5	490	0.11	476	549						
21	0.22	0.21	0.20	0.38	0.004	0.12	5	350	4	515	0.11	476	549						
22	0.22	0.15	0.18	0.31	0.006	0.23	10	400	2	492	0.11	476	549						
23	0.23	0.27	0.17	0.31	0.003	0.35	15	450	2	535	0.11	476	549						
24	0.22	0.12	0.20	0.46	0.003	0.00	5	400	1	612	0.03	590	633						
25	0.25	0.25	0.21	0.13	0.004	0.00	10	400	1	598	0.03	590	633						
26	0.15	0.11	0.15	0.20	0.005	0.00	15	300	1	510	0.11	476	549						
27	0.20	0.28	0.13	0.33	0.004	0.00	15	350	1	505	0.11	476	549						

[0126] 表 1-2
 [0127] (实施例)

[0128]

No.	面积率(%)			结晶粒径 μm	拉伸强度 MPa	导电率 %IACS	反复断裂次数 ×10 ³ 次	加工性	拉伸断裂伸长率 %
	a	b	c						
1	0.19	0.27	2.4	23	104	61.0	95	○	22.0
2	0.34	0.42	4.6	20	131	56.6	127	○	16.4
3	0.15	0.23	3.0	22	106	59.0	96	○	20.0
4	0.13	0.25	4.4	25	111	58.1	103	○	17.4
5	0.18	0.35	5.7	25	108	57.8	103	○	17.6
6	0.72	0.94	2.2	14	112	61.0	96	○	27.0
7	0.66	0.78	2.5	16	119	58.2	98	○	16.7
8	0.54	0.79	5.1	13	137	57.1	130	○	16.8
9	0.68	0.87	6.1	13	123	57.3	114	○	17.7
10	0.56	1.08	5.3	14	130	56.3	120	○	17.7
11	1.23	1.40	4.0	11	111	60.8	101	○	25.3
12	1.24	1.26	3.5	10	135	57.4	118	○	17.7
13	1.18	1.32	1.9	9.3	122	59.6	99	○	19.6
14	1.01	1.67	7.2	11	142	55.9	138	○	16.8
15	0.90	1.40	7.7	9.1	128	56.3	123	○	17.3
16	1.82	1.98	3.0	6.0	118	60.0	99	○	27.3
17	1.49	2.21	2.3	8.6	135	57.5	112	○	18.2
18	1.49	2.01	6.9	7.3	146	55.8	137	○	17.0
19	2.08	2.26	3.0	1.6	126	59.3	101	○	21.3
20	1.58	2.15	8.4	3.2	135	56.8	131	○	16.1
21	1.24	3.39	5.6	10	137	56.7	111	○	16.7
22	1.13	3.67	5.2	6.8	130	57.2	105	○	17.6
23	1.06	3.93	3.8	7.5	133	56.4	98	○	16.3
24	1.24	1.40	3.5	11	140	57.4	125	○	16.8
25	1.29	1.58	7.1	9.2	122	57.9	117	○	18.9
26	0.76	1.16	3.2	14	116	59.5	103	○	21.7
27	0.92	1.40	3.8	12	132	57.6	116	○	17.5

[0129] 表 2-1

[0130] (比较例)

[0131]

No.	mass%							Al	铸造冷却速度 °C/s	中间退火		最终退火		
	Fe	Mg	Si	Cu	Ti+V	Zr	温度°C			时间 h	温度°C	时间 s	26x ^{-0.6} +377	19x ^{-0.6} +477
1	0.60	0.21	0.20	0.21	0.002	0.00		5	400	1	508	0.03	500	633
2	0.19	0.05	0.20	0.19	0.003	0.00		10	350	1	605	0.03	590	633
3	0.20	0.40	0.19	0.20	0.003	0.00		10	350	1	453	0.54	415	504
4	0.22	0.20	0.01	0.19	0.006	0.00		10	450	1	451	0.54	415	504
5	0.20	0.20	0.41	0.19	0.003	0.00		10	450	2	511	0.11	476	549
6	0.21	0.19	0.21	0.04	0.005	0.00		5	300	2	510	0.11	476	549
7	0.19	0.21	0.18	0.70	0.003	0.00		5	350	2	491	0.11	476	549
8	0.18	0.19	0.20	0.20	0.030	0.00		15	350	2	485	0.11	476	549
9	0.20	0.21	0.20	0.20	0.004	0.55	bal.	15	400	2	486	0.11	476	549
10	0.19	0.21	0.18	0.20	0.002	0.00		0.2	300	0.5	509	0.11	476	549
11	0.19	0.20	0.21	0.21	0.006	0.00		50	450	0.5	510	0.11	476	549
12	0.20	0.21	0.21	0.20	0.004	0.00		1	200	0.5	-	-	-	-
13	0.19	0.20	0.20	0.21	0.002	0.00		1	550	0.5	-	-	-	-
14	0.20	0.21	0.21	0.19	0.004	0.00		1	400	0.1	-	-	-	-
15	0.23	0.19	0.21	0.21	0.003	0.00		20	300	1	453	0.11	476	549
16	0.20	0.21	0.20	0.19	0.004	0.00		20	450	1	570	0.11	476	549
17	0.20	0.21	0.20	0.21	0.003	0.00		5	400	2	最终退火(分批式退火炉)400°C、2h			
18	0.20	0.20	0.19	0.19	0.003	0.00		15	400	2	最终退火(分批式退火炉)450°C、2h			

