(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
2022年12月1日(01.12.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/249336 A1

(51) 国際特許分類:
H01B 5/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/020001

(22) 国際出願日： 2021年5月26日(26.05.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 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３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 池田 智昭 (**IKEDA, Tomoaki**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 細江 晃久 (**HOSOE, Akihisa**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 佐藤 大五 (**SATO, Daigo**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 星間 昭人 (**HOSHIMA, Akihito**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 松岡 健太 (**MATSUOKA, Kenta**); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (**FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目２番４号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

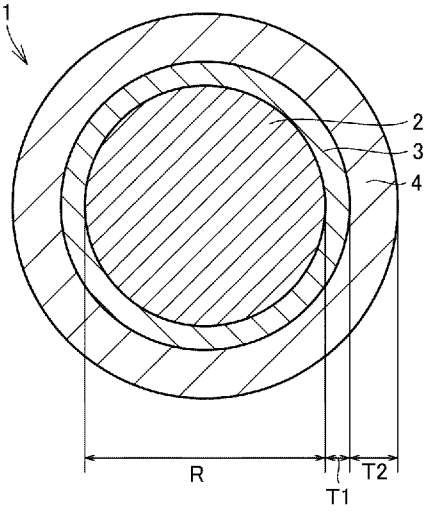
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,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

(54) **Title:** ELECTRIC WIRE AND METHOD FOR MANUFACTURING ELECTRIC WIRE

(54) 発明の名称： 電線および電線の製造方法

[図2]

FIG.2



(57) **Abstract:** An electric wire comprising: a wire material containing iron as a main component; and a copper layer on the outer peripheral surface of the wire material.

(57) 要約：電線は、主成分として鉄を含む線材と、線材の外周面上の銅層とを備えている。

［続葉有］

WO 2022/249336 A1

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 電線および電線の製造方法

技術分野

[0001]　本開示は、電線および電線の製造方法に関する。

背景技術

[0002]　ＷＯ２０１８／０９２３５０号公報（特許文献１）には、ステンレス鋼からなる芯部と、銅または銅合金からなる被覆層と、芯部と被覆層との間に配置されるＮｉ層とを含む第１素線を備え、Ｎｉ層の厚みが０．０５μｍ以上５μｍ以下である、ワイヤーハーネス用撚り線が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：ＷＯ２０１８／０９２３５０号公報

発明の概要

[0004]　本開示に係る電線は、主成分として鉄を含む線材と、線材の外周面上のニッケル層と、ニッケル層の外周面上の銅層と、を備えている。ニッケル層の厚さは、０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下である。

[0005]　本開示に係る電線は、主成分として鉄を含む線材と、線材の外周面上の銅層と、を備えている。銅層の外周面の算術平均粗さ（Ｒａ）は、０．１μｍ以上３．４μｍ以下である。

[0006]　本開示に係る電線は、主成分として鉄を含む線材と、線材の外周面上の銅層と、を備える電線である。電線の一端が端面を有する。端面は、電線の長手方向軸に直交する仮想面に対して傾斜する面を有する。

[0007]　本開示に係る電線の製造方法は、主成分として鉄を含む線材を準備する工程と、線材の外周面上にニッケル層を形成する工程と、ニッケル層の外周面上に銅層を形成する工程と、を含む。ニッケル層を形成する工程は、ニッケル層の厚さが０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下となるようにニッケル層を形成する工程を含む。

[0008] 本開示に係る電線の製造方法は、主成分として鉄を含む線材を準備する工程と、線材の外周面上に銅層を形成する工程と、電線の一部を加工することによって電線に端面を形成する工程と、を含む。端面を形成する工程は、端面が電線の長手方向軸に直交する仮想面に対して傾斜する面を有するように端面を形成する工程を含む。

[0009] 本開示に係る電線の製造方法は、主成分として鉄を含む線材を準備する工程と、線材の外周面上に銅層を形成する工程と、電線の一部を切断することによって電線に端面を形成する工程とを含む。端面を形成する工程は、端面が電線の長手方向に直交する面に対して傾斜する面を有するように端面を形成する工程を含む。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は、第１実施形態に係る電線１の模式的な斜視図である。

[図2]図２は、図１のＩＩ－ＩＩに沿った模式的な断面図である。

[図3]図３は、第１実施形態に係る電線の製造方法のフローチャートである。

[図4]図４は、第２実施形態に係る電線の模式的な斜視図である。

[図5]図５は、第２実施形態に係る電線の製造方法のフローチャートである。

[図6]図６は、評価１－１の評価方法を図解する模式的な斜視図である。

[図7]図７は、評価１－２において切断された試料１－１～１－６の電線の模式的な斜視図である。

[図8]図８は、評価１－２の評価方法を図解する模式的な断面図である。

[図9]図９は、評価１－２および評価１－３の評価基準Ｘの試料１－２～１－６の電線の一例の模式的な断面図である。

[図10]図１０は、評価１－２および評価１－３の評価基準Ｙの試料１－２～１－６の電線の一例の模式的な断面図である。

[図11]図１１は、評価１－２および評価１－３の評価基準Ｚの試料１－２～１－６の電線の一例の模式的な断面図である。

[図12]図１２は、評価２－１および評価２－２の評価基準Ｘの試料２－１～２－５の電線の一例の拡大写真である。

[図13]図１３は、評価２－１および評価２－２の評価基準Ｙの試料２－１～２－５の電線の一例の拡大写真である。

[図14]図１４は、試料２－２の電線の銅層の外周面（銅層の外周面の算術平均粗さＲａ＝３．４μｍ）の拡大写真である。

[図15]図１５は、試料２－３の電線の銅層の外周面（銅層の外周面の算術平均粗さＲａ＝１．６μｍ）の拡大写真である。

[図16]図１６は、試料２－４の電線の銅層の外周面（銅層の外周面の算術平均粗さＲａ＝１．１μｍ）の拡大写真である。

発明を実施するための形態

[0011] ［本開示が解決しようとする課題］

本開示の目的は、電線に外部から応力が印加されたときに銅層に割れが発生するのを抑制することが可能な電線および電線の製造方法を提供することにある。

[0012] 本開示の別の目的は、電線に外部から応力が印加されたときに銅層が剥離するのを抑制することが可能な電線および電線の製造方法を提供することにある。

[0013] ［本開示の効果］

本開示によれば、電線に外部から応力が印加されたときに銅層に割れが発生するのを抑制することが可能な電線および電線の製造方法を提供することができる。

[0014] 本開示によれば、電線に外部から応力が印加されたときに銅層が剥離するのを抑制することが可能な電線および電線の製造方法を提供することにある。

[0015] ［本開示の実施形態の説明］

最初に本開示の実施形態を列挙して説明する。

[0016] （１）本開示に係る電線１は、主成分として鉄を含む線材２と、線材２の外周面上のニッケル層３と、ニッケル層３の外周面上の銅層４と、を備えている。ニッケル層３の厚さは、０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下である。こ

れにより、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することが可能となる。

[0017] （２）上記（１）に係る電線１の線材２の直径は、０．２ｍｍ以上０．３ｍｍ以下である。この場合にも、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することが可能となる。

[0018] （３）上記（１）または上記（２）に係る電線１の銅層４の厚さは、４０μｍ以上６０μｍ以下である。この場合にも、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することが可能となる。

[0019] （４）上記（１）から上記（３）のいずれかに係る電線１の線材２は、ステンレス鋼を含む。この場合にも、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することが可能となる。

[0020] （５）上記（１）から上記（４）のいずれかに係る電線１の線材２は、炭素鋼を含む。この場合にも、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することが可能となる。

[0021] （６）上記（１）から上記（５）のいずれかに係る電線１の銅層４の外周面の算術平均粗さ（Ｒａ）は、０．１μｍ以上３．４μｍ以下である。この場合には、電線１に外部から応力が印加されたときに、銅層４に割れが発生するのを抑制することができるとともに、ニッケル層３から銅層４が剥離するのを抑制することできる。

