

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 12 月 15 日(15.12.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/199564 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 21/00 (2006.01) *H01B 7/00* (2006.01)
H01B 1/02 (2006.01) *C22F 1/00* (2006.01)
H01B 5/02 (2006.01) *C22F 1/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/065116
- (22) 国際出願日: 2016 年 5 月 23 日(23.05.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-118885 2015 年 6 月 12 日(12.06.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社オートネットワーク技術研究所 (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町 1 番 1 4 号 Mie (JP). 住友電装株式会社 (SUMITOMO WIRING SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町 1 番 1 4 号 Mie (JP). 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 小林 啓之 (KOBAYASHI, Hiroyuki); 〒5108503 三重県四日市市西末広町 1 番 1 4 号

株式会社オートネットワーク技術研究所内 Mie (JP). 田口 欣司 (TAGUCHI, Kinji); 〒5108503 三重県四日市市西末広町 1 番 1 4 号 株式会社オートネットワーク技術研究所内 Mie (JP). 大塚 保之 (OTSUKA, Yasuyuki); 〒5108503 三重県四日市市西末広町 1 番 1 4 号 株式会社オートネットワーク技術研究所内 Mie (JP). 桑原 鉄也 (KUWABARA, Tetsuya); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP). 草刈 美里 (KUSAKARI, Misato); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社大阪製作所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人上野特許事務所 (WENO & PARTNERS); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄三丁目 2 1 番 2 3 号 ケイエス イセヤビル 8 階 Aichi (JP).

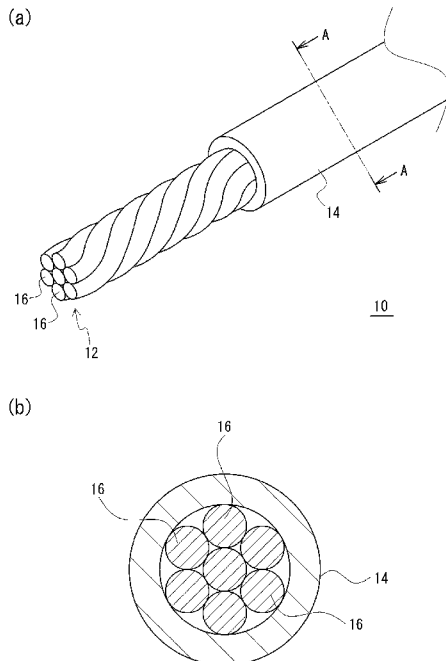
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

[続葉有]

(54) Title: ALUMINUM ALLOY WIRE, ALUMINUM ALLOY TWISTED WIRE, COVERED WIRE AND WIRING HARNESS

(54) 発明の名称: アルミニウム合金線、アルミニウム合金撚線、被覆電線およびワイヤーハーネス

【図1】



(57) Abstract: Provided are: an aluminum alloy wire which has excellent impact strength in cases where a terminal fitting is connected thereto; an aluminum alloy twisted wire; a covered wire; and a wiring harness. An aluminum alloy wire (16) which is configured to contain from 0.03% by mass to 1.5% by mass (inclusive) of Mg, from 0.02% by mass to 2.0% by mass (inclusive) of Si and from 0.1% by mass to 0.6% by mass (inclusive) of Fe, with the balance made up of Al and impurities, and wherein Mg_2Si precipitates have needle-like shapes having an aspect ratio of 2.0-6.0. An aluminum alloy twisted wire (12) which is obtained by twisting a plurality of the aluminum alloy wires (16); a covered wire (10) which is obtained by covering the outer circumference of a conductor containing the aluminum alloy wire (16) with an insulating coating (14); and a wiring harness which is obtained by attaching a terminal fitting to the conductor of the covered wire (10).

(57) 要約: 端子金具を接続したときの衝撃強度に優れるアルミニウム合金線、アルミニウム合金撚線、被覆電線およびワイヤーハーネスを提供する。Mg を 0.03 質量%以上 1.5 質量%以下、Si を 0.02 質量%以上 2.0 質量%以下、Fe を 0.1 質量%以上 0.6 質量%以下含有し、残部が Al および不純物からなり、 Mg_2Si 析出物がアスペクト比 2.0~6.0 の針状であるアルミニウム合金線 (16) とする。また、このアルミニウム合金線 (16) を複数本撚り合わせてなるアルミニウム合金撚線 (12)、このアルミニウム合金線 (16) を含む導体の外周を絶縁被覆 (14) で覆ってなる被覆電線 (10)、この被覆電線 (10) の導体に端子金具が取り付けられてなるワイヤーハーネスとする。



MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

アルミニウム合金線、アルミニウム合金撚線、被覆電線およびワイヤーハーネス

技術分野

[0001] 本発明は、電線の導体として好適なアルミニウム合金線およびアルミニウム合金撚線と、これらを導体として用いた被覆電線およびワイヤーハーネスに関するものである。

背景技術

[0002] 自動車用電線などの電線の導体として、アルミニウム合金線を用いることが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第5607853号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来のアルミニウム合金線は、例えば線径0.5mm以下といった極細線とした場合に、十分な強度を有していなかった。また、端子金具を接続したときの衝撃強度が十分ではなかった。

[0005] 本発明の解決しようとする課題は、端子金具を接続したときの衝撃強度に優れるアルミニウム合金線、アルミニウム合金撚線、被覆電線およびワイヤーハーネスを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するため本発明に係るアルミニウム合金線は、Mgを0.03質量%以上1.5質量%以下、Siを0.02質量%以上2.0質量%以下、Feを0.1質量%以上0.6質量%以下含有し、残部がAlおよび

不純物からなり、 Mg_2Si 析出物がアスペクト比2.0～6.0の針状であることを要旨とするものである。

[0007] 本発明に係るアルミニウム合金線は、さらにZrを0.01質量%以上含有することが好ましい。また、さらにTiを0.08質量%以下含有することが好ましい。また、さらにBを0.016質量%以下含有することが好ましい。

[0008] 本発明に係るアルミニウム合金線は、転位密度が $5.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 以下であることが好ましい。また、径方向断面の $350 \times 425 \text{ nm}$ の範囲内における、粒径5～50nmの前記 Mg_2Si 析出物の量が100個以上であることが好ましい。また、前記 Mg_2Si 析出物の長さが40nm未満であることが好ましい。また、前記 Mg_2Si 析出物が軸方向に沿って配向していることが好ましい。

