



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103492597 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201280016455. 1 *H01B 1/02*(2006. 01)
(22) 申请日 2012. 03. 29 *H01B 5/02*(2006. 01)
(30) 优先权数据 *H01B 7/00*(2006. 01)
2011-080344 2011. 03. 31 JP *H01B 13/00*(2006. 01)
C22F 1/00(2006. 01)
(85) PCT国际申请进入国家阶段日 (56) 对比文件
2013. 09. 29 JP 特开 2010-163675 A, 2010. 07. 29,
(86) PCT国际申请的申请数据 CN 10128887 A, 2008. 02. 20,
PCT/JP2012/058335 2012. 03. 29 审查员 连速
(87) PCT国际申请的公布数据
W02012/133634 JA 2012. 10. 04
(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 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
公司 11127
代理人 丁香兰 庞东成
(51) Int. Cl.
G22C 21/00(2006. 01)
G22F 1/04(2006. 01)

权利要求书1页 说明书12页 附图1页

(54) 发明名称
铝合金导体

(57) 摘要

本发明的目的在于提供一种铝合金导体,其导电率、耐挠曲疲劳特性优异,且具有为使处理性良好而要求的适当的屈服强度。本发明为一种铝合金导体,其特征在于,所述铝合金导体具有再结晶集合组织,该再结晶集合组织中,具有(100)面的晶粒的面积率为20%以上,所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置;拉丝方向的垂直截面上的晶体粒径为 $1\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 。

1. 一种铝合金导体,所述铝合金导体的合金组成含有 0.01 质量%~0.4 质量%的 Fe、0.04 质量%~0.3 质量%的 Mg、0.02 质量%~0.3 质量%的 Si、0.1 质量%~0.5 质量%的 Cu, 剩余部分由 Al 和不可避免的杂质构成,其特征在于,该铝合金导体具有结晶集合组织,该结晶集合组织中,具有(100)面的晶粒的面积率为 20%以上,所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置;拉丝方向的垂直截面上的晶体粒径为 $1\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 。

2. 如权利要求 1 所述的铝合金导体,其特征在于,在从线材拉丝方向的垂直截面上的圆的中心到 $2/3$ 的半径内所处的范围中,具有(100)面的晶粒的面积率为 20%以上,所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置,并且,在从线材拉丝方向的垂直截面上的圆周到沿半径方向位于内侧 $1/3$ 处的范围中,具有(100)面的晶粒的面积率为 20%以上,所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置。

3. 如权利要求 1 所述的铝合金导体,其特征在于,在导体的长度方向进行测定的拉伸试验中,0.2%屈服强度为 35MPa~80MPa。

4. 如权利要求 2 所述的铝合金导体,其特征在于,在导体的长度方向进行测定的拉伸试验中,0.2%屈服强度为 35MPa~80MPa。

5. 如权利要求 1~4 任一项所述的铝合金导体,其特征在于,该铝合金导体可以用作移动体内的电池缆线、线束或发动机用导线。

6. 如权利要求 5 所述的铝合金导体,其特征在于,所述移动体为汽车、电车或飞行器。

7. 一种铝合金导体的制造方法,其是制造权利要求 1~6 任一项所述的铝合金导体的方法,该铝合金导体的制造方法在经过熔解、铸造、热加工或冷加工而形成粗引线之后,依次具有第 1 拉丝加工、中间热处理、第 2 拉丝加工、最终热处理这些工序,其中,在 $230^{\circ}\text{C}\sim 290^{\circ}\text{C}$ 的温度进行 1 小时~10 小时所述中间热处理、且以 10%~30%的加工率进行所述第 2 拉丝加工,所述最终热处理为连续通电热处理,且满足下式,

$$0.03 \leq x \leq 0.55, \text{ 且}$$

$$26x^{0.6}+377 \leq y \leq 23.5x^{0.6}+423$$

式中,左边和右边的 x 代入相同值, x 表示退火时间,其单位为秒, y 表示线材温度,其单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

8. 一种铝合金导体的制造方法,其是制造权利要求 1~6 任一项所述的铝合金导体的方法,该铝合金导体的制造方法在经过熔解、铸造、热加工或冷加工而形成粗引线之后,依次具有第 1 拉丝加工、中间热处理、第 2 拉丝加工、最终热处理这些工序,其中,在 $230^{\circ}\text{C}\sim 290^{\circ}\text{C}$ 的温度进行 1 小时~10 小时所述中间热处理、且以 10%~30%的加工率进行所述第 2 拉丝加工,所述最终热处理为连续运转热处理,且满足下式,

$$1.5 \leq x \leq 5, \text{ 且}$$

$$-50x+550 \leq z \leq -36x+650$$

式中,左边和右边的 x 代入相同值, x 表示退火时间,其单位为秒, z 表示退火炉温度,其单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

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),为了在纯铝的导体线材中流通与纯铜的导体线材相同的电流,需要使纯铝导体线材的截面积为纯铜导体线材的约 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,存在着一些问题。其中一个为耐挠曲疲劳特性的提高。其原因是,安装于门等的线束因门的开关而反复承受弯曲应力。对于铝等金属材料来说,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的条件下,也会在某一反复次数下发生断裂(疲劳破坏)。当所述铝导体用于开关部时,若耐挠曲疲劳特性差,则在其使用中可能发生导体断裂,缺乏耐久性、可靠性。

