



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/032390**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 004 245.1**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/022895**
(86) PCT-Anmeldetag: **07.06.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **09.03.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **04.07.2024**

(51) Int Cl.: **C22F 1/08** (2006.01)
C22C 9/00 (2006.01)
C22C 9/02 (2006.01)
C22F 1/00 (2006.01)
H01B 1/02 (2006.01)
H01B 5/02 (2006.01)
H01B 7/00 (2006.01)
H01B 7/02 (2006.01)
H01B 13/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2021-141928 **31.08.2021** **JP**

(71) Anmelder:
**AutoNetworks Technologies, Ltd., Yokkaichi, Mie,
JP; SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.,
Osaka, JP; Sumitomo Wiring Systems, Ltd.,
Yokkaichi, Mie, JP**

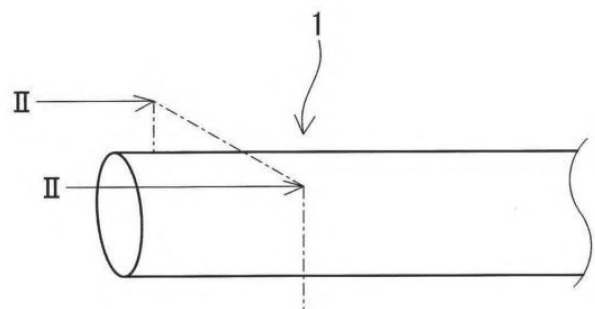
(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

(72) Erfinder:
**Ehara, Kazuki, Osaka, JP; Otsuka, Yasuyuki,
Yokkaichi-shi, Mie, JP; Imasato, Fumitoshi,
Yokkaichi-shi, Mie, JP; Oshima, Yusuke, Osaka,
JP; Tsuneda, Hiroki, Osaka, JP; Kubo, Noriaki,
Osaka, JP; Fujita, Hiroshi, Osaka, JP; Shimizu,
Sae, Osaka, JP; Kuwabara, Tetsuya, Osaka, JP;
Sakamoto, Kei, Osaka, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kupferlegierungsdraht, ummantelter Draht, ummantelter Draht mit Anschluss, und Verfahren zur Herstellung von Kupferlegierungsdraht**

(57) Zusammenfassung: Hierin wird ein Kupferlegierungsdraht offenbart, der ein Walzdraht gebildet aus einer Kupferlegierung ist und eine Zugfestigkeit von 400 MPa oder mehr, eine Bruchdehnung von 5% oder mehr, eine Leitfähigkeit von 60% IACS oder mehr und einen Drahtdurchmesser von 0,5 mm oder weniger aufweist, wobei die Kupferlegierung eine Zusammensetzung aufweist, die 0,05 Massen-% oder mehr und 1,6 Massen-% oder weniger Eisen, 0,01 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Phosphor und 0,05 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Zinn enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidbare Verunreinigungen sind, die Kupferlegierung eine Struktur aufweist, die Kristalle enthält, und eine Kristallkorngrößendifferenz, bestimmt als eine Differenz zwischen einer maximalen Kristallkorngröße und einer minimalen Kristallkorngröße in einem Querschnitt, 1,0 µm oder weniger beträgt.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf einen Kupferlegierungsdraht, einen ummantelten Draht, einen ummantelten Draht mit Anschluss und ein Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes.

[0002] Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität auf der Basis der japanischen Patentanmeldung Nr. 2021-141928, die am 31. August 2021 eingereicht wurde, und beinhaltet alle in der oben genannten japanischen Anmeldung beschriebenen Inhalte.

STAND DER TECHNIK

[0003] Die Patentschriften 1 und 2 offenbaren einen dünnen Walzdraht, der aus einer Kupferlegierung gebildet ist, die Eisen, Phosphor und Zinn in Mengen innerhalb bestimmter Bereiche enthält und einen Drahtdurchmesser von 0,5 mm oder weniger aufweist. Der dünne Walzdraht wird als Leiter für einen ummantelten Draht verwendet. Der Leiter ist z. B. ein Litzendraht, der durch Verseilen der dünnen Walzdrähte hergestellt wird.