[0132] 表 2-2

[0133] (比较例)

[0134]

No.	面积率(%)			结晶粒径 μm	拉伸强度 MPa	导电率 %IACS	反复断裂次数 ×10 ³ 次	加工性	拉伸断裂伸长率 %
	a	b	c						
1	3.78	3.73	6.8	3.2	144	57.5	72	×	8.9
2	0.97	1.33	0.3	14	89	59.6	58	○	22.7
3	1.02	1.40	13.0	10	129	56.8	72	×	12.7
4	1.13	1.26	0.0	13	83	60.3	60	○	25.0
5	1.02	4.11	5.6	14	129	55.9	64	×	15.5
6	1.18	1.60	5.3	15	94	58.9	62	○	22.7
7	1.07	4.33	6.2	13	145	54.2	83	×	14.2
8	0.82	1.27	6.8	5.5	125	53.8	65	×	13.9
9	0.92	6.44	6.8	10	139	55.7	54	×	11.4
10	4.90	1.45	5.1	14	122	58.4	54	×	9.1
11	0.10	4.78	5.6	15	124	52.1	69	×	13.1
12	断线							-	断线
13	断线							-	断线
14	断线							-	断线
15	为未退火状态因此无法进行观察				156	57.0	145	×	2.1
16	0.82	1.15	0.0	18	62	58.1	35	×	4.8
17	1.12	1.28	0.1	12.6	126	58.2	72	○	16.1
18	0.92	1.30	0.0	15.0	123	58.5	65	○	17.2

[0135] 由表 1-1、表 1-2、表 2-1 和表 2-2 的结果可知以下内容。

[0136] 在比较例 1～9 中,铝合金的添加成分为本发明的范围外。在比较例 1 中,Fe 过多,因此金属间化合物 A 和 B 多,加工性、反复断裂次数、拉伸断裂伸长率差。在比较例 2 中,Mg 过少,因此金属间化合物 C 少,拉伸强度、反复断裂次数差。在比较例 3 中,Mg 过多,因此金属间化合物 C 多,加工性、反复断裂次数差。比较例 4 中,Si 过少,因此金属间化合物 C 少,拉伸强度、反复断裂次数差。在比较例 5 中,Si 过多,因此金属间化合物 B 多,加工性、反复断裂次数差。在比较例 6 中,Cu 过少,因此拉伸强度、反复断裂次数差。在比较例 7 中,Cu 过多,因此金属间化合物 B 多,加工性、导电率差。在比较例 8 中,Ti 和 V 的总量过多,因此加工性、反复断裂次数、导电率差。在比较例 9 中,Zr 过多,因此金属间化合物 B 多,加工性、反复断裂次数差。

[0137] 比较例 10～18 中示出了铝合金导体中的金属间化合物的面积率为本发明的范围外、或在制造中发生断线的情况。此处,示出了由于铝合金的制造条件的原因而无法得到本发明所规定的铝合金导体的示例。比较例 10 中,铸造冷却速度过慢,金属间化合物 A 过多,因此加工性、反复断裂次数、拉伸断裂伸长率差。比较例 11 中,金属间化合物 B 过多,因此加工性、反复断裂次数差;铸造冷却速度过快,因此导电率差。在比较例 12～14 中,未进行最终退火,因此均在拉丝工序中发生断线。比较例 15 中,因最终退火工序中的软化不足而为未退火状态,无法观察到金属间化合物,因此加工性、拉伸断裂伸长率差。比较例 16 中,因最终退火温度过高而使金属间化合物 C 过少,因此加工性、拉伸强度、反复断裂次数、拉伸断裂伸长率差。比较例 17～18 中,最终退火为分批退火,结果金属间化合物 C 过少,因此反复断裂次数差。

[0138] 与此相对,在实施例 1～27 中,可以得到加工性良好且反复断裂次数(耐挠曲疲劳特性)、拉伸断裂伸长率(柔软性)、拉伸强度和导电率优异的铝合金导体。

[0139] 以上将本发明与其实施方式一同进行了说明,但认为只要我们没有特别指定,则

我们的发明并非限定于说明的任何细节中,应该可以在不违反附加的权利要求书所示的发明的精神和范围的前提下作出广泛的解释。

[0140] 本申请要求基于 2010 年 2 月 26 日在日本进行了专利申请的日本特愿 2010-043487 的优先权,以参考的形式将其内容引入作为本说明书记载的一部分。

[0141] 符号说明

[0142] 1 试验片(线材)