[0006] 一般来说,强度越高的材料,疲劳特性越好。因此,可适当采用强度高的铝线材,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),并且也为了无需施加过度的力,因此强度不宜过高。线束由于其复杂的线路构成,因此其是通过使附属于线束的连接器彼此连接、或按照规定的线路对线束进行弯曲等手工作业来进行组装的。这样的情况下,若电线的强度较高,在对线束进行弯曲或拉升时,则需要施加非常大的力,因此可以预想到这对于 1 天要花费数小时反复进行作业的作业人员来说是非常痛苦的作业,作业性差。已知:在通常情况下,作为构成线束的材料,采用将几根~几十根金属线进行捻合而形成绞线进一步对其实施包覆而成的电线,但金属线的强度对电线的强度会产生影响。因此,要求开发一种作业人员容易进行处理的低强度金属线。

[0007] 因如上所述的问题、要求而寻求一种强度低但耐挠曲疲劳特性较高的导电线。另外,在处理性中还要求柔软性,大多使用能够确保 10% 以上的作为柔软性的评价指标的伸长率的韧材(退火材)。

[0008] 因此,对于用于移动体的电配线体的铝导体来说,要求如下所述的材料:该材料对于作业人员来说为使处理性良好而要求的适当的屈服强度、以及为了使更多的电流流通而需要的导电率、以及耐挠曲疲劳特性优异。需要说明的是,此处,屈服强度是指去除力后产生规定的永久伸长率时的应力,其可以作为表示作业性时的强度的指标。

[0009] 针对具有如此要求的用途,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耐受由于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而合金化的材料存在下述问题:因向铝中所添加的元素的固溶现象而招致导电率的下降;由于屈服强度高而导致处理性差。为此,必须对添加元素进行限定、选择以防止断线,并且需要防止导电率下降,适当控制屈服强度及耐挠曲疲劳特性。

[0010] 作为用于移动体的电配线体的铝导体,代表性的有专利文献1~4所述的物质。但是,专利文献1所记载的电线导体中,Mg及Si的量较多,因此有时会导致在拉丝加工等时产生断线。对于专利文献2中具体记载的铝导电线,其未进行最终(仕上げ)退火。在车体上的安装作业中期望一种柔软性更高的材料。专利文献3中公开了轻量、柔软且挠曲性优异的铝导电线,但是由于强度高而在处理性上存在问题。专利文献4为箔材。对于板材和箔材来说,它们的变形方式不同。该加工历程会对后工序中的结晶集合组织的形成产生影响,导致晶体取向形成的方式不同。因此,由线得到目标结晶集合组织、与由箔得到目标结晶集合组织在技术方面是不同的。

[0011] 现有技术文献

[0012] 专利文献

[0013] 专利文献1:日本特开2008-112620号公报

[0014] 专利文献2:日本特开2006-19163号公报

[0015] 专利文献3:日本特开2006-253109号公报

[0016] 专利文献4:日本特公昭54-11242号公报

发明内容

[0017] 发明要解决的问题

[0018] 本发明的课题在于提供一种铝合金导体,其导电率、耐挠曲疲劳特性优异,且具有为使处理性良好而要求的适当的屈服强度。

[0019] 用于解决问题的手段

[0020] 本发明人反复进行了各种各样的研究,发现通过对铝合金的热处理和热处理前的加工度等制造条件进行控制,由此可以制造如下所述的铝合金导体,该铝合金导体中,形成有结晶集合组织,并且在维持了优异的耐挠曲疲劳特性和导电率的同时将屈服强度降低至适当的范围;本发明是基于这样的见解而完成的。

[0021] 即,上述课题通过以下发明达成。

[0022] (1) 一种铝合金导体,其特征在于,该铝合金导体具有结晶集合组织,该结晶集合组织中,具有(100)面的晶粒的面积率为20%以上,所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置;拉丝方向的垂直截面上的晶体粒径为 $1\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 。

[0023] (2) 如(1)所述的铝合金导体,其特征在于,在从线材拉丝方向的垂直截面上的圆的中心到 $2/3$ 的半径内所处的范围中,具有(100)面的晶粒的面积率为20%以上,所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置,并且,在从线材拉丝方向的垂直截面上的圆周到沿半径方向位于内侧 $1/3$ 处的范围中,具有(100)面的晶粒的面积率为20%以上,所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置。

[0024] (3) 如(1)或(2)所述的铝合金导体,其中,所述铝合金导体的合金组成含有0.01

质量% ~ 0.4 质量% 的 Fe、0.04 质量% ~ 0.3 质量% 的 Mg、0.02 质量% ~ 0.3 质量% 的 Si、0.1 质量% ~ 0.5 质量% 的 Cu, 剩余部分由 Al 和不可避免的杂质构成。

[0025] (4) 如 (1) ~ (3) 任一项所述的铝合金导体, 其特征在于, 在导体的长度方向进行测定的拉伸试验中, 0.2% 屈服强度为 35MPa ~ 80MPa。

[0026] (5) 如 (1) ~ (4) 任一项所述的铝合金导体, 其特征在于, 该铝合金导体可以用作移动体内的电池缆线、线束或发动机用导线。

[0027] (6) 如 (5) 所述的铝合金导体, 其特征在于, 所述移动体为汽车、电车或飞行器。

[0028] (7) 一种铝合金线的制造方法, 其是制造 (1) ~ (6) 所述的铝合金线的方法, 该铝合金制造方法在经过熔解、铸造、热加工或冷加工而形成粗引线之后, 具有第 1 拉丝加工、中间热处理、第 2 拉丝加工、最终热处理这些工序, 其中, 该制造方法是按照在 230℃ ~ 290℃ 的温度进行 1 小时 ~ 10 小时中间热处理、且第 2 拉丝加工的加工率为 10% ~ 30% 的条件下进行的。