[0009] 本発明に係るアルミニウム合金線は、引張強さが150MPa以上、伸びが5%以上、導電率が40% IACS以上であることが好ましい。本発明に係るアルミニウム合金線は、線径が0.5mm以下であってもよい。

[0010] そして、本発明に係るアルミニウム合金撚線は、本発明に係るアルミニウム合金線を複数本撚り合わせてなることを要旨とするものである。

[0011] 本発明に係るアルミニウム合金撚線は、径方向に圧縮成形されていてもよい。

[0012] そして、本発明に係る被覆電線は、本発明に係るアルミニウム合金線を含む導体の外周を絶縁被覆で覆ってなることを要旨とするものである。

[0013] また、本発明に係るワイヤーハーネスは、本発明に係る被覆電線の導体に端子金具が取り付けられてなることを要旨とするものである。

発明の効果

[0014] 本発明に係るアルミニウム合金線によれば、Mgを0.03質量%以上1.5質量%以下、Siを0.02質量%以上2.0質量%以下、Feを0.1質量%以上0.6質量%以下含有し、残部がAlおよび不純物からなり、 Mg_2Si 析出物がアスペクト比2.0～6.0の針状であることで、高導電

率で強度と伸びに優れるとともに、加工硬化による強度向上により、端子金具を接続したときの衝撃強度に優れる。

[0015] この際、さらにZrを0.01質量%以上含有すると、伸びが向上する。また、さらにTiを0.08質量%以下含有すると、結晶組織を微細にし、伸びが向上する。TiとともにBを0.016質量%以下含有すると、結晶組織の微細化効果がさらに向上する。

[0016] また、転位密度が $5.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 以下であると、加工硬化にすぐれ、端子金具を接続したときの衝撃強度が向上する。そして、 Mg_2Si 析出物の量が所定量以上であると、析出強化による強度向上に優れる。また、 Mg_2Si 析出物の長さが40nm未満であると、高強度と高伸びが両立でき、衝撃強度に優れる。また、 Mg_2Si 析出物が軸方向に沿って配向していると、安定した衝撃強度を得ることができる。

[0017] そして、引張強さが150MPa以上、伸びが5%以上、導電率が40% IACS以上であると、高導電率で強度と伸びに優れる。

[0018] そして、本発明に係るアルミニウム合金撚線、被覆電線、ワイヤーハーネスによれば、高導電率で強度と伸びに優れるとともに、加工硬化による強度向上により、端子金具を接続したときの衝撃強度に優れる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の一実施形態に係る被覆電線の模式図(a)とA-A線断面図(b)である。

[図2]図1(b)に示すアルミニウム合金撚線(導体)を圧縮成形した被覆電線の断面図である。

[図3]端子金具を接続したときの衝撃強度を測定する試験方法の模式図である。

発明を実施するための形態

[0020] 次に、本発明の実施形態について詳細に説明する。

[0021] 本発明に係るアルミニウム合金線において、アルミニウム合金は、添加元素としてMgおよびSiを必須の元素とするAl-Mg-Si系合金である

。いわゆる6000系アルミニウム合金であり、 Mg_2Si を析出物とする析出強化型のアルミニウム合金である。本発明に係るアルミニウム合金線において、 Mg 、 Si 、 Fe は必須の添加成分であり、 Zr 、 Ti 、 B は任意の添加成分である。

[0022] Mg は、 Al に固溶または析出して存在することで、強度向上に貢献する。 Mg は、強度の向上効果が高い元素であり、特に、 Si と同時に特定の範囲で含有することで、時効硬化による強度の向上を効果的に図ることができる。 Mg の含有量は、強度向上の観点から、0.03質量%以上である。好ましくは0.2質量%以上、より好ましくは0.3質量%以上である。一方、 Mg の添加による導電率や伸びの低下を抑える観点から、 Mg の含有量は1.5質量%以下である。好ましくは0.9質量%以下、より好ましくは0.8質量%以下である。

[0023] Si は、 Al に固溶または析出して存在することで、強度向上に貢献する。 Mg と同時に特定の範囲で含有することで、時効硬化による強度の向上を効果的に図ることができる。 Si の含有量は、強度向上の観点から、0.02質量%以上である。好ましくは0.1質量%以上、より好ましくは0.3質量%以上である。一方、 Si の添加による導電率や伸びの低下を抑える観点から、 Si の含有量は2.0質量%以下である。好ましくは1.5質量%以下、より好ましくは0.8質量%以下である。

[0024] Fe は、 Al 合金の結晶を微細化し、伸びの向上に貢献する。また、強度の向上にも効果がある。伸び、強度の向上の観点から、 Fe の含有量は0.1質量%以上である。好ましくは0.15質量%以上である。一方、導電率の低下を抑える観点から、 Fe の含有量は0.6質量%以下である。好ましくは0.3質量%以下である。

[0025] Zr は、 Al 合金の結晶を微細化し、伸びの向上に貢献する。 Zr は、微細化効果や伸びの向上効果が大きく、極微量でも伸びを向上することができる。また、製造時や使用時の熱履歴を受けても、結晶粒を成長し難くし、結晶粒を微細な状態に維持し易くする。つまり、高温強度や耐熱性といった高

温特性にも貢献する。Zrの含有量は、伸びの向上効果に優れるなどの観点から、0.01質量%以上が好ましい。より好ましくは0.02質量%以上である。一方、導電率の低下や鋳造時の割れを抑えるなどの観点から、Zrの含有量は0.4質量%以下が好ましい。より好ましくは0.2質量%以下、さらに好ましくは0.1質量%以下である。

[0026] Tiは、鋳造時のAl合金の結晶組織を微細にする効果がある。微細化効果の観点から、Tiの含有量は0.005質量%以上が好ましい。一方、導電率の低下を抑えるなどの観点から、Tiの含有量は0.08質量%以下が好ましい。より好ましくは0.05質量%以下、さらに好ましくは0.02質量%以下である。

[0027] Bは、鋳造時のAl合金の結晶組織を微細にする効果がある。TiとともにではなくB単独で用いてもよいが、Tiとともに用いるほうが、Ti単独あるいはB単独で用いるよりも微細化効果に優れる。微細化効果の観点から、Bの含有量は0.0005質量%以上が好ましい。より好ましくは0.001質量%以上である。一方、導電率の低下を抑えるなどの観点から、Bの含有量は0.016質量%以下が好ましい。より好ましくは0.01質量%以下である。