[0022] （７）上記（１）から上記（６）のいずれかに係る電線１のニッケル層３の厚さは、０．３ｎｍ以上２５．３ｎｍ以下である。この場合には、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することができる傾向が大きくなる。

[0023] （８）上記（１）から上記（７）のいずれかに係る電線１のニッケル層３の厚さは、０．３ｎｍ以上９．８ｎｍ以下である。この場合には、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することができる傾向がさらに大きくなる。

[0024] （９）上記（１）から上記（８）のいずれかに係る電線１の一端が端面１

ａを有している。端面１ａは、電線１の長手方向軸１ｂに直交する仮想面１ｃに対して傾斜する面を有している。これにより、電線１に外部から圧力が印加された場合でも電線１の端面１ａが圧力を分散することができるため、ニッケル層３から銅層４が剥離するのを抑制することできる。

[0025] （１０）本開示に係る電線１は、主成分として鉄を含む線材２と、線材２の外周面上の銅層４と、を備えている。銅層４の外周面の算術平均粗さ（Ｒａ）は、０．１μｍ以上３．４μｍ以下である。これにより、電線１に外部から圧力が印加された場合でも銅層４に割れが発生するのを抑制することができるとともに、電線１の端面１ａが圧力を分散することができるため、ニッケル層３から銅層４が剥離するのを抑制することできる。

[0026] （１１）本開示に係る電線１は、主成分として鉄を含む線材２と、線材２の外周面上の銅層４と、を備えている。電線１の一端が端面１ａを有している。端面１ａは、電線１の長手方向軸１ｂに直交する仮想面１ｃに対して傾斜する面を有する。これにより、電線１に外部から圧力が印加された場合でも電線１の端面１ａが圧力を分散することができるため、銅層４が剥離するのを抑制することできる。

[0027] （１２）本開示に係る電線１の製造方法は、主成分として鉄を含む線材２を準備する工程と、線材２の外周面上にニッケル層３を形成する工程と、ニッケル層３の外周面上に銅層４を形成する工程と、を含んでいる。ニッケル層３を形成する工程は、ニッケル層３の厚さが０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下となるようにニッケル層３を形成する工程を含む。これにより、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することが可能となる。

[0028] （１３）本開示に係る電線１の製造方法は、主成分として鉄を含む線材２を準備する工程と、線材２の外周面上に銅層４を形成する工程と、電線１の一部を加工することによって電線１に端面１ａを形成する工程とを含んでいる。端面１ａを形成する工程は、端面１ａが電線１の長手方向軸１ｂに直交する仮想面１ｃに対して傾斜する面を有するように端面１ａを形成する工程

を含んでいる。これにより、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４が剥離するのを抑制することできる。

[0029] （１４）本開示に係る電線１の製造方法は、主成分として鉄を含む線材２を準備する工程と、線材２の外周面上に銅層４を形成する工程と、電線１の一部を切断することによって電線１に端面１ａを形成する工程とを含んでいる。端面１ａを形成する工程は、端面１ａが電線の長手方向軸１ｂに直交する仮想面１ｃに対して傾斜する面を有するように端面１ａを形成する工程を含んでいる。これにより、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４が剥離するのを抑制することできる。

[0030] ［本開示の実施形態の詳細］

次に、図面に基づいて本開示の実施形態の詳細について説明する。なお、以下の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付し、その説明は繰返さない。

[0031] ＜第１実施形態＞

まず、第１実施形態に係る電線１の構成について説明する。図１は、第１実施形態に係る電線１の模式的な斜視図である。図１に示されるように、第１実施形態に係る電線１は一方向（長手方向）に延在する線状構造を有している。

[0032] 図２は、図１のＩＩ－ＩＩに沿った模式的な断面図である。図２に示されるように、第１実施形態に係る電線１は、電線１の内側から、線材２と、線材２の外周面上のニッケル層３と、ニッケル層３の外周面上の銅層４と、を備えている。

[0033] 線材２は、主成分として鉄を含む。本明細書において、「主成分」とは、線材または層を構成する成分のうち、最も原子数の多い成分を意味する。したがって、線材２を構成する成分のうち最も原子数の多い成分は鉄である。線材２としては、たとえば、ステンレス鋼（ＳＵＳ）または炭素鋼を含む線材を用いることができる。

[0034] 図２に示されるように、電線１の長手方向に直交する線材２の縦断面（電

線１の長手方向に直交する断面）は、たとえば、円形であってもよい。線材２の縦断面が円形である場合の線材２の縦断面の直径Ｒは、たとえば０．２ｍｍ以上０．３ｍｍ以下であり得る。

[0035] ニッケル層３は、ニッケルを主成分として含む層である。したがって、ニッケル層３を構成する成分のうち最も原子数の多い成分はニッケルである。

[0036] 第１実施形態に係る電線１において、ニッケル層３の厚さＴ１は、０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下とされる。ニッケル層３の厚さＴ１が０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下である場合には、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することができる。ニッケル層３の厚さＴ１は、たとえば、日本電子株式会社製の透過型電子顕微鏡「ＪＥＭ－２１００Ｆ」により測定することができる。

[0037] ニッケル層３の厚さＴ１は、たとえば、０．３ｎｍ以上２５．３ｎｍ以下であってもよく、０．３ｎｍ以上９．８ｎｍ以下であってもよい。ニッケル層３の厚さＴ１が０．３ｎｍ以上２５．３ｎｍ以下である場合、特に０．３ｎｍ以上９．８ｎｍ以下である場合には電線１に外部から応力が印加されてニッケル層３と銅層４とが変形したとしても、変形したニッケル層３が銅層４に与えるダメージをさらに低減することができるため、銅層４に割れが発生するのをさらに抑制することができる。

[0038] 銅層４は、銅を主成分として含む層である。したがって、銅層４を構成する成分のうち最も原子数の多い成分は銅である。銅層４の厚さＴ２は、たとえば４０μｍ以上６０μｍ以下であり得る。

[0039] 銅層４の外周面の算術平均粗さ（Ｒａ）は、たとえば０．１μｍ以上３．４μｍ以下であり得る。銅層４の外周面の算術平均粗さ（Ｒａ）が３．４μｍよりも大きい場合には銅層４の外周面が粗くなって、銅層４の外周面に複数の凹部が形成される傾向にある。この場合に、電線１の外部から圧力が印加されると、銅層４の外周面の凹部が起点となって、銅層４に割れが生じやすくなる。銅層４の外周面の算術平均粗さ（Ｒａ）が０．１μｍ以上３．４μｍ以下である場合、特に、０．１μｍ以上１．１μｍ以下である場合には

、電線１の外部から圧力が印加されたときに、銅層４に割れが生じるのを抑制することができるとともに、ニッケル層３から銅層４が剥離するのを抑制することできる。

[0040] なお、本明細書において、「算術平均粗さ（Ｒａ）」は、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１（１９９４）またはＪＩＳ　Ｂ　００３１（１９９４）に定義される物理量である。「算術平均粗さ（Ｒａ）」は、たとえば、株式会社キーエンス製の「ＶＸ－Ｋ１００ｓｅｒｉｅｓ」により測定することができる。

[0041] 図３は、第１実施形態に係る電線１の製造方法のフローチャートである。以下、図３を参照して、第１実施形態に係る電線１の製造方法について説明する。

[0042] まず、図３に示されるように、線材２を準備する工程Ｓ１０を行なう。線材２を準備する工程Ｓ１０は、たとえば、主成分として鉄を含むＳＵＳまたは炭素鋼等の線材を準備することにより行なうことができる。

[0043] 次に、ニッケル層３を形成する工程Ｓ２０を行なう。ニッケル層３を形成する工程Ｓ２０は、たとえば、ウッド浴を用いた電解めっきにより、線材２の外周面上にニッケル層３を形成することにより行なうことができる。