[0029] (8) 如 (7) 所述的制造铝合金线的方法, 其中, 所述最终热处理为连续通电热处理, 且满足下式。

[0030] $0.03 \leq x \leq 0.55$, 且

[0031] $26x^{0.6} + 377 \leq y \leq 23.5x^{0.6} + 423$ (左边和右边的 x 代入相同值)

[0032] (式中, x 表示退火时间 (秒), y 表示线材温度 (°C))。

[0033] (9) 如 (7) 所述的制造铝合金线的方法, 其中, 所述最终热处理为连续运转热处理, 且满足下式。

[0034] $1.5 \leq x \leq 5$, 且

[0035] $-50x + 550 \leq z \leq -36x + 650$ (左边和右边的 x 代入相同值)

[0036] (式中, x 表示退火时间 (秒), z 表示退火炉温度 (°C))。

[0037] 发明效果

[0038] 本发明的铝合金导体具有并不过高且适当的屈服强度, 因此将线束安装于车载上时的处理性优异。另外, 其导电率优异, 作为移动体所搭载的电池缆线、线束或发动机用导线是有用的。特别是其耐挠曲疲劳特性优异, 可以适当用于要求非常高的耐挠曲疲劳特性的门或箱、发动机罩等。

[0039] 对于本发明的上述及其它的特征和优点, 适当参照附图, 由下述记载而能够更加清楚。

附图说明

[0040] 图 1 是示意性地表示从线材拉丝方向的垂直截面上的圆的中心到 2/3 的半径内所处的范围、和从线材拉丝方向的垂直截面上的圆周到沿半径方向位于内侧 1/3 处的范围的说明图。

[0041] 图 2 是对实施例中所进行的反复断裂次数进行测定的试验的说明图。

具体实施方式

[0042] 本发明的铝合金导体通过对结晶集合组织进行如下规定, 由此可以为具备优异导电率和耐挠曲疲劳特性、适当的屈服强度的材料。

[0043] (结晶集合组织)

[0044] 本发明中,使用位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置上的晶面来规定结晶集合组织。结晶集合组织是指由某一定的晶体取向大量集合而成的多晶粒构成的组织。本发明的铝合金导体的结晶集合组织是具有(100)面的晶粒的面积率为20%以上的结晶集合组织,所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置。更优选的是如下所述的结晶集合组织:该结晶集合组织中,在从线材拉丝方向的垂直截面上的圆的中心到 $2/3$ 的半径内所处的范围(中心部)中,具有(100)面的晶粒的面积率为20%以上(对于上限并无限制,优选为50%以下),所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置;并且,在从线材拉丝方向的垂直截面上的圆周到沿半径方向位于内侧 $1/3$ 处的范围(外周部)中,具有(100)面的晶粒的面积率为20%以上(对于上限并无限制,优选为50%以下),所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置。在图1中示意性地示出了上述中心部和圆周部。图1是线材拉丝方向的垂直方向的截面图,其中, r 表示半径,以A表示的部分为中心部,以B表示的部分为外周部。如此将区域分隔的理由之一是为了表示下述内容:在线材的加工中,线材的中心部和外周部的变形的的方式不同,在发生不同变形的线材的中心部和外周部中,具有(100)面的晶粒的面积率均为20%以上。通过形成这样的结晶集合组织,在如图2所示使线材相对于拉丝方向进行挠曲时,(100)面可以提高耐挠曲疲劳特性。

[0045] 需要说明的是,本发明中的晶体取向的面积率为通过EBSD法测定的值。EBSD法是电子背散射衍射法(Electron Back Scatter Diffraction)的简称,其是指利用在扫描电子显微镜(SEM)内对试样照射电子射线时产生的反射电子菊池线衍射而进行的晶体取向解析技术。面积率为在拉丝方向自(100)面等理想晶面在 $\pm 15^\circ$ 以内的范围倾斜的晶粒的面积相对于总测定面积的比例。在基于EBSD的取向解析中所得到的信息包括电子射线侵入到试样中直至数十纳米深度的取向信息,但由于其相对于所测定的范围(広さ)充分小,因而在本说明书中作为面积率处理。

[0046] (晶体粒径)

[0047] 在本发明中,使铝线材的拉丝方向的垂直截面上的晶体粒径为 $1\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ 。若晶体粒径过小,则部分再结晶组织残留,不仅得不到目标结晶集合组织,还会使伸长率显著降低。若晶体粒径过大、形成粗大的组织,则变形行为不均匀,与晶体粒径过小的情况同样地会导致伸长率降低,并且屈服强度显著降低。晶体粒径优选为 $5\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$,更优选为 $5\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 。

[0048] 需要说明的是,本发明中的“晶体粒径”是利用光学显微镜进行观察、通过交叉法进行粒径测定得到的平均粒径,为50个 \sim 100个晶粒的平均值。

[0049] 为了得到具有这样的结晶集合组织与晶体粒径的铝合金导体,可通过使合金组成为如后所述以及如以下所述对热处理和热处理前的加工度等制造条件进行控制来实现。优选的制造方法与合金组成的示例如下所述,但其是用于理解发明的示例,对于线径等并非限制于此。

[0050] (制造方法)