[0028] 本発明に係るアルミニウム合金線において、 Mg_2Si 析出物は針状である。そのアスペクト比は2.0～6.0の範囲内である。これにより、加工硬化に優れるようになり、端子金具を接続する際の加工硬化によって強度が向上し、衝撃強度に優れるようになる。端子金具を接続する際には、アルミニウム合金線は圧着により圧縮され、断面欠損により強度が低下する。圧縮時に加工硬化することで、この強度低下を補い、衝撃強度に優れるようになる。本発明に係るアルミニウム合金線において、例えば熱処理条件を細かく設定することで、 Mg_2Si 析出物を針状とし、さらにそのアスペクト比を特定範囲内にすることができる。

[0029] 上記アスペクト比は、 Mg_2Si 析出物の長さおよび幅を計測し、その比で表すことができる。 Mg_2Si 析出物の長さは、 Mg_2Si 析出物の粒子にお

ける最大長さ（長軸）である。 Mg_2Si 析出物の幅は、長軸に直交する方向における最大長さ（短軸）である。

[0030] 本発明に係るアルミニウム合金線において、結晶粒内の Mg_2Si 析出物の長軸は、40 nm未満であることが好ましい。より好ましくは35 nm以下、さらに好ましくは30 nm以下である。 Mg_2Si 析出物の長軸が40 nm未満であると、結晶粒内でのピンニング効果で強度上昇が起こり、さらに転位が蓄積しにくいため、伸びも両立できる。一方、 Mg_2Si 析出物の長軸は、2 nm以上であることが好ましい。より好ましくは3 nm以上、さらに好ましくは5 nm以上である。 Mg_2Si 析出物の長軸が2 nm以上であると、アルミニウム合金線の変形時に Mg_2Si 析出物が破損（折れ等）による強度低下の恐れがなくなる。本発明に係るアルミニウム合金線において、例えば熱処理条件を細かく設定することで、 Mg_2Si 析出物の長軸を特定範囲内にすることができる。

[0031] 本発明に係るアルミニウム合金線において、 Mg_2Si 析出物は、強度向上に貢献する。強度向上などの観点から、 Mg_2Si 析出物の量は、径方向断面の350×425 nmの範囲内において100個以上であることが好ましい。より好ましくは150個以上である。一方、析出物が多くなると強度は向上するが、伸びが低下することや加工硬化しにくくなるなどの観点から、 Mg_2Si 析出物の量は、径方向断面の350×425 nmの範囲内において1000個以下であることが好ましい。より好ましくは800個以下である。 Mg_2Si 析出物の量は、添加元素の添加量、製造条件（軟化条件、時効条件、工程順など）により特定範囲内にすることができる。

[0032] Mg_2Si 析出物の長さ、幅、アスペクト比、量（個数）は、粒径5～50 nmの Mg_2Si 析出物について計測する。粒径は、長軸の長さで表される。これらの計測は、アルミニウム合金線の径方向断面の350×425 nmの範囲を透過型電子顕微鏡（TEM）で観察することにより行うことができる。TEM観察は、同一試料において Mg_2Si 析出物が確認できる場所の5視野以上で行う。 Mg_2Si 析出物の長さ、幅、アスペクト比は、観測される粒

径5～50nmのMg₂Si析出物のすべてについて計測し、その平均値で表す。Mg₂Si析出物の量（個数）は、観察する5視野以上の視野の平均値で表す。なお、粒径50nm超のMg₂Si析出物は、粗大で、強度に効かないMg₂Si析出物である。粒径50nm超のMg₂Si析出物は、視野16μm×6.8μmの範囲でTEMで観察することにより計測することができる。TEM観察は、同一試料において粗大なMg₂Si析出物が確認できる場所の5視野以上で行うことができる。粒径50nm超の粗大なMg₂Si析出物は、50個以下が好ましい。

[0033] 本発明に係るアルミニウム合金線において、Mg₂Si析出物は、アルミニウム合金線の軸方向に沿って配向していることが好ましい。これにより、強度が向上する。

[0034] 本発明に係るアルミニウム合金線において、アルミニウム合金は、転位が少ないことが好ましい。転位が少ないと、加工硬化に優れる。転位密度としては、 $5.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 以下であることが好ましい。より好ましくは、 $1.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 以下である。転位は、熱処理により少なくすることができる。転位密度は、アルミニウム合金線から作製した薄膜を透過型電子顕微鏡（TEM）で観察し、Hamの式によって算出することができる。

[0035] 本発明に係るアルミニウム合金線は、導電性、強度、伸びに優れ、引張強さ（室温）150MPa以上、導電率40% IACS以上、伸び（室温）5%以上を満たす。引張強さおよび導電率は高いほどよいが、伸びとのバランスを考慮すると、引張強さ（室温）の上限は400MPa程度であり、導電率の上限は60% IACS程度である。引張強さおよび伸びは、JIS Z 2241（金属材料引張試験方法、1998）に準拠して、汎用の引張試験機を用いて測定することができる。伸びは、破断時の伸びである。導電率（% IACS）は、ブリッジ法により測定することができる。引張強さ、伸び、導電率は、添加元素の種類、添加量、製造条件（軟化条件、時効条件、工程順など）により特定範囲内にすることができる。

[0036] 本発明に係るアルミニウム合金線は、線径0.5mm以下の極細線とする

ことができる。例えば自動車用電線の導体に利用する場合、線径は0.1 mm以上0.4 mm以下とすることができる。

[0037] 本発明に係るアルミニウム合金線は、複数本を撚り合わせた撚線（本発明に係るアルミニウム合金撚線）とすることができる。このような撚線にすると、より屈曲性に優れる。また、屈曲性を高めたまま、高強度、高い衝撃特性を確保することができる。また、線径0.5 mm以下の極細線とした場合にも、高強度、高い衝撃特性を確保することができる。撚り合わせ本数は特に限定されるものではない。例えば7, 11, 19, 37, 49, 133本などが挙げられる。

[0038] 本発明に係るアルミニウム合金撚線は、径方向に圧縮成形（円形圧縮成形）することができる。これにより、アルミニウム合金線間の隙間を小さくし、撚線全体の線径を小さくして、導体の小径化に寄与することができる。