PTL 1: Japanisches Patent Veröffentlichung Nr. 2018-077941

PTL 2: WO 2018/083836

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf einen Kupferlegierungsdraht, der ein Walzdraht gebildet aus einer Kupferlegierung ist und der aufweist
eine Zugfestigkeit von 400 MPa oder mehr,
eine Bruchdehnung von 5% oder mehr,
eine Leitfähigkeit von 60% IACS oder mehr und
einem Drahtdurchmesser von 0,5 mm oder weniger, wobei
die Kupferlegierung eine Zusammensetzung aufweist, die 0,05 Massen-% oder mehr und 1,6 Massen-% oder weniger Eisen, 0,01 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Phosphor und 0,05 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Zinn enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidbare Verunreinigungen sind,
die Kupferlegierung eine Struktur aufweist, die Kristalle enthält, und
ein Kristallkorngrößenunterschied, bestimmt als eine Differenz zwischen einer maximalen Kristallkorngröße und einer minimalen Kristallkorngröße in einem Querschnitt, 1,0 µm oder weniger beträgt.

[0005] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes, das beinhaltet:

einen ersten Schritt, bei dem ein Gussmaterial gebildet aus einer Kupferlegierung durch Stranggießen hergestellt wird;

einen zweiten Schritt, bei dem das Gussmaterial einer konformen Extrusion unterzogen wird, um ein lineares extrudiertes Material herzustellen;

einen dritten Schritt, bei dem das extrudierte Material einem Drahtziehen unterzogen wird, um ein gezogenes Drahtmaterial herzustellen; und

einen vierten Schritt, bei dem das gezogene Drahtmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen wird, um ein wärmebehandeltes Material herzustellen, wobei

die Kupferlegierung eine Zusammensetzung aufweist, die 0,05 Massen-% oder mehr und 1,6 Massen-% oder weniger Eisen, 0,01 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Phosphor und 0,05 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Zinn enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidbare Verunreinigungen sind,

eine Verringerung der Fläche durch die konforme Extrusion um 50% oder mehr beträgt,

eine Temperatur des extrudierten Materials unmittelbar nach der konformen Extrusion 350°C oder mehr beträgt, und

die Temperatur bei der Wärmebehandlung 350°C oder mehr beträgt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine schematische perspektivische Ansicht eines Beispiels eines Kupferlegierungsdrahtes nach einer Ausführungsform.

Fig. 2 ist eine Schnittdarstellung entlang der in **Fig. 1** gezeigten Linie II-II.

Fig. 3 ist ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Verfahrens zur Messung einer durchschnittlichen Kristallkorngröße.

Fig. 4 ist eine schematische perspektivische Ansicht eines Beispiels eines ummantelten Drahtes nach einer Ausführungsform, der als einen Leiter einen Kupferlegierungsleitendraht nach einer Ausführungsform enthält.

Fig. 5 ist ein schematisches Konfigurationsdiagramm eines Beispiels für einen ummantelten Draht mit Anschluss nach einer Ausführungsform.

Fig. 6 ist ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Beispiels für einen konformen Extruder, der in einem Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach einer Ausführungsform verwendet wird.

Fig. 7 ist eine schematische vergrößerte Ansicht eines Teils des Querschnitts eines Kupferlegierungsdrahtes der Probe Nr. 1-1 in Testbeispiel 1.

Fig. 8 ist eine schematische vergrößerte Ansicht eines Teils des Querschnitts eines Kupferlegierungsdrahtes der Probe Nr. 1-102 in Testbeispiel 1.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[Problem, das durch die vorliegende Offenbarung gelöst werden soll]

[0006] Es besteht ein Bedarf an Kupferlegierungsdrähten mit einem ausgewogenen Verhältnis zwischen Festigkeit und Dehnung.