[0051] 本发明的铝合金导体可通过经由如下各工序来进行制造:[1]熔解、[2]铸造、[3]热或冷加工、[4]第1拉丝加工、[5]中间热处理、[6]第2拉丝加工、[7]最终热处理(最

终退火)。

[0052] [1] 溶解

[0053] 在熔解中,按照后述铝合金组成达到各实施方式的浓度这样的分量进行熔炼。

[0054] [2] 铸造、[3] 热或冷加工

[0055] 接下来,使用组合有铸造轮与传动带的普罗佩兹式(プロペルチ式)连续铸造压延机,一边用水冷后的铸模连续地对熔液进行铸造一边进行压延,制成约 $10\text{mm}\phi$ 的棒材。此时的铸造冷却速度为 $1^\circ\text{C}/\text{秒}\sim 20^\circ\text{C}/\text{秒}$ 。铸造和热压延可以通过钢坯铸造、挤出法以及模具法等来进行。

[0056] [4] 第1拉丝加工

[0057] 接着,实施表面去皮(皮むき),制成 $9\text{mm}\phi\sim 9.5\text{mm}\phi$,对其进行拉丝加工。加工度优选为1以上且6以下。此处,若将拉丝加工前的线材截面积设为 A_0 、将拉丝加工后的线材截面积设为 A_1 ,则加工度 η 以 $\eta=\ln(A_0/A_1)$ 表示。此时的加工度若过小,则在进行下道工序的热处理时,再结晶粒粗大化,屈服强度和伸长率显著降低,有时也会导致产生断线。若过大,则拉丝加工困难,有时会出现在拉丝加工中产生断线等产品质量方面的问题。通过进行表面去皮,可使表面洁净化,但也可以适当省略该去皮。在可预测到最终线径为止的加工度为6以上的情况下,为了防止拉丝加工中的断线,在途中可适当进行软化处理。

[0058] [5] 中间热处理

[0059] 接着,为了得到目标结晶集合组织,对进行了冷拉丝的加工材实施中间热处理。此处,作为目标的结晶集合组织是指具有(100)面的晶粒均匀分散的状态,所述(100)面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置。中间热处理温度为 $230^\circ\text{C}\sim 290^\circ\text{C}$ 。若中间热处理温度小于 230°C ,则未再结晶粒残留,无法得到目标结晶集合组织。若超过 290°C ,则晶体取向在再结晶中发生旋转,因此无法得到目标结晶集合组织。中间热处理温度优选为 $240^\circ\text{C}\sim 280^\circ\text{C}$ 。中间热处理时间为1小时 ~ 10 小时。若中间热处理时间小于1小时,则未再结晶粒残留,无法得到目标再结晶集合组织。若超过10小时,则由于温度而导致晶体取向在再结晶中发生旋转,因此无法得到目标结晶集合组织。中间热处理时间优选为2小时 ~ 8 小时。

[0060] [6] 第2拉丝加工

[0061] 进一步实施拉丝加工。此时的加工率为 $10\%\sim 30\%$ 。此处,加工率是指以拉丝加工前后的截面积之差除以原来的截面积再乘以100而得到的值。加工率若小于 10% ,则赋予应变不足,在下道工序的热处理时无法得到目标结晶集合组织。若超过 30% ,则位于与拉丝方向的垂直截面平行的位置的(100)面的再结晶率降低,从而无法得到目标结晶集合组织。加工率优选为 $15\%\sim 25\%$ 。

[0062] [7] 最终热处理(最终退火)

[0063] 通过连续热处理对冷拉丝后的加工材进行最终热处理。最终热处理可通过连续通电热处理、连续运转热处理(continuous running heat treatment)这2种方法中的任意一种来进行。

[0064] 连续通电热处理是利用焦耳热来进行退火的,该焦耳热是通过向连续通过2个电极轮的线材通电流而由自身所产生的。其包括急热、急冷工序,能够在控制线材温度和退火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通过水中或氮气气氛中而

进行的。在线材温度过低和 / 或退火时间过短的情况下,无法得到车载安装时所需要的柔软性;若过高的情况下,由于过退火而使晶体取向过度旋转,无法得到目标结晶集合组织,并且耐挠曲疲劳特性也变差。由此,若在满足以下关系的条件下进行,则可以形成上述的结晶集合组织。

[0065] 在连续通电热处理中,若将线材温度设为 y (°C)、将退火时间设为 x (秒),则以满足 $0.03 \leq x \leq 0.55$ 、且 $26x^{0.6}+377 \leq y \leq 23.5x^{0.6}+423$ (左边与右边的 x 带入相同值) 的方式进行。

[0066] 上式表示通过控制温度和时间来使其再结晶。温度高时,时间缩短;但若温度为较低的温度则需要进行长时间的热处理。上式是将适合于再结晶的温度和时间数学公式化而成的。另外该式同时也表示得到集合组织的范围。

[0067] 为了满足上式的条件,实际上是对电流值、电压值进行控制,但它们的调节因设备环境等而有所不同,电流值、电压值的数值不能明确确定。

[0068] 需要说明的是,线材温度 y (°C) 表示作为线材的温度达到最高且即将通过冷却工序之前的温度。 y (°C) 通常为 $414 \sim 616$ (°C) 的范围内。

[0069] 连续运转热处理是使线材连续地通过保持于高温的退火炉中来进行退火的处理。其包括急热、急冷工序,能够在控制线材温度和退火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通过水中或氮气气氛中而进行的。在退火炉温度过低和 / 或退火时间过短的情况下,无法得到车载安装时所需要的柔软性;若过高的情况下,由于过退火而使晶体取向过度旋转,无法得到目标结晶集合组织。进而,耐挠曲疲劳特性也变差。从而,若在满足以下关系的条件下进行,则可以形成上述的结晶集合组织。