[0044] ニッケル層３を形成する工程Ｓ２０においては、ニッケル層３の厚さＴ１が０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下となるようにニッケル層３が形成される。ニッケル層３の厚さＴ１は、たとえば、ウッド浴を用いた電解めっきにおける電流密度および電解めっき時間を調整することにより、０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下とすることができる。なお、ニッケル層３を形成する工程Ｓ２０の前に、線材２の外周面を脱脂した後に水洗する工程を行なってもよい。

[0045] 次に、銅層４を形成する工程Ｓ３０を行なう。銅層４を形成する工程Ｓ３０は、たとえば、硫酸銅めっきを用いた電解めっきにより、ニッケル層３の外周面上に銅層４を形成することにより行なうことができる。なお、銅層４を形成する工程Ｓ３０の後に、銅層４の外周面を水洗する工程を行なってもよい。

[0046] 以上の工程を経ることにより、第１実施形態に係る電線１を製造することができる。

[0047] 上述のように、第１実施形態に係る電線１のニッケル層３の厚さＴ１は、０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下、０．３ｎｍ以上２５．３ｎｍ以下、または０．３ｎｍ以上９．８ｎｍ以下とされている。したがって、第１実施形態に係る電線１においては、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層４に割れが発生するのを抑制することができる。

[0048] また、上述のように、第１実施形態に係る電線１の銅層４の外周面の算術平均粗さ（Ｒａ）が０．１μｍ以上３．４μｍ以下である場合、特に、０．１μｍ以上１．１μｍ以下である場合には、第１実施形態に係る電線１においては、銅層４に割れが発生するのを抑制することができるとともに、ニッケル層３から銅層４が剥離するのを抑制することできる。

[0049] ＜第２実施形態＞

次に、第２実施形態に係る電線１の構成について説明する。図４は、第２実施形態に係る電線１の模式的な斜視図である。図４に示されるように、第２実施形態に係る電線１は電線１の一端が端面１ａを有し、端面１ａが電線１の長手方向軸１ｂに直交する仮想面１ｃに対して傾斜する面を有することを特徴としている。

[0050] 図５は、第２実施形態に係る電線１の製造方法のフローチャートである。図５に示されるように、第２実施形態に係る電線１の製造方法は、銅層４を形成する工程Ｓ３０の後に端面１ａを形成する工程Ｓ４０を行なうことを特徴としている。

[0051] 端面１ａを形成する工程Ｓ４０は、たとえば、電線１の一部を加工および／または切断することによって端面１ａを形成することにより行なうことができる。なお、本明細書において、「加工」は「切断」の上位概念であり、「切断」と「切断」以外の作業とを含む概念である。

[0052] 第２実施形態に係る電線１においては、電線１の一端が端面１ａを有し、端面１ａが電線１の長手方向軸１ｂに直交する仮想面１ｃに対して傾斜する

面を有している。このように、第２実施形態に係る電線１の端面１ａが電線１の長手方向軸１ｂに直交する仮想面１ｃに対して傾斜する面を有することによって、電線１に外部から圧力が印加された場合でも電線１の端面１ａが圧力を分散することができるため、ニッケル層３から銅層４が剥離するのを抑制することできる。

[0053] 第２実施形態における上記以外の説明は、第１実施形態における説明と同様であるためその説明については省略する。

実施例 1

[0054] ＜試料１－１～１－６の作製＞

まず、ＳＵＳ３０４または炭素鋼からなる線材の外周面について、以下の表１に示す条件で、（１）脱脂工程を行なった後に（２）水洗工程を行なった。

[0055] 次に、（２）水洗工程を行なった後の線材の外周面上に、以下の表１に示す条件で、（３）ニッケル層の形成工程を行なった。

[0056] その後、以下の表１に示す条件で、（３）ニッケル層の形成工程で形成されたニッケル層の外周面上に（４）銅層の形成工程を行なった後に、銅層の外周面について（５）水洗工程を行なった。

[0057]

[表1]

線材	SUS304
(1)脱脂工程	市販の脱脂液を使用 温度：50℃ 時間：10秒
(2)水洗工程	浸漬：10秒
(3)ﾆｯｹﾙ層の形成工程	一般的なｳｯﾄﾞ浴を使用したﾆｯｹﾙの電解めっき 温度：20℃～25℃ 電流密度：40A/dm^2 時間：1～8秒
(4)銅層の形成工程	一般的な硫酸銅めっき浴を使用した銅の電解めっき 温度：50℃ 電流密度：4～10A/dm^2 銅層の厚さ：45μm
(5)水洗工程	浸漬：10秒

[0058] 以上の工程により、表２に示す構成の試料１－２～１－６を作製した。試料１－２～１－６は、（３）ニッケル層の形成工程におけるニッケル層の電解めっき時間を変更してニッケル層の厚さを変更したこと以外は同一の方法および同一の条件で作製された。

[0059] なお、表１におけるウッド浴の組成およびｐＨは、以下のとおりである。

塩化ニッケル：２４０［ｇ／Ｌ］

塩酸：１２５［ｍＬ／Ｌ］

ｐＨ：１．５以下

[0060] また、表１における酸銅めっき浴の組成は、以下のとおりである。

硫酸銅５水和物：１５０～２５０［ｇ／Ｌ］

硫酸：３０～１００［ｇ／Ｌ］

塩素イオン：５～８０［ｍｇ／Ｌ］

[0061] 試料１－１は、（３）ニッケル層の形成工程を行なわなかったこと以外は試料１－２～１－６と同一の方法および同一の条件で作製された。

[0062] ＜評価１－１＞

上記のようにして作製された試料１－１～１－６のそれぞれの電線１の一部を図６の模式的斜視図に示される矢印の方向に電線１の他の部分に縦断面の直径が０．３０ｍｍの棒に４～５回巻き付けた（自己径曲げ）。次に、当該自己径曲げ後の試料１－１～１－６の電線１の銅層の外周面のＳＥＭ（Scanning Electron Microscope）の１５０倍像を取得し、試料１－１～１－６の電線１の銅層の外周面の評価（評価１－１）を以下の評価基準により行なった。その結果を表２に示す。

[0063] ＜評価１－１の評価基準＞

Ａ…銅層の外周面に割れが発生しなかった。

Ｂ…銅層の外周面に割れが発生した。

[0064] ＜評価１－２＞

上記のようにして作製された試料１－１～１－６のそれぞれの電線１を図７の模式的斜視図に示すように５０ｍｍの長さに切断した。次に、図８の模式的断面図に示すように、５０ｍｍの長さに切断した後の電線１を鋼板２０ａ，２０ｂの間に挟み込んだ。次に、電線１の縦断面の直径が２０％減少するように両側の鋼板２０ａ，２０ｂから矢印２１の方向に電線１に６０００Ｎの圧力を印加した。次に、当該圧力の印加後の試料１－１～１－６の電線１の銅層の外周面のＳＥＭの１５０倍像を取得し、試料１－１～１－６の電線１の銅層の外周面の評価（評価１－２）を以下の評価基準により行なった。その結果を表２に示す。

[0065] ＜評価１－３＞

電線１の縦断面の直径が４０％減少するように両側の鋼板２０ａ，２０ｂから矢印２１の方向に電線１に圧力を印加したこと以外は評価１－２と同一の方法および同一の条件で１６０００Ｎの圧力を印加した。次に、当該圧力の印加後の試料１－１～１－６の電線１の銅層の外周面のＳＥＭの１５０倍

像を取得し、試料１－１～１－６の電線１の銅層の外周面の評価（評価１－３）を以下の評価基準により行なった。その結果を表２に示す。

[0066] ＜評価１－２および評価１－３の評価基準＞

Ｘ…銅層の外周面に割れが発生しなかった。

Ｙ…銅層の外周面の一部に割れが発生した。

Ｚ…銅層の外周面の全体に割れが発生した。

[0067] 図９は、評価１－２および評価１－３の評価基準Ｘの試料１－２～１－６の電線１の一例の模式的な断面図である。図１０は、評価１－２および評価１－３の評価基準Ｙの試料１－２～１－６の電線１の一例の模式的な断面図である。図１１は、評価１－２および評価１－３の評価基準Ｚの試料１－２～１－６の電線１の一例の模式的な断面図である。図１０および図１１においては、銅層４に発生する割れ３１の一例が示されている。