[0039] 図1には、本発明の一実施形態に係るアルミニウム合金撚線の斜視図（a）およびそのA-A線断面図（b）を示す。図2には、図1（b）に示す導体を圧縮成形したアルミニウム合金撚線の断面図を示す。

[0040] 図1に示すように、アルミニウム合金撚線12は、複数本（図1では、7本）のアルミニウム合金線16を撚り合わせてなる。図2に示すように、アルミニウム合金撚線12は、径方向に圧縮成形（円形圧縮成形）することができる。

[0041] 本発明に係るアルミニウム合金線は、1本のみで電線の導体を構成することができる。また、2本以上により電線の導体を構成することができる。また、他の金属線と組み合わせて電線の導体を構成することができる。また、本発明に係るアルミニウム合金線を含む、本発明に係るアルミニウム合金撚線を電線の導体とすることができる。このように、本発明に係るアルミニウム合金線を含む導体を電線の導体とすることができる。そして、本発明に係るアルミニウム合金線を含む導体の外周を絶縁被覆で覆うことで、本発明に係る被覆電線が得られる。

[0042] 本発明に係る被覆電線において、絶縁被覆としては、特に限定されるもの

ではない。塩化ビニル樹脂（PVC）、オレフィン系樹脂などの絶縁材料が挙げられる。絶縁材料中には、水酸化マグネシウム、臭素系難燃剤などの難燃剤が配合されていてもよい。

[0043] 図1には、本発明の一実施形態に係る被覆電線の斜視図（a）およびそのA-A線断面図（b）を示す。図2には、図1（b）に示す導体を圧縮成形した被覆電線の断面図を示す。

[0044] 図1、2に示すように、本発明の一実施形態に係る被覆電線10は、アルミニウム合金撚線12からなる導体の外周を絶縁被覆14で覆ってなる。

[0045] 本発明に係る被覆電線の導体に端子金具を接続して、本発明に係るワイヤーハーネスを構成することができる。端子金具は、導体端末に取り付けられる。端子金具は、圧着、溶接などの各種接続方法により、導体に接続される。端子金具は、相手側端子金具と接続される。

[0046] 本発明に係るアルミニウム合金線は、熱処理によって析出させる析出物により強度を高める熱処理型のアルミニウム合金からなり、アルミニウム合金材を用いて、少なくとも、溶体化工程と、伸線工程と、時効工程と、を有する製造方法により製造することができる。

[0047] アルミニウム合金材は、所定の組成の合金溶湯を鑄造・圧延することにより得られる。鑄造後のアルミニウム合金の結晶組織には、粗大な金属化合物が析出しており、粗大粒を起点とする破断が起こりやすく、強度が低い。

[0048] 溶体化工程は、鑄造・圧延により得られたアルミニウム合金材に溶体化処理を行う。溶体化処理は、アルミニウム合金材を固溶限温度以上の温度に加熱し、合金成分（固溶元素、析出強化元素）を十分に固溶させた後、冷却して過飽和固溶状態にする。溶体化処理は、合金成分を十分に固溶できる温度で行う。溶体化処理の温度は、450℃以上にとよい。溶体化処理の温度は、600℃以下が好ましく、550℃以下がより好ましい。保持時間は、合金成分を十分に固溶できるように、30分以上であることが好ましい。また、生産性の観点から、5時間以内であることが好ましい。より好ましくは3時間以内である。

- [0049] 溶体化処理の加熱過程後の冷却過程は急冷過程であることが好ましい。急冷とすることで、固溶元素の過度な析出を防止することができる。冷却速度は、溶体化処理の温度から100℃以下にするまでの時間が10秒以内であることが好ましい。このような急冷は、水などの液体に浸漬する、送風するなどの強制冷却により行うことができる。
- [0050] 溶体化処理は、大気雰囲気、非酸化性雰囲気 of the いずれで行ってもよい。非酸化性雰囲気は、真空雰囲気（減圧雰囲気）、窒素やアルゴンなどの不活性ガス雰囲気、水素含有ガス雰囲気、炭酸ガス含有雰囲気などが挙げられる。非酸化性雰囲気で行うと、アルミニウム合金材の表面に酸化被膜が形成されにくい。
- [0051] 溶体化処理は、連続処理およびバッチ処理（非連続処理）のいずれで行ってもよい。連続処理であると、長尺な線材の全長にわたって均一な条件で熱処理を行いやすいため、特性のばらつきを小さくできる。加熱方法は特に限定されるものではなく、通電加熱、誘導加熱、加熱炉を用いた加熱のいずれであってもよい。加熱方法が通電加熱や誘導加熱であると、急加熱・急冷却しやすいため、短時間で溶体化処理を行いやすい。加熱方法が誘導加熱であると、非接触方式であるため、アルミニウム合金材の傷付きを防止できる。
- [0052] 伸線工程は、アルミニウム合金材に伸線加工を行って、鋳造・圧延材から電線素線を形成する。電線素線は、電線導体を構成する線材であり、単線あるいは撚線を構成する。伸線加工は、溶体化処理を行ったアルミニウム合金材に行う。したがって、伸線工程は、溶体化工程の後の工程である。得られた伸線材は、所望の本数を撚り合わせるにより、撚線とすることができる。得られた伸線材は、通常、単線のまま、あるいは、撚線とした状態で、ドラムに巻きつけられ、次の処理が行われる。伸線工程が溶体化工程の前にあると、溶体化工程において素線同士が融着するため、製造性が満足しない。
- [0053] 時効工程は、アルミニウム合金材に時効処理を行う。時効処理は、溶体化処理したアルミニウム合金の合金成分（固溶元素、析出強化元素）を加熱す

ることにより化合物として析出させる。したがって、時効工程は、溶体化工程の後の工程である。また、伸線加工しやすさから、時効工程は、伸線工程の後の工程とするのがよい。

[0054] 時効処理は、化合物の析出が可能な温度以上で行われるが、析出強化させる処理であり、軟化しない条件で行われる。したがって、時効処理の温度は、 $0\sim 200^{\circ}\text{C}$ の範囲内であることが好ましい。時効処理の温度が 200°C 超では、アルミニウム合金材が軟化されやすくなる。