[0070] 在连续运转热处理中,若将退火炉温度设为 z (°C)、将退火时间设为 x (秒),以滿足 $1.5 \leq x \leq 5$ 、且 $-50x+550 \leq z \leq -36x+650$ (左边与右边的 x 带入相同值) 的方式进行。

[0071] 与上述同样,这些式子也是表示适合于再结晶而能够得到集合组织的温度和时间,因此可以根据设备环境来调节电流值、电压值从而满足上述关系。

[0072] z (°C) 通常为 $300 \sim 596$ (°C) 的范围内。

[0073] 另外,最终退火除上述 2 种方法之外,还可以为使线材连续通过磁场中来进行退火的感应加热。

[0074] (合金组成)

[0075] 本发明的优选成分构成含有 0.01 质量% ~ 0.4 质量% 的 Fe、0.04 质量% ~ 0.3 质量% 的 Mg、0.02 质量% ~ 0.3 质量% 的 Si、和 0.1 质量% ~ 0.5 质量% 的 Cu, 剩余部分由 Al 和不可避免的杂质构成。

[0076] 使 Fe 的含量为 0.01 质量% ~ 0.4 质量% 主要为了利用由 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 固溶在铝中, 在室温下更少。剩余的 Fe 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晶粒的微细化材而发挥作用, 同时使耐挠曲疲劳特性提高。若 Fe 的含量过少, 则这些效果不充分; 若过多, 则会由于结晶物的粗大化而导致拉丝加工性变差, 无法得到目标耐挠曲疲劳特性。另外, 若为过饱和固溶状态, 则导电率也会降低。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%。

[0077] 使 Mg 的含量为 0.04 质量% ~ 0.3 质量% 是因为 Mg 在铝母材中固溶, 同时其一部

分与 Si 形成析出物从而可以提高耐挠曲疲劳特性和耐热性。Mg 的含量若过少,则效果不充分;若过多,则导电率降低。另外,若 Mg 的含量多,则屈服强度过剩,会使成型性、捻合(撚り)性变差,加工性变差。Mg 的含量优选为 0.08 质量%~0.3 质量%、进一步优选为 0.10 质量%~0.28 质量%。

[0078] 使 Si 的含量为 0.02 质量%~0.3 质量%是因为如上所述 Si 与 Mg 形成化合物从而表现出使耐挠曲疲劳特性和耐热性提高的作用。Si 的含量若过少,则效果不充分;若过多,则导电率降低。Si 的含量优选为 0.04 质量%~0.25 质量%、进一步优选为 0.10 质量%~0.25 质量%。

[0079] 使 Cu 的含量为 0.1 质量%~0.5 质量%是因为使 Cu 固溶在铝母材中,从而有助于提高耐挠曲疲劳特性、耐蠕变性、耐热性。Cu 的含量若过少,则效果不充分;若过多,则会招致耐蚀性和导电率的降低。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%。

[0080] 作为合金组成中的不可避免的杂质,存在有通常的物质,可以举出例如 Ni、Ti、Ga、B、Zn、Cr、Mn、Zr 等。

[0081] 本发明的铝合金导体在为线状的情况下,优选直径为 0.15mm~1.2mm,更优选直径为 0.30mm~0.55mm。

[0082] (屈服强度)

[0083] 对于本发明的铝合金线材而言,优选在导体的长度方向进行测定的拉伸试验中,0.2% 屈服强度满足 35MPa~80MPa。若小于 35MPa,则屈服强度过低,无法承受线束安装时等的不经意的冲击等,可能会产生断线。若超过 80MPa,则在处理性方面存在问题。0.2% 屈服强度的更优选范围为 35MPa~70MPa,进一步优选为 35MPa~60MPa。需要说明的是,0.2% 屈服强度是指针对通过偏距(Offset)法计算出的 0.2% 的永久伸长率的屈服强度。

[0084] 如上所述,本发明的铝合金导体具有上述的适当的屈服强度和优异的导电率、柔软性,因此其在作业中的处理性优异,适合于在有限的空间进行配线的如上所述的各种移动体的电配线。另外,其具有优异的耐挠曲疲劳特性,因此可以适合于门等的反复开关部。

[0085] 实施例

[0086] 基于以下的实施例对本发明进行详细说明。需要说明的是,本发明并不限于以下所示的实施例。

[0087] 实施例 1 和 2、比较例 1、现有例 1

[0088] 按照 Fe、Mg、Si、Cu、和 Al 为如表 1 所示的量(质量%)的方式,使用普罗佩兹式连续铸造压延机,一边用水冷后的铸模连续地对熔液进行铸造一边进行压延,得到约 10mmφ 的棒材。此时的铸造冷却速度为 1°C/秒~20°C/秒。

[0089] 接着,实施表面的去皮,使其约为 9.5mmφ,对其进行拉丝加工直至为 2.6mmφ,并在 350°C~400°C 进行 2 小时~3 小时的软化处理。到此为止的拉丝加工历程如下表示。

[0090]

9.5mmφ→2.6mmφ→软化处理

[0091] 进一步进行拉丝加工,在 220°C~310°C、0.5 小时~12 小时的条件下实施中间热处理,之后进行加工率为 10%~30% 的拉丝加工(加工率约为 9% 和约为 31% 的示例为比较