[0068] [表2]

	試料 1-1	試料 1-2	試料 1-3	試料 1-4	試料 1-5	試料 1-6
線材の材料	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304	SUS304
ﾆｯｹﾙ層の厚さ [nm]	0	0.3	9.8	25.3	40.3	61.7
ﾆｯｹﾙ層の電解めっき時間 [秒]	0	1	4	6	7	8
銅層の厚さ [μm]	45	45	45	45	45	45
電線の直径 [mm]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
評価 1-1	B	A	A	A	A	A
評価 1-2	—	X	X	X	Y	Z
評価 1-3	—	X	X	Y	Y	Z

[0069] 表２に示す結果から、ニッケル層の厚さが０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下の範囲内にある試料１－２～試料１－５の電線１においては、ニッケル層の厚さが０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下の範囲内にない試料１－１および試料１－６の電線１と比べて、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層に割れが発生するのを抑制することができることが確認された。

[0070] また、表２に示す結果から、ニッケル層の厚さが０．３ｎｍ以上２５．３ｎｍ以下の範囲内にある試料１－２～試料１－４の電線１においては、ニッ

ケル層の厚さが０．３ｎｍ以上２５．３ｎｍ以下の範囲内にない試料１－１、試料１－５および試料１－６の電線１と比べて、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層に割れが発生するのを抑制することができることが確認された。

[0071] さらに、表２に示す結果から、ニッケル層の厚さが０．３ｎｍ以上９．８ｎｍ以下の範囲内にある試料１－２～試料１－３の電線１においては、ニッケル層の厚さが０．３ｎｍ以上９．８ｎｍ以下の範囲内にない試料１－１および試料１－４～試料１－６の電線１と比べて、電線１に外部から応力が印加されたときに銅層に割れが発生するのを抑制することができることが確認された。

なお、表２に示されるニッケル層の厚さは、日本電子株式会社製の透過型電子顕微鏡「ＪＥＭ－２１００Ｆ」により測定された値である。

実施例 2

[0072] ＜試料２－１～２－５の作製＞

上記の（４）銅層の形成工程における銅の電解めっきの電流密度を以下の表３に示す条件としたこと以外は試料１－２の電線と同一の方法および同一の条件で試料２－１～２－４の電線を作製した。また、試料２－５の電線は、硫酸銅の電解めっき浴に添加剤を追加したこと以外は試料２－４の電線と同一の方法および同一の条件で作製された。

[0073] ＜評価２－１＞

上記のようにして作製された試料２－１～２－５のそれぞれの電線の一部を縦断面の直径が０．３０ｍｍの棒に４～５回巻き付けた。次に、棒に巻き付けた後の試料２－１～２－５の電線の銅層の剥離の評価（評価２－１）を以下の評価基準により行なった。その結果を表３に示す。

[0074] ＜評価２－２＞

試料２－１～２－５のそれぞれの電線の一部を縦断面の直径が０．２０ｍｍの棒に４～５回巻き付けたこと以外は評価２－１と同一の方法および同一の条件で試料２－１～２－５の電線の銅層の剥離の評価（評価２－２）を以

下の評価基準により行なった。その結果を表３に示す。

[0075] ＜評価２－１および評価２－２の評価基準＞

Ｘ…銅層の剥離が発生しなかった。

Ｙ…銅層の一部に剥離が発生した。

Ｚ…銅層の全体に剥離が発生した。

[0076] 図１２は、評価２－１および評価２－２の評価基準Ｘの試料２－１～２－５の電線の一例の拡大写真である。図１３は、評価２－１および評価２－２の評価基準Ｙの試料２－１～２－５の電線の一例の拡大写真である。

[0077] 図１４は、試料２－２の電線の銅層の外周面（銅層の外周面の算術平均粗さＲａ＝３．４μｍ）の拡大写真である。図１５は、試料２－３の電線の銅層の外周面（銅層の外周面の算術平均粗さＲａ＝１．６μｍ）の拡大写真である。図１６は、試料２－４の電線の銅層の外周面（銅層の外周面の算術平均粗さＲａ＝１．１μｍ）の拡大写真である。

[0078] なお、表３の「算術平均粗さＲａ［μm］」の欄における算術平均粗さＲａ［μm］の値は、試料２－１～２－５の電線の銅層の外周面について、株式会社キーエンス製の「ＶＸ－Ｋ１００ｓｅｒｉｅｓ」を用いて、ＪＩＳ　Ｂ　０６０１（１９９４）またはＪＩＳ　Ｂ　００３１（１９９４）に基づいて測定された値である。

[0079] [表3]

	試料 2-1	試料 2-2	試料 2-3	試料 2-4	試料 2-5
電流密度 [A/dm^2]	1	5	10	60	60
電解めっき浴	硫酸銅	硫酸銅	硫酸銅	硫酸銅	硫酸銅
添加剤	なし	なし	なし	なし	あり
電線の直径 [mm]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
銅層の厚さ [μm]	45	45	45	45	45
算術平均粗さ Ra [μm]	4.2	3.4	1.6	1.1	0.1
評価 2-1	Z	X	X	X	X
評価 2-2	Z	Y	Y	X	X

[0080] 表３に示す結果から、銅層の外周面の算術平均粗さＲａが０．１μｍ以上３．４μｍ以下の範囲内にある試料２－２～試料２－５の電線においては、銅層の外周面の算術平均粗さＲａが０．１μｍ以上３．４μｍ以下の範囲内にない試料２－１の電線と比べて、ニッケル層からの銅層の剥離を抑制することできることが確認された。

[0081] また、表３に示す結果から、銅層の外周面の算術平均粗さＲａが０．１μｍ以上１．１μｍ以下の範囲内にある試料２－４～試料２－５の電線においては、銅層の外周面の算術平均粗さＲａが０．１μｍ以上１．１μｍ以下の範囲内にない試料２－１～試料２－３の電線と比べて、ニッケル層からの銅層の剥離を抑制することできることが確認された。

[0082] 以上のように実施形態および実施例について説明を行なったが、上述の実施形態および実施例の各構成を適宜組み合わせることも当初から予定している。

[0083] 今回開示された実施形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0084] １　電線、１ａ　端面、１ｂ　長手方向軸、１ｃ　仮想面、２　線材、３　ニッケル層、４　銅層、２０ａ，２０ｂ　銅板、２１　矢印、３１　割れ。

請求の範囲

[請求項1] 主成分として鉄を含む線材と、

前記線材の外周面上のニッケル層と、

前記ニッケル層の外周面上の銅層と、を備え、

前記ニッケル層の厚さが０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下である、電線。

[請求項2] 前記線材の直径は、０．２ｍｍ以上０．３ｍｍ以下である、請求項１に記載の電線。

[請求項3] 前記銅層の厚さは、４０μｍ以上６０μｍ以下である、請求項１または請求項２に記載の電線。

[請求項4] 前記線材は、ステンレス鋼を含む、請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の電線。

[請求項5] 前記線材は、炭素鋼を含む、請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の電線。

[請求項6] 前記銅層の外周面の算術平均粗さ（Ｒａ）は、０．１μｍ以上３．４μｍ以下である、請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の電線。

[請求項7] 前記ニッケル層の厚さは、０．３ｎｍ以上２５．３ｎｍ以下である、請求項１から請求項６のいずれか１項に記載の電線。

[請求項8] 前記ニッケル層の厚さは、０．３ｎｍ以上９．８ｎｍ以下である、請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の電線。