[0055] 時効処理は、低温で長時間行うほうが、析出物が微細分散され、強度が得られやすくなる。高温で行うと、析出物が粗大に不均一に析出し、強度が低下する。したがって、時効処理は、 $0\sim 200^{\circ}\text{C}$ の範囲内で、 $1\sim 100$ 時間の範囲内で行うことが好ましい。これにより、析出物が微細分散され、強度と導電性のバランスが良好となる。また、生産性の観点から、 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ の範囲内で、 $1\sim 24$ 時間の範囲内で行うことがより好ましい。

[0056] 時効処理は、大気雰囲気、非酸化性雰囲気いずれで行ってもよい。非酸化性雰囲気で行うと、アルミニウム合金材の表面に酸化被膜が形成されにくい。時効処理は、連続処理およびバッチ処理（非連続処理）のいずれで行ってもよい。連続処理であると、長尺な線材の全長にわたって均一な条件で熱処理を行いやすいため、特性のばらつきを小さくできる。加熱方法は特に限定されるものではなく、通電加熱、誘導加熱、加熱炉を用いた加熱のいずれであってもよい。加熱方法が誘導加熱であると、非接触方式であるため、アルミニウム合金材の傷付きを防止できる。

[0057] 時効工程の前には、軟化工程を設けてもよい。つまり、軟化処理を行ったアルミニウム合金材に時効処理を行ってもよい。軟化工程は、アルミニウム合金材に軟化処理を行う。軟化処理は、伸線加工などの加工により生じた加工歪みの除去のために行われる。したがって、軟化工程は、伸線工程の後の工程である。伸線加工を行ったアルミニウム合金材に軟化処理を行う。軟化処理を行うことにより、熱処理型のアルミニウム合金材の一般的な調質方法では得られない伸びが得られ、その結果、電線特性として屈曲性やワイヤー

ハーネスへの加工性（柔軟性の向上）、衝撃特性が得られる。

[0058] 軟化処理は、軟化に必要な温度以上の温度で行う。したがって、軟化処理の温度は、250℃以上であることが好ましい。より好ましくは300℃以上である。軟化処理の温度が250℃未満では、アルミニウム合金材が十分に軟化されにくい。一方、生産性の観点から、軟化処理の温度は600℃以下であることが好ましい。より好ましくは550℃以下である。

[0059] 軟化処理は、10秒以内の短時間で行う。軟化処理の温度は、時効析出が起こる温度であり、粗大な析出物が生じる温度であるため、溶体化処理された熱処理型のアルミニウム合金材において軟化処理の時間が長くなると、時効析出により強度が低下する。このため、粗大な析出物が生じない（時効析出が起こらない）ように、極短時間で軟化処理を行う必要があるからである。また、この観点から、軟化処理は、5秒以内の短時間であることがより好ましい。

[0060] 軟化処理は、バッチ加熱方式により行くと、加熱時間が長くなるため、短時間で行うことが難しい。そうすると、軟化と同時に時効析出が進行する。したがって、軟化処理は、連続加熱方式により行うことが好ましい。また、連続加熱方式にすれば、長尺な線材の全長にわたって均一な条件で熱処理を行いやすいため、特性のばらつきを小さくできる。連続加熱方式としては、通電加熱方式、誘導加熱方式、炉加熱方式などが挙げられる。通電加熱方式や誘導加熱方式であると、急加熱・急冷却しやすいため、短時間で溶体化処理を行いやすい。誘導加熱方式であると、非接触方式であるため、アルミニウム合金材の傷付きを防止できる。

[0061] 軟化処理の加熱過程後の冷却過程は急冷過程であることが好ましい。急冷とすることで、固溶元素の過度な析出を防止することができる。冷却速度は、軟化処理の温度から100℃以下にするまでの時間が10秒以内であることが好ましい。このような急冷は、水などの液体に浸漬する、送風するなどの強制冷却により行うことができる。

[0062] 軟化処理は、大気雰囲気、非酸化性雰囲気のいずれで行ってもよい。非酸

化性雰囲気は、真空雰囲気（減圧雰囲気）、窒素やアルゴンなどの不活性ガス雰囲気、水素含有ガス雰囲気、炭酸ガス含有雰囲気などが挙げられる。非酸化性雰囲気で行うと、アルミニウム合金材の表面に酸化被膜が形成されにくい。

- [0063] 以上に示すアルミニウム合金線の製造方法によれば、細径電線においても高強度で高導電率を有しながら、伸びにも優れ、製造性も満足するアルミニウム電線が得られる。熱処理型のアルミニウム合金材は金属化合物の析出強化によって優れた強度を発揮できるため、添加元素による導電性の低下を抑えつつ強度向上を図ることができる。つまり、強度と導電性を両立できる。そして、軟化処理を行うため、優れた伸びも確保できる。この軟化処理は10秒以内の短時間で行うため、軟化処理において粗大な金属化合物の析出が抑えられ、強度低下が抑えられる。つまり、伸線加工による歪みを除去しつつ強度低下を抑える。そして、伸線加工は溶体化処理を行った後に行うため、素線同士の融着は発生しにくく、製造性も満足する。この伸線加工が溶体化処理の後であるため、溶体化処理とは別の、加工歪みを除去するための熱処理として軟化処理を伸線加工後に行う。

実施例

- [0064] 以下、本発明の実施例について説明する。
- [0065] 表1に記載の合金組成からなる合金溶湯に鑄造および圧延を行い、 $\phi 9.5$ mmのワイヤーロッドとしてアルミニウム合金材を得た。得られたアルミニウム合金材を用い、溶体化処理、伸線加工、軟化処理、時効処理を経て、所定の線径のアルミニウム合金線を作製した。
- [0066] （実施例1）
- 線径0.155 mmのアルミニウム合金線を19本束ねて撚りピッチ16 mmで撚線とし、円形圧縮成形を行わないで、図1のような形態のアルミニウム合金撚線を作製した。得られたアルミニウム合金撚線に被覆厚0.2 mmで塩化ビニル樹脂を押出被覆し、被覆電線を作製した。得られた被覆電線の導体に端子金具を圧着して、ワイヤーハーネスを作製した。

[0067] (実施例 2 ～ 7、比較例 1 ～ 2)

表 1 に記載の線径、本数、撚りピッチで、実施例 1 と同様にアルミニウム合金撚線を作製した。実施例 3、6、7 では、円形圧縮成形を行い、図 2 のような形態のアルミニウム合金撚線とした。また、実施例 1 と同様にして、被覆電線およびワイヤーハーネスを作製した。