例)。到此为止的拉丝加工历程和热处理如下所示。

[0092]

→0.330mmφ→中间热处理→0.315mmφ(加工率约为 9%)

[0093]

→0.340mmφ→中间热处理→0.315mmφ(加工率约为 14%)

[0094]

→0.350mmφ→中间热处理→0.315mmφ(加工率约为 19%)

[0095]

→0.360mmφ→中间热处理→0.315mmφ(加工率约为 23%)

[0096]

→0.370mmφ→中间热处理→0.315mmφ(加工率约为 28%)

[0097]

→0.380mmφ→中间热处理→0.315mmφ(加工率约为 31%)

[0098]

→0.370mmφ→中间热处理→0.340mmφ(加工率约为 16%)

[0099]

→0.375mmφ→中间热处理→0.340mmφ(加工率约为 20%)

[0100]

→0.410mmφ→中间热处理→0.370mmφ(加工率约为 19%)

[0101] 需要说明的是,线径公差可以控制在 ± 0.003 以内。

[0102] 最后如表 1 所示,作为最后退火,在温度为 $426^{\circ}\text{C} \sim 605^{\circ}\text{C}$ 、时间为 0.03 秒 \sim 0.54 秒的条件进行连续通电热处理,在温度为 $328^{\circ}\text{C} \sim 559^{\circ}\text{C}$ 、时间为 1.5 秒 \sim 5.0 秒的条件进行连续运转热处理。对于温度,使用光纤型放射温度计(Japan Sensor 公司制)对线材的温度达到最高的、即将通过水中之前的线材温度 $y(^{\circ}\text{C})$ (连续通电热处理时)、或者退火炉温度 $z(^{\circ}\text{C})$ (连续运转热处理时)进行测定。另外,作为现有例 1,在热处理炉温度为 400°C 、时间为 3600 秒的条件进行分批(batch)式热处理。

[0103] 对于制备的各个实施例、比较例、现有例的线材,按照以下所述的方法对各特性进行测定。其结果示于表 2。

[0104] (a) 晶体粒径

[0105] 将在拉丝方向上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 $0^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 、电压为 10V、电流为 10mA、时间为 30 秒 \sim 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 \sim 3 分钟的条件下进行阳极氧化精制。利用 200 倍 \sim 400 倍的光学显微镜对该组织进行拍照,基于交叉法进行粒径测定。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,改变直线的长度和条数以便能够数出 50 个 \sim 100 个粒径,从而进行评价。

[0106] (b) 各晶体取向的面积率

[0107] 在本发明的晶体取向的解析中使用了EBSD法。在线材拉丝方向的垂直截面中,主要对直径为300 μm 的试样面积以0.5 μm 步幅进行扫描,进行取向解析。对于每一试样进行测定面积和扫描步幅的调整,测定面积按照含有25个以上晶粒的方式来调整范围,将扫描步幅设定为试料的平均晶粒尺寸的约1/10以下。晶粒过大而在1张解析图像中无法数出25个以上的情况下,按照多张合计为25个以上的方式来进行解析。晶体取向的面积率为自(100)面等理想晶面在 $\pm 15^\circ$ 以内的范围倾斜的晶粒的面积相对总测定面积的比例,所述(100)面位于与拉丝方向的垂直截面平行的位置。需要说明的是,表2中对整体、中心部、外周部的(100)面积率的测定范围分别进行了设定,按照整体的(100)面积率的测定范围不偏离中心部和外周部的方式,从各自区域分别取约50%的测定面积。

[0108] (c) 屈服强度(0.2%屈服强度)和柔软性(拉伸断裂伸长率)

[0109] 基于JIS Z2241,各自对3根进行试验,求出其平均值。屈服强度是通过偏距法来计算出的,使用了相对于0.2%的永久伸长率的值(称为0.2%屈服强度)。对于柔软性,拉伸断裂伸长率为10%以上记为合格。

[0110] (d) 导电率(EC)

[0111] 将长度为300mm的试验片保持于20 $^\circ\text{C}$ ($\pm 0.5^\circ\text{C}$)的恒温槽中,使用四端子法测定各3根的比电阻,算出其平均导电率。端子间距离为200mm。对于导电率,将57%IACS以上记为合格。

[0112] (e) 反复断裂次数

[0113] 以常温下的应变幅度为 $\pm 0.17\%$ 作为耐挠曲疲劳特性的基准。耐挠曲疲劳特性随应变幅度而发生变化。应变幅度大的情况下,疲劳寿命变短;应变幅度小的情况下,疲劳寿命变长。应变幅度可以通过图2所述的线材1的线径和弯曲卡具2、3的曲率半径来决定,因此可以任意设定线材1的线径和弯曲卡具2、3的曲率半径来实施耐挠曲疲劳试验。

[0114] 使用藤井精机株式会社(现为株式会社Fuji)制造的交变(両振)挠曲疲劳试验机,使用能够给予0.17%弯曲应变的卡具,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各自选取4根来进行测定,求出其平均值。如图2的说明图所示,使弯曲卡具2和3之间间隔1mm插入线材1,使其以沿着卡具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卡具5,另一端上悬挂有约10g的重物4。试验中,由于按压卡具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。采用下述方案:在往返100次/分的条件下进行反复操作,线材试验片1断裂时,重物4落下,停止计数。需要说明的是,反复断裂次数以往返作为1次的方式进行计数。

[0115] 对于反复断裂次数,60000次以上为合格。另外,反复断裂次数根据0.2%屈服强度而进行规格化。反复断裂次数除以0.2%屈服强度的值大于 1.5×10^3 次/MPa以上的试样视为合格。