[0007] Der in den Patentschriften 1 und 2 offenbarte Kupferlegierungsdraht wird aus der oben beschriebenen Kupferlegierung mit einer bestimmten Zusammensetzung hergestellt und weist daher eine ausgezeichnete Festigkeit auf. Der Kupferlegierungsdraht soll in seiner Festigkeit weiter verbessert werden, kann aber gleichzeitig mit der Verbesserung der Festigkeit in seiner Dehnung reduziert werden.

[0008] Darüber hinaus soll ein solcher Kupferlegierungsdraht auch in Bezug auf seine Herstellbarkeit hervorragend sein.

[0009] Wie in den Patentschriften 1 und 2 beschrieben, beinhaltet ein Herstellungsverfahren für den oben beschriebenen dünnen Walzdraht typischerweise den Schritt, bei dem ein dickes Material einem Drahtziehen unterzogen wird, und den Schritt, bei dem ein gezogenes Drahtmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen wird. Das dicke Material ist zum Beispiel ein Gussmaterial. Ein Gusswerkstoff gebildet aus der oben beschriebenen Kupferlegierung mit einer bestimmten Zusammensetzung kann eine Struktur aufweisen, in der eine Verbindung, die Eisen und Phosphor enthält, ungleichmäßig verteilt ist. Wenn das dicke Material, in dem die Verbindung ungleichmäßig verteilt ist, einem Drahtziehen unterzogen wird, ist es wahrscheinlich, dass während des Drahtziehens ein Drahtbruch auftritt, der von der Verbindung herrührt. Das Auftreten von Drahtbrüchen verringert die Produktivität des gezogenen Drahtmaterials, was schließlich die Produktivität eines dünnen Walzdrahtes verringert. Außerdem muss bei der Wärmebehandlung die Temperatur genau kontrolliert werden, um eine hohe Festigkeit zu erhalten und gleichzeitig die Dehnung zu verbessern. Auch dies kann die Produktivität von dünnem Walzdraht verringern.

[0010] Eines der Ziele der vorliegenden Offenbarung ist die Bereitstellung eines Kupferlegierungsdrahtes mit einem guten Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung. Der andere Zweck der vorliegenden Offenbarung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes, das in der Lage ist, einen Kupferlegierungsdraht mit einem guten Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung mit hoher Produktivität herzustellen.

[Vorteilhafte Effekte der vorliegenden Offenlegung]

[0011] Der Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung weist ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung auf. Das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der vorliegenden Offenbarung ist in der Lage, einen Kupferlegierungsdraht mit einem guten Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung mit hoher Produktivität herzustellen.

[Beschreibung der Ausführungsformen]

[0012] Zunächst werden die Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung aufgezählt.

(1) Ein Kupferlegierungsdraht nach einem Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung ist ein Walzdraht, der aus einer Kupferlegierung gebildet ist und aufweist

eine Zugfestigkeit von 400 MPa oder mehr,

eine Bruchdehnung von 5% oder mehr,

eine Leitfähigkeit von 60% IACS oder mehr und

einen Drahtdurchmesser von 0,5 mm oder weniger, wobei

die Kupferlegierung eine Zusammensetzung aufweist, die 0,05 Massen-% oder mehr und 1,6 Massen-% oder weniger Eisen, 0,01 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Phosphor und 0,05 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Zinn enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidbare Verunreinigungen sind,

die Kupferlegierung eine Struktur aufweist, die Kristalle enthält, und

ein Kristallkorngrößenunterschied, bestimmt als eine Differenz zwischen einer maximalen Kristallkorngröße und einer minimalen Kristallkorngröße in einem Querschnitt, 1,0 μm oder weniger beträgt.