[0068] 得られたアルミニウム合金線について、引張強さ、伸び、導電率、転位密度、 Mg_2Si 析出物の量、 Mg_2Si 析出物のアスペクト比、 Mg_2Si 析出物の長軸、短軸を測定した。また、得られたワイヤーハーネスについて、端子圧着部における耐衝撃性を評価した。

[0069] (引張強さ、伸び)

JIS Z 2241 (金属材料引張試験方法、1998) に準拠して、汎用の引張試験機を用いて測定した。

[0070] (導電率)

ブリッジ法により測定した。

[0071] (転位密度)

得られたアルミニウム合金線から FIB 法で厚さ $0.15\ \mu m$ の金属薄膜を形成し、透過型電子顕微鏡 (TEM) でこの金属薄膜を観察し、最も転位が確認できる箇所の $700 \times 850\ nm$ の範囲を撮影した。この写真上に、縦横 10 本ずつ平行線を引き、その平行線の合計長さを L 、平行線と転位との交点の数を N 、試料の厚さを t とし、転位密度 ρ を、計算式 $\rho = 2N / (L \times t)$ より算出した。

[0072] (Mg_2Si 析出物の量)

得られたアルミニウム合金線の径方向断面を透過型電子顕微鏡 (TEM) で観察し、 $700 \times 850\ nm$ の範囲を撮影し、 $350 \times 425\ nm$ のエリア 12 カ所で針状の Mg_2Si 析出物の長軸が $5 \sim 50\ nm$ の析出物の個数を計測し、12 カ所の平均値を Mg_2Si 析出物の量として算出した。

[0073] (Mg_2Si 析出物のアスペクト比、長軸、短軸)

得られたアルミニウム合金線の径方向断面を透過型電子顕微鏡 (TEM)

で $700 \times 850 \text{ nm}$ の範囲を撮影し、 $350 \times 425 \text{ nm}$ のエリア 12カ所で針状の Mg_2Si 析出物の長軸が $5 \sim 50 \text{ nm}$ の析出物各 40個について、長軸、短軸、アスペクト比を計測し、40個および12カ所の平均値を Mg_2Si 析出物のアスペクト比、長軸、短軸として算出した。

[0074] (耐衝撃性)

図3に示すように、長さ 500 mm の被覆電線1の導体（アルミニウム合金撚線）の一端に端子金具2を圧着してなるワイヤーハーネス3の端子金具2を治具4で固定するとともに、ワイヤーハーネス3の他端に取り付けられた錘5を端子金具2の固定位置の高さまで引き上げ、錘5を自由落下させた。この落下試験により端子金具2の圧着部で被覆電線1の導体（アルミニウム合金撚線）に断線が生じない最大荷重（g）を耐衝撃性の指標とした。最大荷重が 100 g 以上であった場合を耐衝撃性に優れるとし、最大荷重が 300 g 以上であった場合を耐衝撃性に特に優れるとした。

[0075]

[表1]

	成分(質量%)							工程			構造		
	Mg	Si	Fe	Zr	Ti	B	Al	溶体化	連続軟化	時効処理	燃ヒツチ(mm)	本ノ線径(mm)	成形
実施例1	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	残部	530℃	500℃×1sec以内	150℃×10h	16.0	19/0.155	非圧縮
実施例2	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	残部	530℃	500℃×1sec以内	150℃×10h	20.5	7/0.3	非圧縮
実施例3	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	残部	530℃	500℃×1sec以内	160℃×10h	23.8	7/0.32	圧縮
実施例4	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	残部	530℃	500℃×1sec以内	150℃×10h	16.0	19/0.155	非圧縮
実施例5	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	残部	530℃	500℃×1sec以内	150℃×10h	20.5	7/0.3	非圧縮
実施例6	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	残部	530℃	500℃×1sec以内	140℃×10h	23.8	7/0.32	圧縮
実施例7	0.66	0.57	0.22	0.00	0.00	0.000	残部	530℃	500℃×1sec以内	150℃×10h	23.8	7/0.32	圧縮
比較例1	0.56	0.43	0.18	0.04	0.01	0.005	残部	530℃	500℃×1sec以内	250℃×3h	16.0	19/0.155	非圧縮
比較例2	0.62	0.50	0.20	0.05	0.01	0.005	残部	530℃	350℃×1sec以内	150℃×10h	16.0	19/0.155	非圧縮

[表2]

	転位密度	Mg ₂ Si析出物(5~50nm)				引張強さ	伸び	導電率	耐衝撃性
	(cm ⁻²)	個数	アスペクト比	長軸(nm)	短軸(nm)	(MPa)	(%)	%IACS	(g)
実施例1	7×10^8	206	2.6	13	5	230	13	51	150
実施例2	3×10^8	188	3.0	15	5	256	12	52	250
実施例3	9×10^7	245	4.0	10	2.5	245	13	52	650
実施例4	5×10^8	412	4.0	25	6.3	270	11	51	200
実施例5	1×10^8	288	4.2	30	7.1	275	11	50	300
実施例6	8×10^7	328	5.1	32	6.3	280	10	51	700
実施例7	5×10^6	566	5.6	22	3.9	248	10	50	500
比較例1	2×10^6	400	1.9	25	13	140	12	52	50
比較例2	$>10^{10}$	300	7.0	30	4.3	248	5	51	80

[0077] 実施例1～7のアルミニウム合金線は、Mg₂Si析出物が針状であり、そのアスペクト比が特定範囲にあるため、耐衝撃性に優れる。一方、比較例1～2のアルミニウム合金線は、Mg₂Si析出物は針状であるが、そのアスペクト比が特定範囲から外れるため、耐衝撃性に劣る。

[0078] 以上、本発明の実施の形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の改変が可能である。