[0116]

表 1

No.	组成(mass%)							[5]中间热处理		[6]差速拉拔加工		最终线径	[7]最终热处理	[7]最终热处理条件	
	Fe	Mg	Si	Cu	Al	温度	时间	加工率	加工率	温度y 或者 z(C)	时间 x(s)				
实施例 1	1	0.01	0.08	0.08	0.10	230	4	16	16	0.340	连续运转热处理	471	3.0		
	2	0.04	0.15	0.12	0.22	250	6	14	14	0.315	连续运转热处理	559	2.0		
	3	0.08	0.23	0.28	0.35	290	1	14	14	0.315	连续通电热处理	484	0.11		
	4	0.10	0.06	0.23	0.44	270	2	19	19	0.370	连续通电热处理	495	0.11		
	5	0.14	0.16	0.06	0.13	270	2	19	19	0.315	连续通电热处理	328	5.0		
	6	0.18	0.28	0.15	0.28	260	4	23	23	0.315		540	1.5		
	7	0.21	0.04	0.18	0.38	260	6	19	19	0.315		593	0.03		
	8	0.25	0.12	0.25	0.50	270	2	14	14	0.315		490	0.11		
	9	0.28	0.30	0.10	0.18	240	10	16	16	0.340	连续通电热处理	482	0.18		
	10	0.30	0.10	0.02	0.25	250	6	28	28	0.315		605	0.03		
	11	0.34	0.18	0.15	0.31	280	6	20	20	0.340		426	0.54		
实施例 2	1	0.40	0.25	0.30	0.42	260	4	23	23	0.315	连续通电热处理	490	0.11		
	2	0.20	0.15	0.10	0.20	260	5	23	23	0.315	连续通电热处理	502	0.11		
	3	0.20	0.15	0.10	0.20	260	5	23	23	0.315	连续通电热处理	505	0.11		
	4	0.20	0.15	0.10	0.20	260	5	23	23	0.315	连续通电热处理	480	0.18		
	1	0.60	0.20	0.20	0.20	260	4	14	14	0.315	连续通电热处理	495	0.11		
	2	0.20	0.02	0.21	0.20	260	4	14	14	0.315	连续通电热处理	496	0.11		
	3	0.21	0.40	0.20	0.21	270	4	14	14	0.315	连续通电热处理	465	0.18		
	4	0.20	0.11	0.20	0.60	260	4	14	14	0.315	连续通电热处理	468	0.18		
	1	0.20	0.10	0.01	0.08	270	2	14	14	0.315	连续通电热处理	492	0.11		
	2	0.60	0.10	0.40	0.20	270	4	14	14	0.315	连续通电热处理	493	0.11		
	3	0.21	0.40	0.10	0.60	260	6	14	14	0.315	连续通电热处理	491	0.11		
实施例 1	4	0.20	0.20	0.10	0.20	220	4	19	19	0.315	连续通电热处理	492	0.11		
	5	0.21	0.20	0.11	0.20	310	2	19	19	0.315	连续通电热处理	493	0.11		
	6	0.20	0.10	0.11	0.19	270	0.5	19	19	0.315	连续通电热处理	493	0.11		
	7	0.20	0.10	0.20	0.19	290	12	19	19	0.315	连续通电热处理	495	0.11		
	8	0.20	0.20	0.20	0.20	260	6	9	9	0.315	连续通电热处理	493	0.11		
	9	0.21	0.20	0.21	0.31	260	4	31	31	0.315	连续通电热处理	492	0.11		
	10	0.20	0.20	0.21	0.20	260	4	19	19	0.315	连续通电热处理	452	0.11		
	11	0.20	0.20	0.21	0.20	260	2	19	19	0.315	连续通电热处理	528	0.11		
	1	0.21	0.20	0.10	0.20	-	-	-	-	0.315	分批式热处理	400	3600		

[0117] 表 2

[0118]

	No.	(100)面积率			晶体粒径 (μm)	0.2%屈服 强度 (MPa)	导电率 (%IACS)	拉伸断裂 伸长率 (%)	反复断裂次数	
		全体	中心部	外周部					($\times 10^3$ 次)	次数/0.2%屈服 强度(10^3 次/MPa)
		(%)	(%)	(%)						
实施例 1	1	26	27	26	26.2	38	62.2	33.5	72	1.89
	2	26	24	28	23.1	43	60.3	20.4	76	1.77
	3	28	26	29	18.8	50	57.6	16.6	81	1.61
	4	26	25	27	18.3	46	58.4	17.7	85	1.35
	5	30	31	29	12.1	42	61.6	25.6	81	1.93
	6	29	31	28	11.9	50	58.5	18.1	90	1.82
	7	27	28	27	10.2	46	59.5	19.7	91	2.00
	8	30	30	30	8.2	53	57.5	16.5	107	2.04
	9	22	24	23	8.1	48	59.5	18.2	101	2.09
	10	26	27	25	7.6	47	61.9	24.0	100	2.11
	11	23	24	22	6.8	51	59.1	18.6	105	2.06
	12	24	22	25	5.7	54	57.5	15.3	112	2.07
	13	37	35	38	18.0	42	60.3	21.5	78	1.85
	14	46	49	43	19.6	40	60.3	21.2	77	1.93
	15	51	53	48	20.1	37	60.3	21.8	73	1.98
实施例 2	1	22	30	11	5.2	54	59.0	16.7	99	1.83
	2	21	36	6	10.4	45	60.5	21.3	85	1.88
	3	22	29	12	9.2	50	57.6	12.3	92	1.83
	4	20	31	8	10.9	49	57.6	13.8	101	2.06
比较例 1	1	10	14	6	14.1	39	62.4	24.0	51	1.31
	2	6	8	4	7.5	52	54.6	14.3	62	1.20
	3	10	12	8	9.2	62	55.9	13.5	68	1.11
	4	5	4	6	10.3	63	60.3	20.0	88	1.40
	5	3	3	2	38.0	32	60.1	7.8	48	1.52
	6	4	6	2	10.5	53	61.1	23.0	77	1.47
	7	4	6	3	32.4	31	59.9	8.5	48	1.55
	8	5	6	4	24.1	28	59.0	6.3	42	1.50
	9	5	7	3	34.0	39	58.8	16.2	55	1.43
	10	2	3	2	未再结晶	145	58.9	2.6	121	0.83
	11	3	5	2	52.4	32	58.9	7.3	30	0.94
现有例 1	1	6	10	2	11.5	50	58.4	18.0	70	1.40