[0013] Der Querschnitt bezieht sich hier auf einen Schnitt, der durch Schneiden eines langgestreckten Materials wie etwa eines Kupferlegierungsdrahtes oder eines später beschriebenen extrudierten Materials durch eine Ebene orthogonal zur Längsrichtung des langgestreckten Materials erhalten wird.

[0014] Der Drahtdurchmesser bezieht sich hier auf den Durchmesser eines Kreises mit der gleichen Fläche wie die Querschnittsfläche eines Kupferlegierungsdrahtes. Die Querschnittsfläche eines Kupferlegierungsdrahtes bezieht sich auf die Fläche des Querschnitts eines Kupferlegierungsdrahtes.

[0015] Eine Struktur, deren oben beschriebener Kristallkorngrößenunterschied 1,0 μm oder weniger beträgt, weist eine gleichmäßigere Kristallgröße auf als eine Struktur, deren oben beschriebener Kristallkorngrößenunterschied mehr als 1,0 μm beträgt. Der Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung weist eine Struktur auf, die Kristalle mit gleichmäßiger Größe enthält, und daher ist eine Verringerung der mechanischen Eigenschaften, die aus Schwankungen der Kristallgröße resultiert, im Vergleich zu einem Kupferlegierungsdraht mit der oben beschriebenen Struktur, die Kristalle mit ungleichmäßiger Größe enthält, weniger wahrscheinlich. Daher weist der Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung ein gutes Gleichgewicht zwischen hoher Zugfestigkeit und hoher Bruchdehnung auf. Aus diesem Grund weist der Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung auf. Darüber hinaus hat der Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung eine Leitfähigkeit von 60% IACS oder mehr. Ein solcher Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung kann in geeigneter Weise für einen Leiter eines ummantelten Drahtes verwendet werden.

[0016] Ferner kann der Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung durch ein Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der vorliegenden Offenbarung, das später beschrieben wird, mit hoher Produktivität hergestellt werden. Aus diesem Grund ist der Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung auch in der Herstellbarkeit ausgezeichnet.

[0017] (2) In dem Kupferlegierungsdraht nach obigem (1) kann die Zusammensetzung der Kupferlegierung weniger als 0,001 Massen-% an Kohlenstoff enthalten.

[0018] Wie oben beschrieben, weist der Kupferlegierungsdraht eine hohe Zugfestigkeit auf, auch wenn er im Wesentlichen keinen Kohlenstoff enthält. In einem Herstellungsverfahren ist Kohlenstoff als Rohmaterial des

Kupferlegierungsdrahtes nicht erforderlich. Daher ist der Kupferlegierungsdraht in der Herstellbarkeit ausgezeichnet, da ein Schritt zum Hinzufügen von Kohlenstoff oder dergleichen nicht erforderlich ist.

[0019] (3) In dem Kupferlegierungsdraht nach obigen (1) oder (2) kann das Massengehaltsverhältnis von Eisen zu Phosphor 1,0 oder mehr und 30 oder weniger betragen.

[0020] Bei einem Gehalt von 1,0 oder mehr weist der Kupferlegierungsdraht eine ausgezeichnete Festigkeit auf. Bei einem Gehalt von 30 oder weniger ist eine Verringerung der mechanischen Eigenschaften des Kupferlegierungsdrahtes aufgrund von Schwankungen der Kristallgröße weniger wahrscheinlich.

[0021] (4) Der Kupferlegierungsdraht nach einem der obigen (1) bis (3) kann einen Kaltverfestigungskoeffizienten von 0,1 oder mehr aufweisen.

[0022] Mit einem Kaltverfestigungskoeffizienten von 0,1 oder mehr wird der Kupferlegierungsdraht leicht kaltverfestigt und eignet sich daher als Leiter eines ummantelten Drahtes mit Anschluss, der später beschrieben wird.