[請求項9] 前記電線の一端が端面を有し、

前記端面は、前記電線の長手方向軸に直交する仮想面に対して傾斜する面を有している、請求項１から請求項８のいずれか１項に記載の電線。

[請求項10] 主成分として鉄を含む線材と、

前記線材の外周面上の銅層と、を備え、

前記銅層の外周面の算術平均粗さ（Ｒａ）は、０．１μｍ以上３．

４μｍ以下である、電線。

[請求項11] 主成分として鉄を含む線材と、

前記線材の外周面上の銅層と、を備える電線であって、

前記電線の一端が端面を有し、

前記端面は、前記電線の長手方向軸に直交する仮想面に対して傾斜する面を有する、電線。

[請求項12] 主成分として鉄を含む線材を準備する工程と、

前記線材の外周面上にニッケル層を形成する工程と、

前記ニッケル層の外周面上に銅層を形成する工程と、を含み、

前記ニッケル層を形成する工程は、前記ニッケル層の厚さが０．３ｎｍ以上４０．３ｎｍ以下となるように前記ニッケル層を形成する工程を含む、電線の製造方法。

[請求項13] 主成分として鉄を含む線材を準備する工程と、

前記線材の外周面上に銅層を形成する工程と、を含む電線の製造方法であって、

前記電線の製造方法は、

前記電線の一部を加工することによって前記電線に端面を形成する工程をさらに含み、

前記端面を形成する工程は、前記端面が前記電線の長手方向軸に直交する仮想面に対して傾斜する面を有するように前記端面を形成する工程を含む、電線の製造方法。

[請求項14] 主成分として鉄を含む線材を準備する工程と、

前記線材の外周面上に銅層を形成する工程と、を含む電線の製造方法であって、

前記電線の製造方法は、

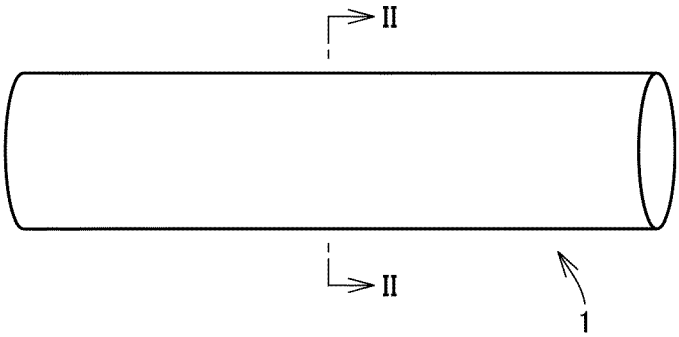
前記電線の一部を切断することによって前記電線に端面を形成する工程をさらに含み、

前記端面を形成する工程は、前記端面が前記電線の長手方向軸に直

交する仮想面に対して傾斜する面を有するように前記端面を形成する工程を含む、電線の製造方法。

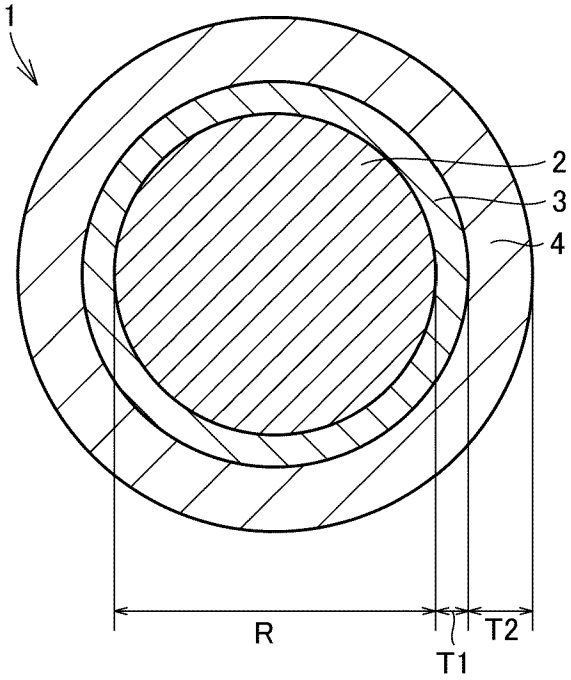
[図1]

FIG.1



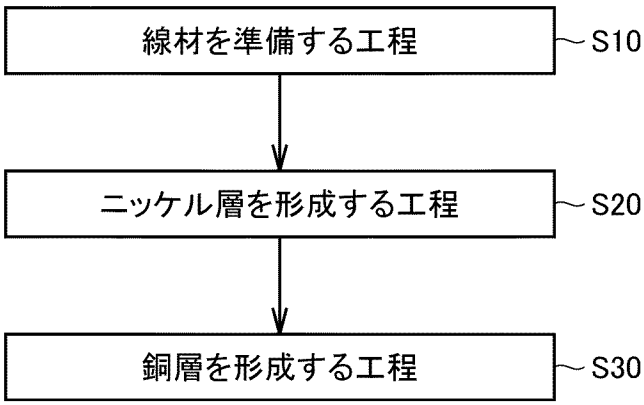
[図2]

FIG.2



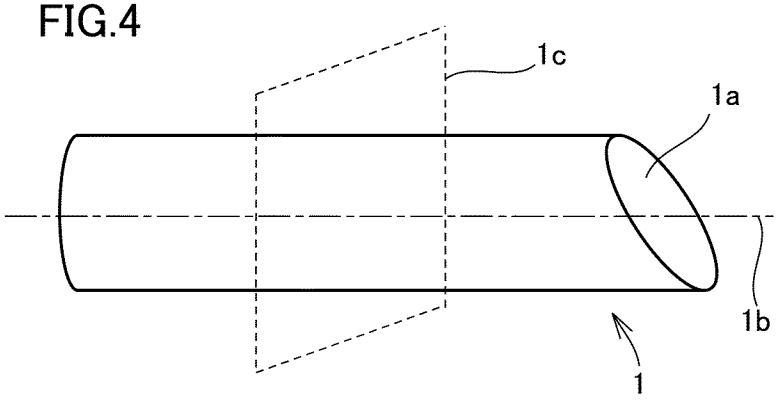
[図3]

FIG.3



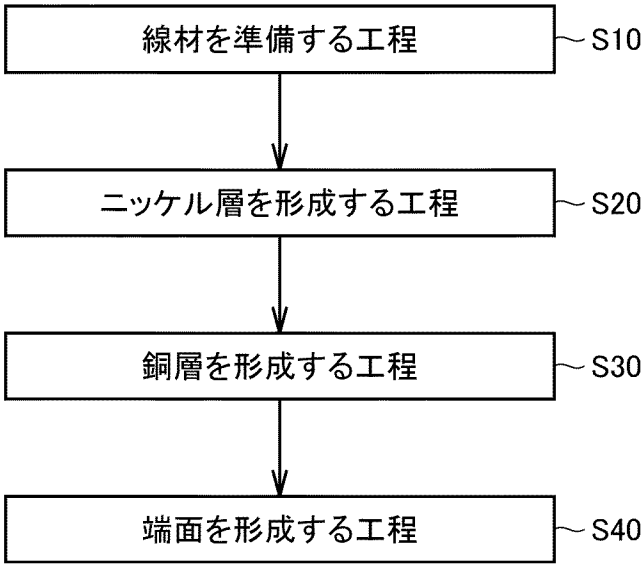
[図4]

FIG.4



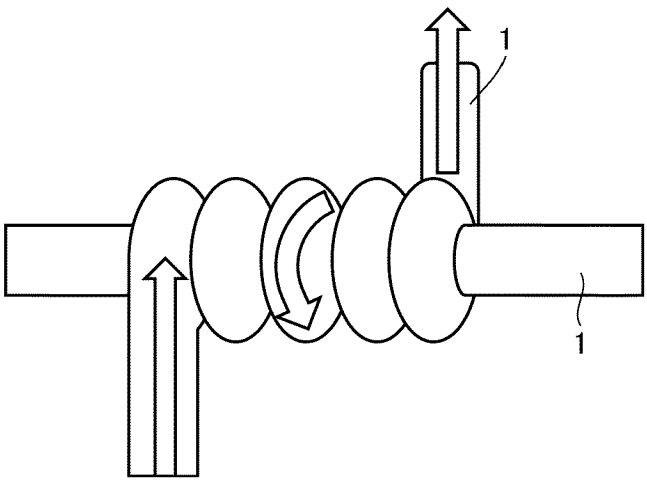
[図5]