[0119] 对于实施例 1 的各试料来说,具有 (100) 面的晶粒的面积率为 20% 以上,所述 (100) 面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置,并且中心部和外周部中的 (100) 面的面积率也为 20% 以上。对于实施例 2 的各试料来说,具有 (100) 面的晶粒的面积率为 20% 以上,所述 (100) 面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置,但中心部或外周部中的任一方的 (100) 面的面积率不满 20%。对于比较例 1 的各试料和现有例 1 的试料来说,具有 (100) 面的晶粒的面积率不满 20%,所述 (100) 面位于与线材拉丝方向的垂直截面平行的位置。

[0120] 比较例 1 的各试料和现有例 1 的试料任意特性均较差,与此相对,实施例 1 的各试

料、实施例 2 的各试料在屈服强度、导电率、拉伸断裂伸长率、反复断裂次数方面均具有充分的特性。

[0121] 以上将本发明与其实施方式一同进行了说明,但是我们认为,只要没有特别指定,则我们的发明并不限于说明的任何细节中,应该可以在不违反所附的权利要求书所示的发明的精神和范围的前提下作出宽泛的解释。

[0122] 本申请要求基于 2011 年 3 月 31 日在日本国进行了专利申请的日本特愿 2011-080344 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。

[0123] 符号说明

[0124] 1 试验片(线材)

[0125] 2、3 弯曲卡具

[0126] 4 重物

[0127] 5 按压卡具

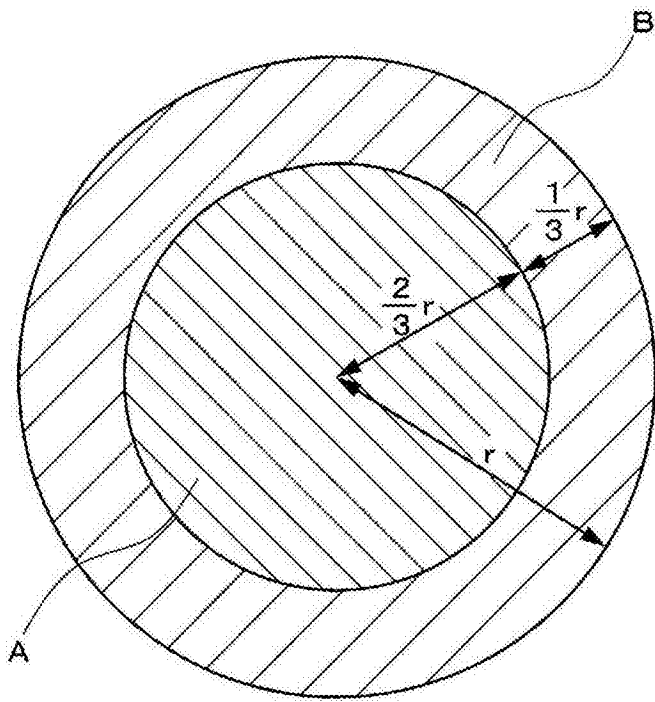


图 1

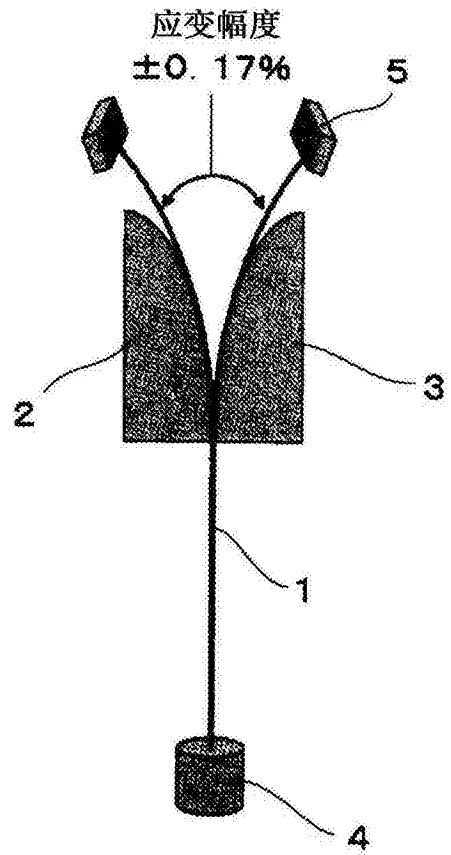


图 2