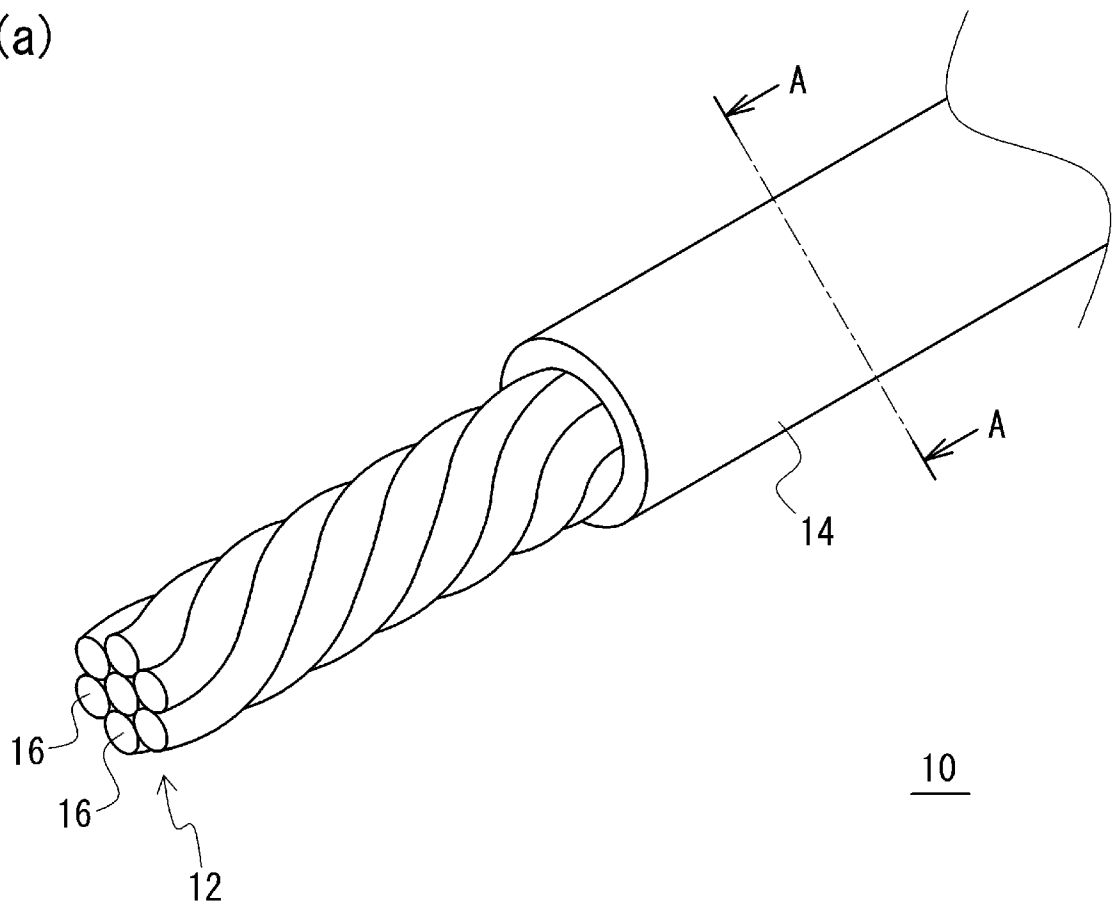
請求の範囲

- [請求項1] Mg を 0.03 質量%以上 1.5 質量%以下、 Si を 0.02 質量%以上 2.0 質量%以下、 Fe を 0.1 質量%以上 0.6 質量%以下含有し、残部が Al および不純物からなり、 Mg_2Si 析出物がアスペクト比 2.0～6.0 の針状であることを特徴とするアルミニウム合金線。
- [請求項2] さらに、 Zr を 0.01 質量%以上含有することを特徴とする請求項1に記載のアルミニウム合金線。
- [請求項3] さらに、 Ti を 0.08 質量%以下含有することを特徴とする請求項1または2に記載のアルミニウム合金線。
- [請求項4] さらに、 B を 0.016 質量%以下含有することを特徴とする請求項3に記載のアルミニウム合金線。
- [請求項5] 転位密度が、 $5.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ 以下であることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載のアルミニウム合金線。
- [請求項6] 径方向断面の $350 \times 425 \text{ nm}$ の範囲内における、粒径 $5 \sim 50 \text{ nm}$ の前記 Mg_2Si 析出物の量が、100個以上であることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載のアルミニウム合金線。
- [請求項7] 前記 Mg_2Si 析出物の長さが、 40 nm 未満であることを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載のアルミニウム合金線。
- [請求項8] 前記 Mg_2Si 析出物が、軸方向に沿って配向していることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載のアルミニウム合金線。
- [請求項9] 引張強さが 150 MPa 以上、伸びが5%以上、導電率が $40\% IACS$ 以上であることを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載のアルミニウム合金線。
- [請求項10] 線径が 0.5 mm 以下であることを特徴とする請求項1から9のいずれか1項に記載のアルミニウム合金線。
- [請求項11] 請求項1から10のいずれか1項に記載のアルミニウム合金線を複数本撚り合わせてなることを特徴とするアルミニウム合金撚線。

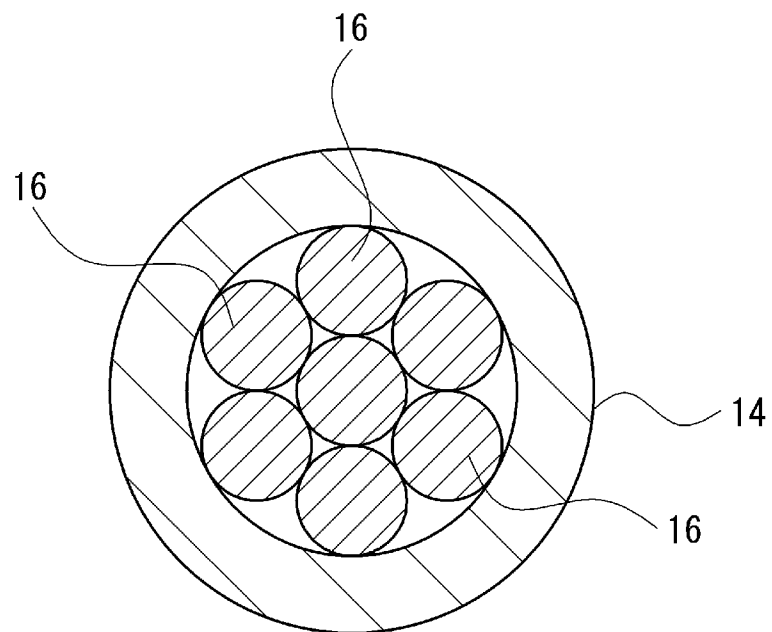
- [請求項12] 径方向に圧縮成形されてなることを特徴とする請求項 1 1 に記載のアルミニウム合金撚線。
- [請求項13] 請求項 1 から 1 0 のいずれか 1 項に記載のアルミニウム合金線を含む導体の外周を絶縁被覆で覆ってなることを特徴とする被覆電線。
- [請求項14] 請求項 1 3 に記載の被覆電線の導体に端子金具が取り付けられてなることを特徴とするワイヤーハーネス。