FIG.5



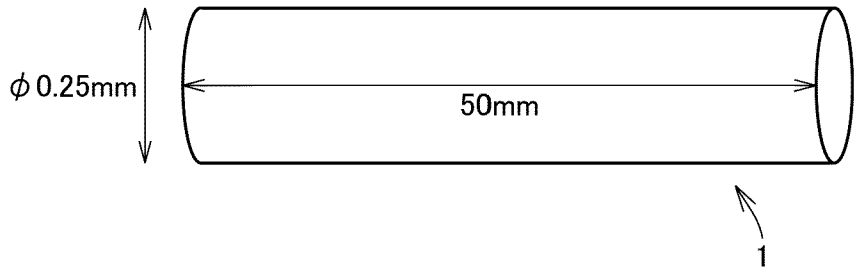
[図6]

FIG.6



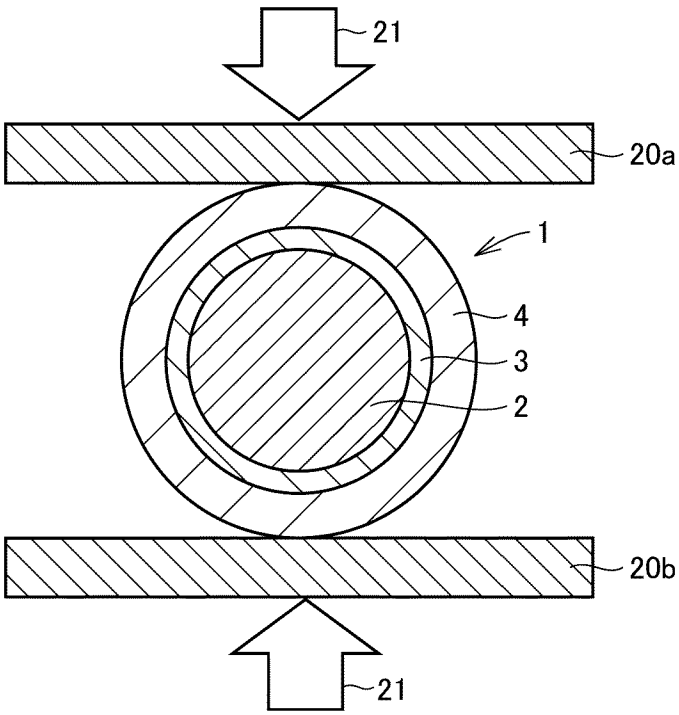
[図7]

FIG.7



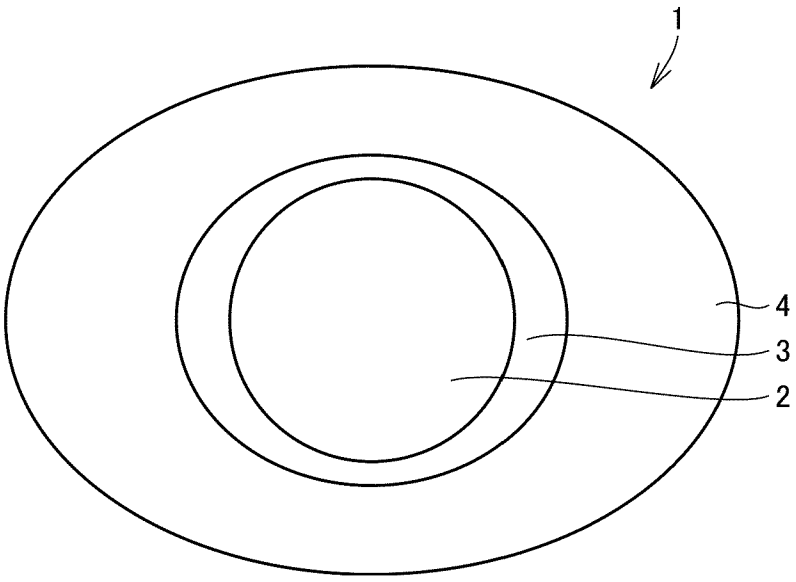
[図8]

FIG.8



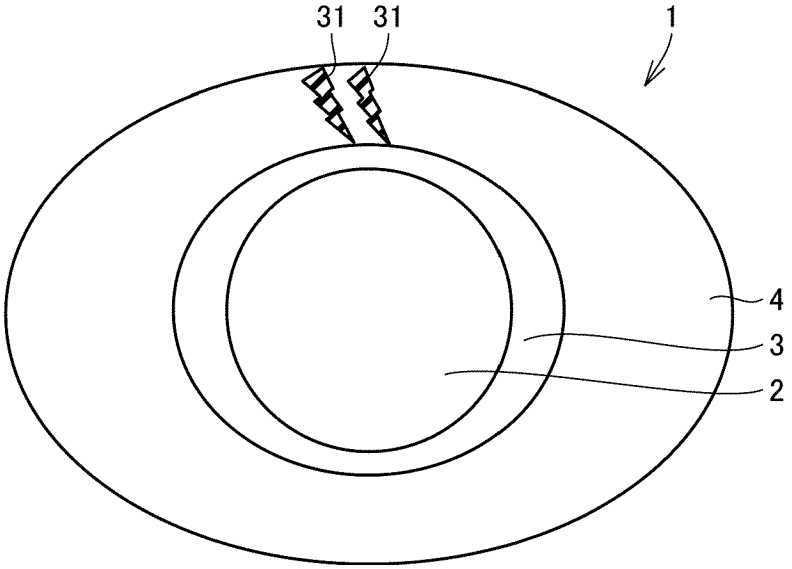
[図9]

FIG.9



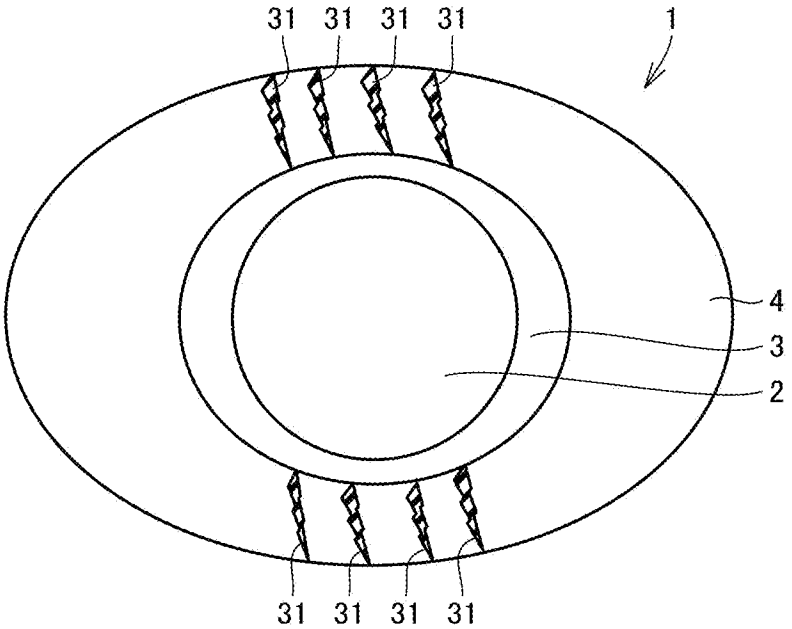
[図10]