[0023] (5) Ein ummantelter Draht nach einem Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung beinhaltet einen Leiter und eine Isolierschicht, die eine Peripherie des Leiters bedeckt, wobei der Leiter einen Kupferlegierungslitzendraht beinhaltet und der Kupferlegierungslitzendraht den Kupferlegierungsdraht nach einem der obigen (1) bis (4) beinhaltet.

[0024] Da er den Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung beinhaltet, hat der Kupferlegierungslitzendraht ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung. Darüber hinaus ist der Kupferlegierungslitzendraht mehr ausgezeichnet auch in Widerstand gegen wiederholtes Biegen und Widerstand gegen Einschlag im Vergleich zu einem einzigen Kupferlegierungsdraht. Da er den Kupferlegierungsdraht nach der vorliegenden Offenbarung beinhaltet, ist der Kupferlegierungslitzendraht auch hinsichtlich der Leitfähigkeit ausgezeichnet. Ein solcher Kupferlegierungslitzendraht wie oben beschrieben kann in geeigneter Weise für einen Leiter eines ummantelten Drahtes verwendet werden.

[0025] Da er den Kupferlegierungslitzendraht als einen Leiter enthält, weist der ummantelte Draht nach der vorliegenden Offenbarung ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung auf. Ferner ist der ummantelte Draht nach der vorliegenden Offenbarung auch im Widerstand gegen wiederholtes Biegen und Widerstand gegen Einschlag ausgezeichnet. Da er den Kupferlegierungslitzendraht als einen Leiter enthält, ist der ummantelte Draht nach der vorliegenden Offenbarung auch hinsichtlich der Leitfähigkeit ausgezeichnet.

[0026] (6) Ein ummantelter Draht mit Anschluss nach einem Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung beinhaltet den ummantelten Draht nach obigem (5) und einen Anschluss, der an mindestens einem der Enden des ummantelten Drahtes angebracht ist.

[0027] Da er den Kupferlegierungslitzendraht als einen Leiter des ummantelten Drahtes beinhaltet, weist der ummantelte Draht mit Anschluss nach der vorliegenden Offenbarung ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung auf. Darüber hinaus ist der ummantelte Draht mit Anschluss nach der vorliegenden Offenbarung auch im Widerstand gegen wiederholte Biegung und Widerstand gegen Einschlag ausgezeichnet. Da er den Kupferlegierungslitzendraht als einen Leiter des ummantelten Drahtes beinhaltet, ist der ummantelte Draht mit Anschluss nach der vorliegenden Offenbarung auch hinsichtlich der Leitfähigkeit ausgezeichnet.

[0028] (7) Ein Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach einem Gesichtspunkt der vorliegenden Offenbarung beinhaltet:

einen ersten Schritt, bei dem ein Gussmaterial gebildet aus einer Kupferlegierung durch Stranggießen hergestellt wird;

einen zweiten Schritt, bei dem das Gussmaterial einer konformen Extrusion unterzogen wird, um ein lineares extrudiertes Material herzustellen;

einen dritten Schritt, bei dem das extrudierte Material einem Drahtziehen unterzogen wird, um ein gezogenes Drahtmaterial herzustellen; und

einen vierten Schritt, bei dem das gezogene Drahtmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen wird, um ein wärmebehandeltes Material herzustellen, wobei

die Kupferlegierung eine Zusammensetzung aufweist, die 0,05 Massen-% oder mehr und 1,6 Massen-% oder weniger Eisen, 0,01 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Phosphor und 0,05 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Zinn enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidbare Verunreinigungen sind,

eine Verringerung der Fläche durch die konforme Extrusion um 50% oder mehr beträgt,

eine Temperatur des extrudierten Materials unmittelbar nach der konformen Extrusion 350°C oder mehr beträgt, und

die Temperatur bei der Wärmebehandlung 350°C oder mehr beträgt.