[0143] 2、3 弯曲治具

[0144] 4 重物

[0145] 5、51、52 按压治具

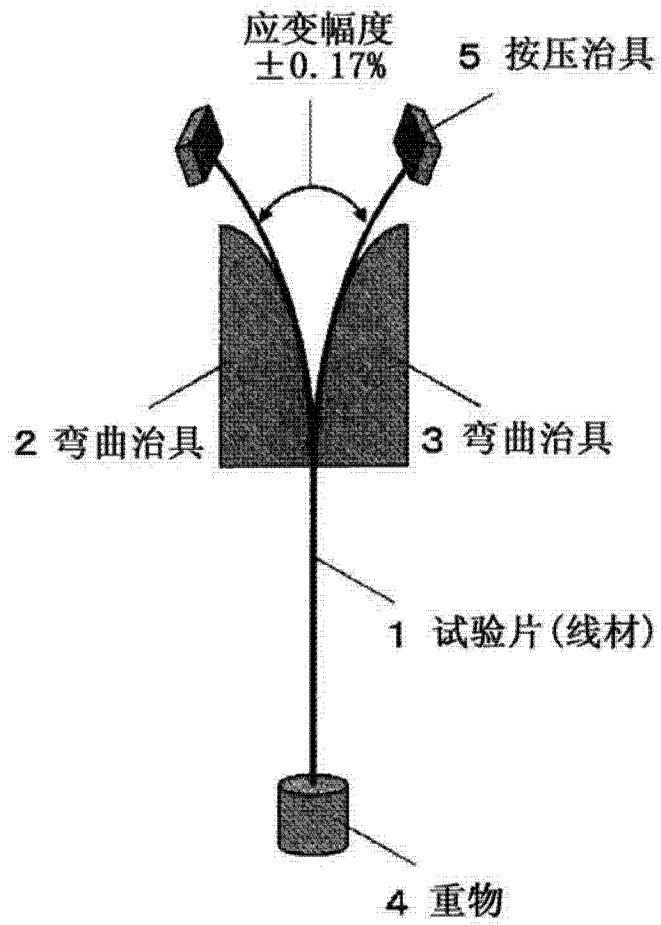


图 1

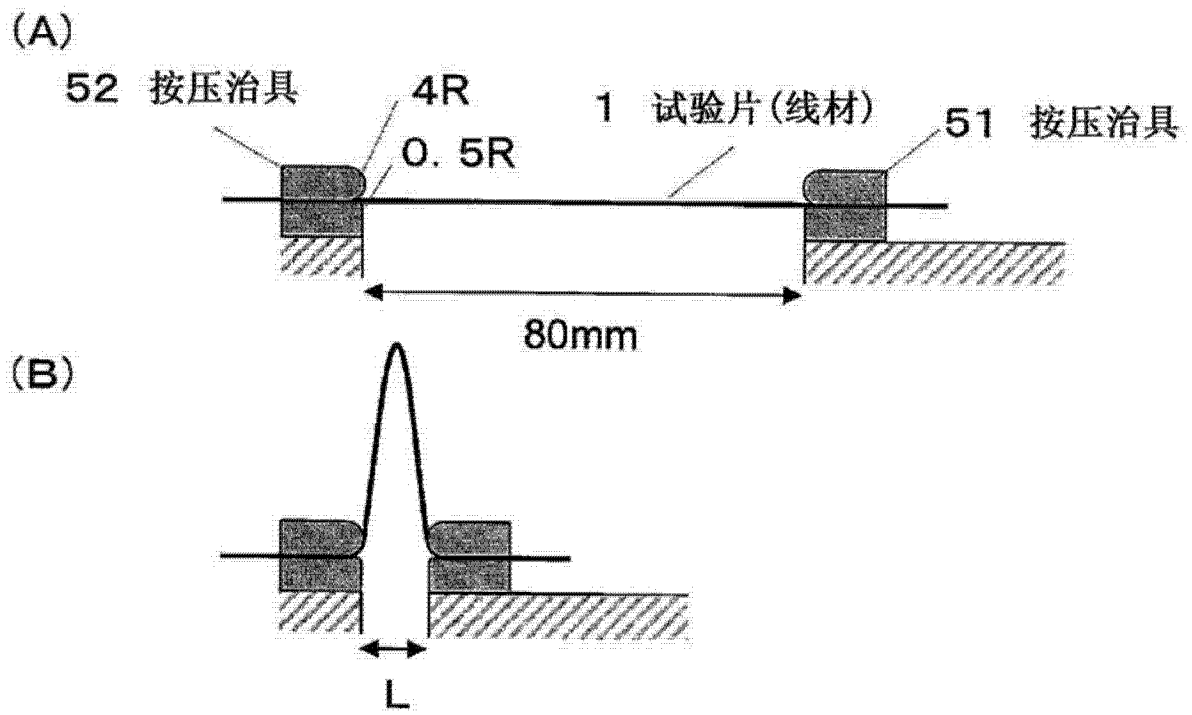


图 2