FIG.10



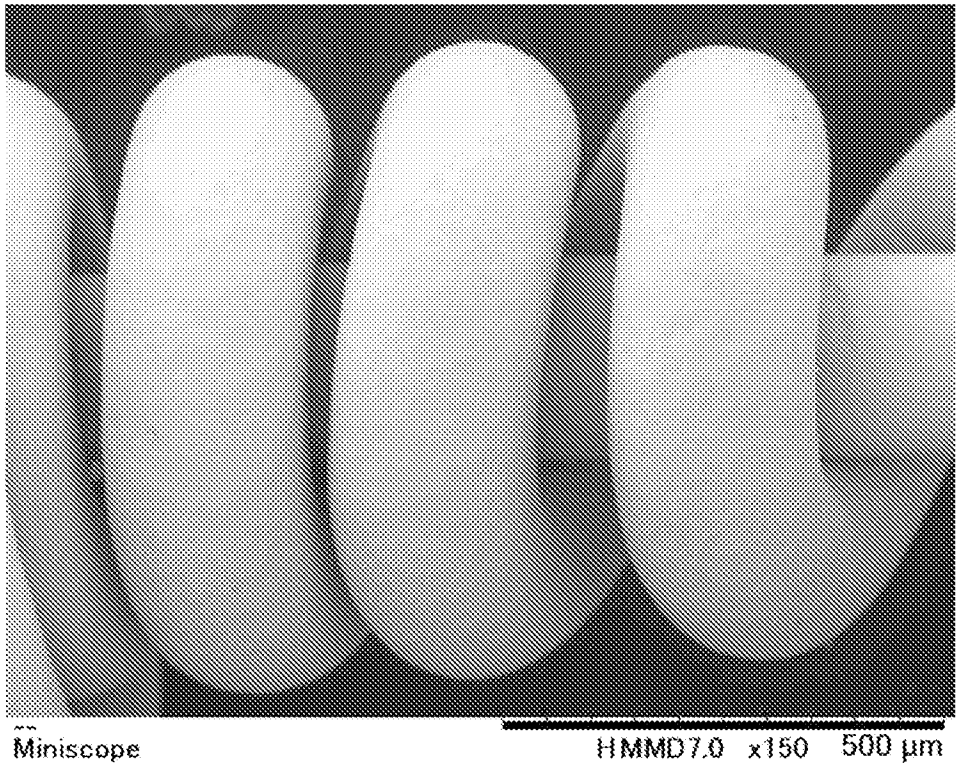
[図11]

FIG.11



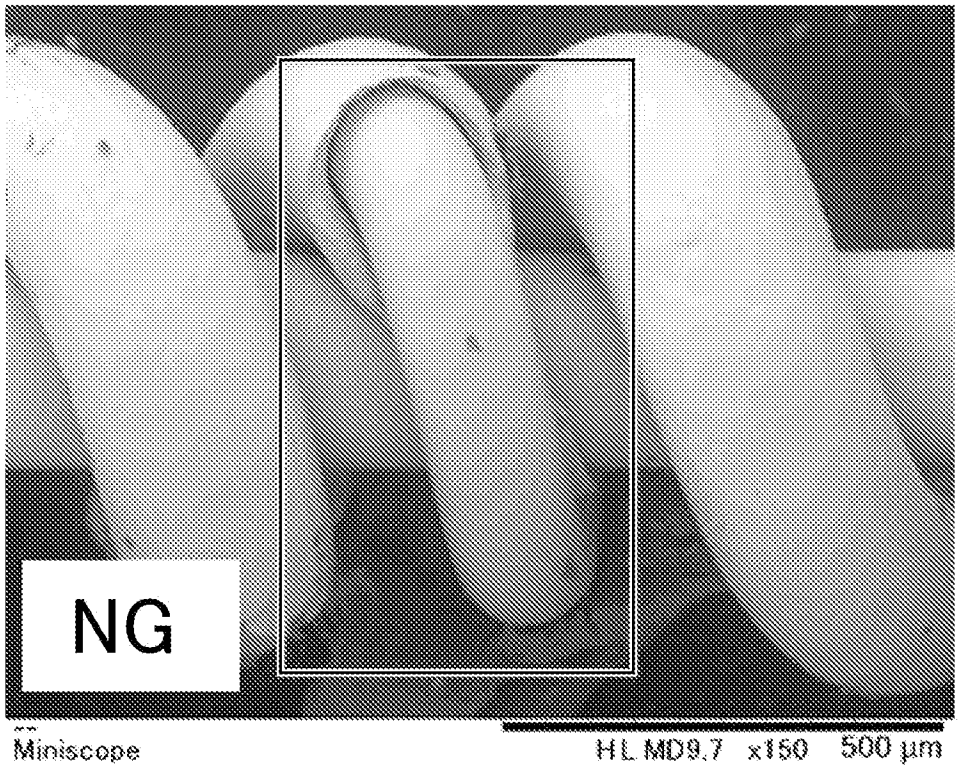
[図12]

FIG.12



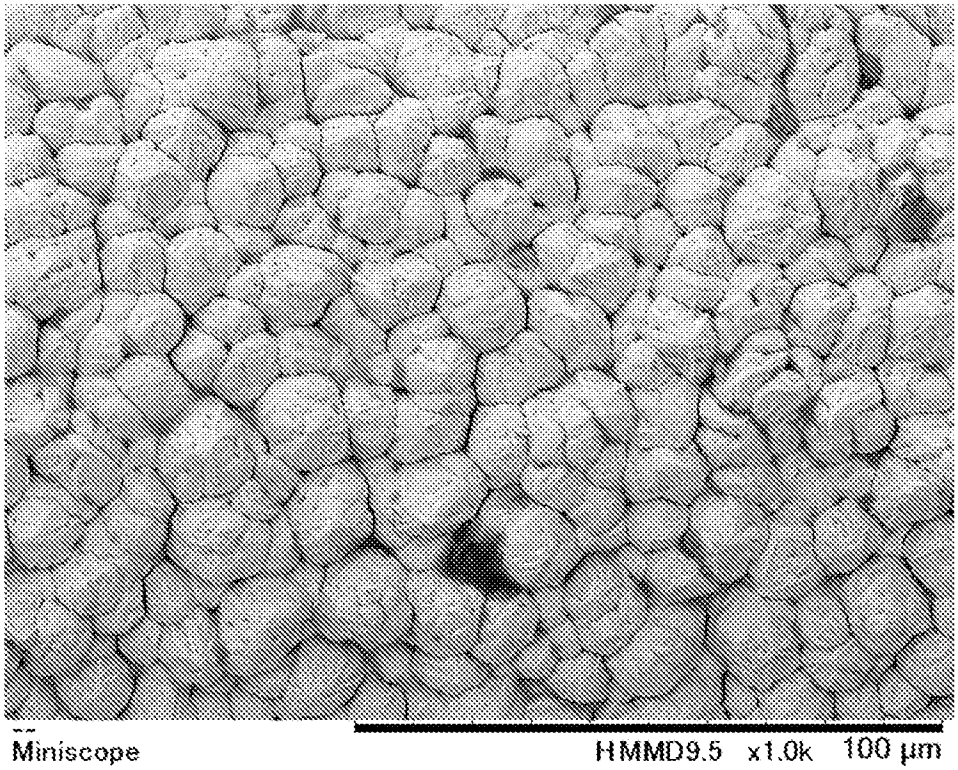
[図13]

FIG.13



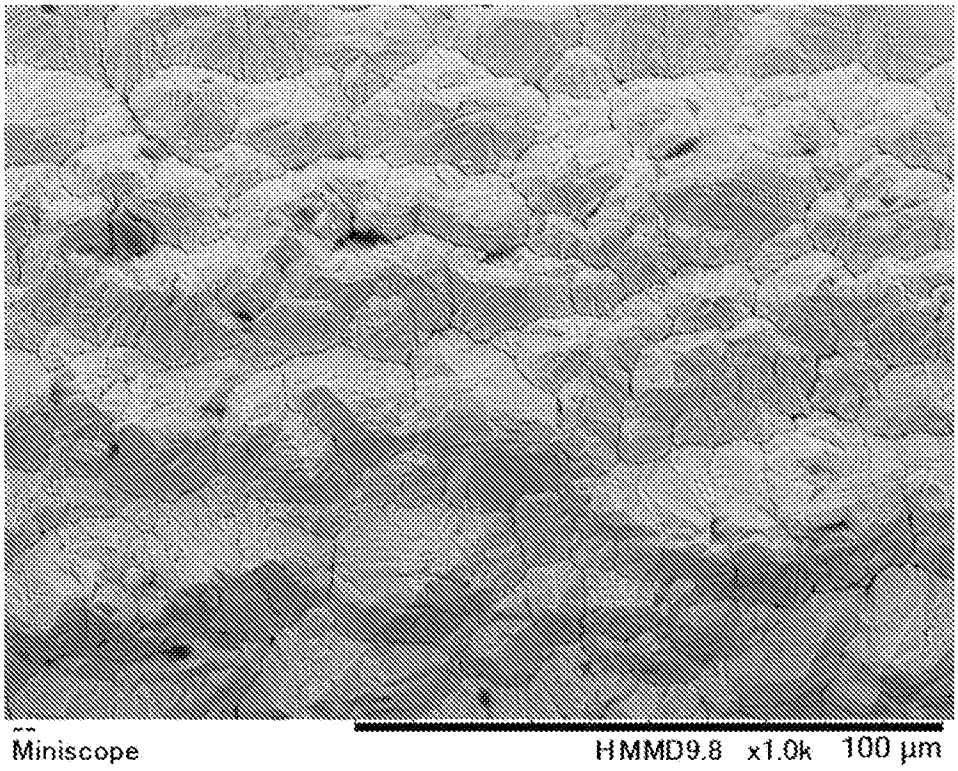
[図14]