[図1]

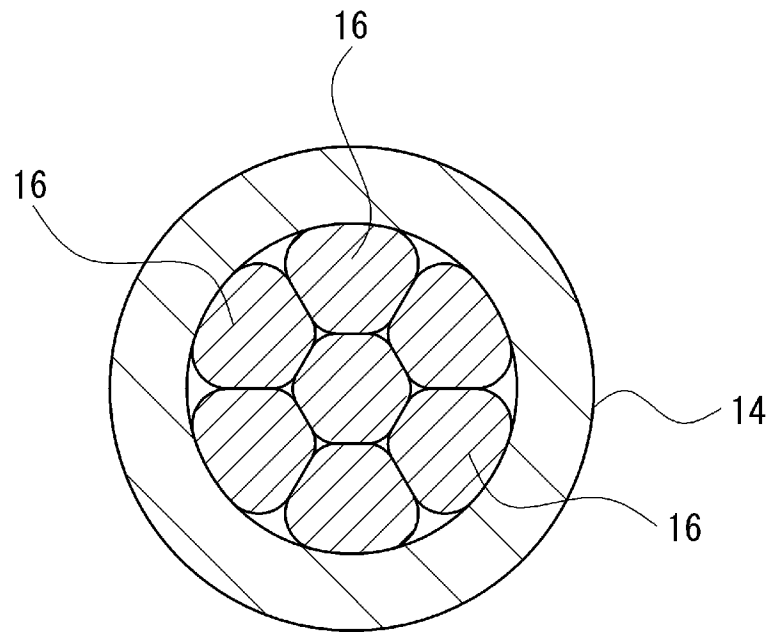
(a)



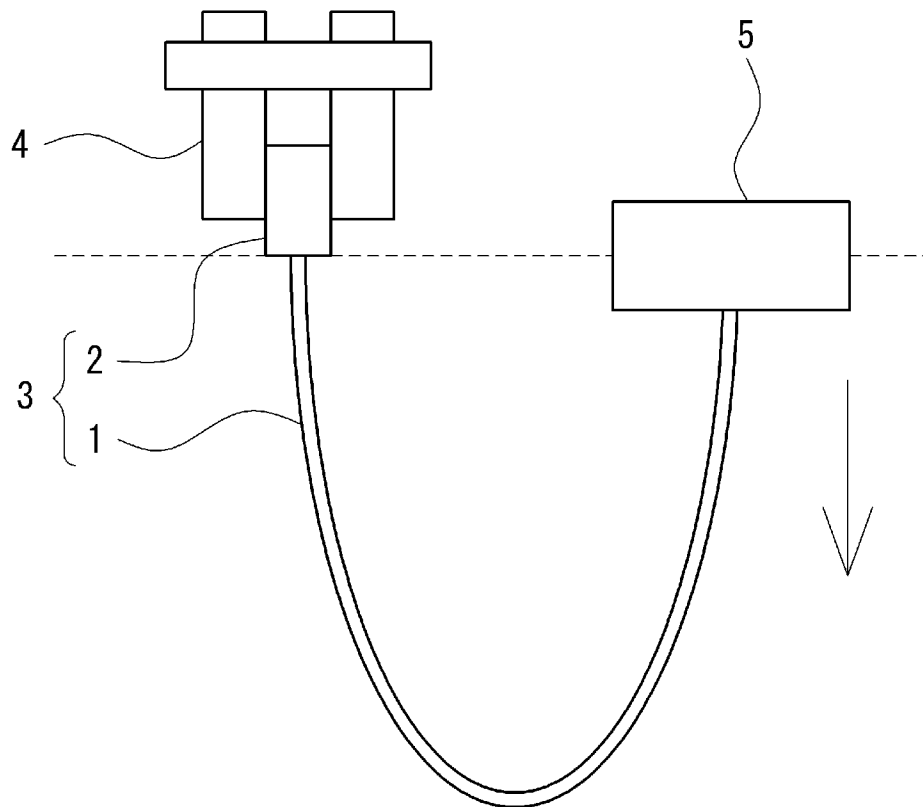
(b)



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/065116

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C21/00(2006.01)i, H01B1/02(2006.01)i, H01B5/02(2006.01)i, H01B7/00(2006.01)i, C22F1/00(2006.01)n, C22F1/04(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C21/00-21/18, H01B1/02, H01B5/02, H01B7/00, C22F1/00, C22F1/04-1/057

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2014/155817 A1 (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 02 October 2014 (02.10.2014), entire text & US 2015/0279499 A1 entire text & EP 2896706 A1 & CN 104781433 A & KR 10-2015-0140710 A	1-11, 13-14 12
Y	WO 2012/141041 A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 18 October 2012 (18.10.2012), claim 8 & US 2013/0264115 A1 claim 8 & EP 2641985 A1 & CN 103298963 A & KR 10-2013-0089665 A	12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 July 2016 (29.07.16)

Date of mailing of the international search report
09 August 2016 (09.08.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C22C21/00(2006.01)i, H01B1/02(2006.01)i, H01B5/02(2006.01)i, H01B7/00(2006.01)i,
C22F1/00(2006.01)n, C22F1/04(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C22C21/00-21/18, H01B1/02, H01B5/02, H01B7/00, C22F1/00, C22F1/04-1/057

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	WO 2014/155817 A1 (古河電気工業株式会社) 2014.10.02, 全文 & US 2015/0279499 A1, 全文 & EP 2896706 A1 & CN 104781433 A & KR 10-2015-0140710 A	1-11, 13-14 12
Y	WO 2012/141041 A1 (住友電気工業株式会社) 2012.10.18, [請求項 8] & US 2013/0264115 A1, claim 8 & EP 2641985 A1 & CN 103298963 A & KR 10-2013-0089665 A	12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

29.07.2016

国際調査報告の発送日

09.08.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

相澤 啓祐

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

4 K

4037