FIG.14



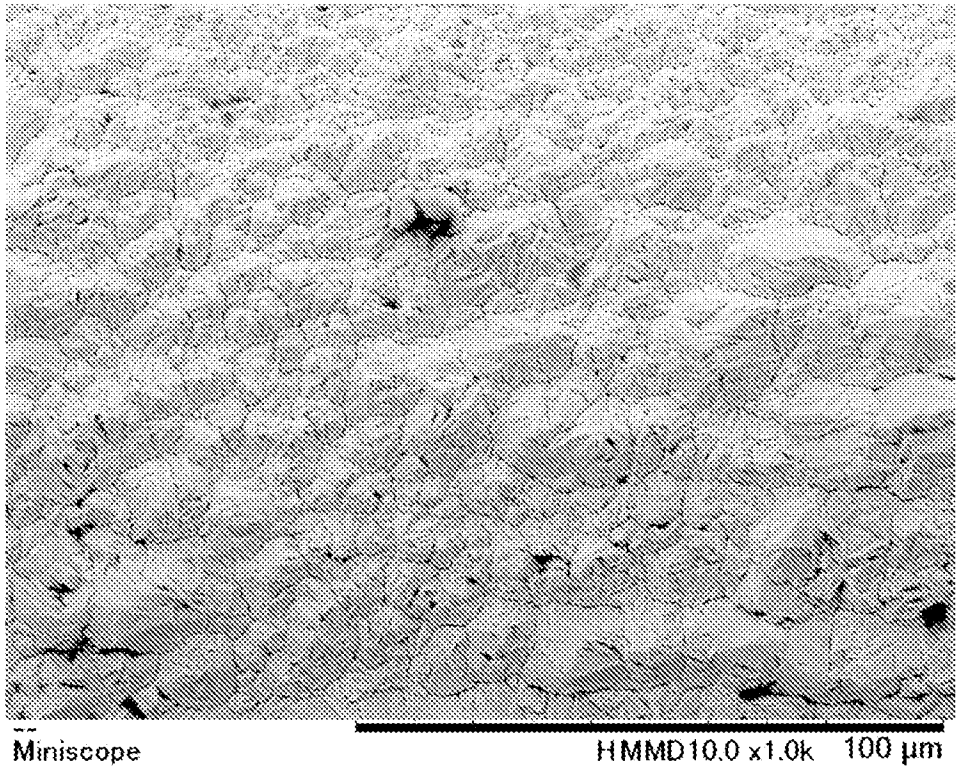
[図15]

FIG.15



[図16]

FIG.16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/020001

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01B 5/02(2006.01)i
FI: H01B5/02 A
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)
H01B5/02

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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	JP 2011-251394 A (SUZUKI METAL INDUSTRY CO LTD) 15 December 2011 (2011-12-15) paragraphs [0024]-[0025], [0030], fig. 1	1, 4, 7, 12 6, 10
Y	JP 2015-71221 A (SUMITOMO DENKO STEEL WIRE KK) 16 April 2015 (2015-04-16) paragraphs [0014], [0051]	6, 10
Y	JP 62-86607 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 21 April 1987 (1987-04-21) page 2, upper left column, lines 2-10	1-5, 7-9, 11-14
Y	JP 2004-207080 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 22 July 2004 (2004-07-22) paragraph [0018]	1-5, 7-9, 11-14
Y	JP 2010-146926 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 01 July 2010 (2010-07-01) paragraph [0014]	1-5, 7-9, 11-14

☒ 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	Date of mailing of the international search report
12 August 2021 (12.08.2021)	24 August 2021 (24.08.2021)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/020001

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 60-131996 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 13 July 1985 (1985-07-13) page 2, lower left column, line 18 to lower right column, line 13	1-5, 7-9, 11-14
Y	JP 61-32367 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 15 February 1986 (1986-02-15) page 2, upper right column, lines 9-12, fig. 2	9, 11, 13-14
Y	JP 2010-153069 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 08 July 2010 (2010-07-08) paragraph [0030], fig. 2-3	9, 11, 13-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/020001

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2011-251394 A	15 Dec. 2011	EP 2578343 A1 paragraphs [0027]-[0028], [0031], fig. 1	
JP 2015-71221 A	16 Apr. 2015	(Family: none)	
JP 62-86607 A	21 Apr. 1987	US 4810593 A column 1, lines 35-47	
JP 2004-207080 A	22 Jul. 2004	(Family: none)	
JP 2010-146926 A	01 Jul. 2010	(Family: none)	
JP 60-131996 A	13 Jul. 1985	(Family: none)	
JP 61-32367 A	15 Feb. 1986	(Family: none)	
JP 2010-153069 A	08 Jul. 2010	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/020001

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01B 5/02(2006.01)i
FI: H01B5/02 A

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））

H01B5/02

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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	JP 2011-251394 A (鈴木金属工業株式会社) 15.12.2011 (2011-12-15) [0024]-[0025],[0030], 図1	1,4,7,12
Y		6,10
Y	JP 2015-71221 A (住友電工スチールワイヤー株式会社) 16.04.2015 (2015-04-16) [0014],[0051]	6,10
Y	JP 62-86607 A (住友電気工業株式会社) 21.04.1987 (1987-04-21) 第2頁左上欄第2-10行	1-5,7-9,11-14
Y	JP 2004-207080 A (住友電気工業株式会社) 22.07.2004 (2004-07-22) [0018]	1-5,7-9,11-14
Y	JP 2010-146926 A (古河電気工業株式会社) 01.07.2010 (2010-07-01) [0014]	1-5,7-9,11-14
Y	JP 60-131996 A (古河電気工業株式会社) 13.07.1985 (1985-07-13) 第2頁左下欄第18行-右下欄第13行	1-5,7-9,11-14
Y	JP 61-32367 A (住友電気工業株式会社) 15.02.1986 (1986-02-15) 第2頁右上欄第9-12行,第2図	9,11,13-14

☑ 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
"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
"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）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"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
"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
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
12.08.2021	24.08.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
中嶋　久雄 5G 1790
電話番号 03-3581-1101 内線 3526

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
Y	JP 2010-153069 A (住友電気工業株式会社) 08.07.2010 (2010-07-08) [0030], 図2-3	9,11,13-14

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/020001

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2011-251394 A	15.12.2011	EP 2578343 A1 [0027]-[0028],[0031], 図1	
JP 2015-71221 A	16.04.2015	（ファミリーなし）	
JP 62-86607 A	21.04.1987	US 4810593 A 第1列第35-47行	
JP 2004-207080 A	22.07.2004	（ファミリーなし）	
JP 2010-146926 A	01.07.2010	（ファミリーなし）	
JP 60-131996 A	13.07.1985	（ファミリーなし）	
JP 61-32367 A	15.02.1986	（ファミリーなし）	
JP 2010-153069 A	08.07.2010	（ファミリーなし）	