[0029] Die Flächenverringerng durch konforme Extrusion bezieht sich hier auf ein Verhältnis, das durch Division einer Differenz zwischen der Querschnittsfläche des Gussmaterials und der Querschnittsfläche des extrudierten Materials durch die Querschnittsfläche des Gussmaterials bestimmt wird, und das Verhältnis wird in Prozent (%) ausgedrückt. Die Querschnittsfläche des Gussmaterials bezieht sich auf die Querschnittsfläche des Gussmaterials. Die Querschnittsfläche des extrudierten Materials bezieht sich auf die Querschnittsfläche des extrudierten Materials.

[0030] Unter der Temperatur des extrudierten Materials unmittelbar nach der konformen Extrusion wird hier die Oberflächentemperatur des extrudierten Materials an einem unten beschriebenen Punkt verstanden. Der Punkt ist 50 mm entfernt vom Auslass des extrudierten Materials in einem konformen Extruder in Längsrichtung des extrudierten Materials lokalisiert.

[0031] Das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der vorliegenden Offenbarung ist in der Lage, einen Kupferlegierungsdraht herzustellen, der ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung aufweist. Darüber hinaus ist der hergestellte Kupferlegierungsdraht auch in der Leitfähigkeit ausgezeichnet. Einer der Gründe dafür ist, dass das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der vorliegenden Offenbarung in der Lage ist, Schwankungen in der Kristallgröße der Struktur einer Kupferlegierung, die einen Kupferlegierungsdraht bildet, zu reduzieren. Quantitativ ist das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der vorliegenden Offenbarung in der Lage, einen Kupferlegierungsdraht mit einer Zugfestigkeit von 400 MPa oder mehr, einer Bruchdehnung von 5% oder mehr und einem oben beschriebenen Kristallkorngrößenunterschied von 1,0 µm oder weniger herzustellen. Außerdem hat der Kupferlegierungsdraht eine Leitfähigkeit von 60% IACS oder mehr. Bei dem Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der vorliegenden Offenbarung kann die Gießgeschwindigkeit (m/min) im ersten Schritt relativ hoch gewählt werden. Wenn die Gießgeschwindigkeit höher ist, wird ein Gussmaterial effizienter in Massenmengen hergestellt. Im zweiten Schritt kann ein langes extrudiertes Material hergestellt werden. Das heißt, ein extrudiertes Material kann auch in Massenmengen hergestellt werden. Im dritten Schritt, wie später beschrieben, ist die Wahrscheinlichkeit eines Drahtbruchs während des Drahtziehens geringer. Das heißt, ein gezogenes Drahtmaterial kann auch in Massenmengen hergestellt werden. Im vierten Schritt kann ein relativ breiter Temperaturbereich für die Wärmebehandlung genutzt werden, der 350°C oder mehr beträgt. Dadurch lassen sich die Bedingungen für die Wärmebehandlung leicht steuern. Aus diesen Gründen ist das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der vorliegenden Offenbarung in der Lage, einen Kupferlegierungsdraht mit einem guten Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung mit hoher Produktivität herzustellen.

[0032] Das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der vorliegenden Offenbarung basiert auf den im Folgenden beschriebenen Erkenntnissen.

[0033] In einem Fall, in dem ein Gussmaterial, das aus der oben beschriebenen Kupferlegierung mit einer bestimmten Zusammensetzung gebildet ist, durch Stranggießen hergestellt wird, ist es wahrscheinlicher, dass eine Verbindung, die Eisen und Phosphor enthält, ungleichmäßig in dem Gussmaterial verteilt wird, wenn die Gießgeschwindigkeit (m/min) höher ist. Wenn ein solches Gussmaterial einem Drahtziehen unterzogen wird und dann ein hergestelltes gezogenes Drahtmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen wird, kann die Verbindung ungewöhnlich wachsen. Das heißt, die Struktur nach der Wärmebehandlung ist möglicherweise keine Struktur, in der kleine Teilchen der Verbindung dispergiert sind, sondern eine Struktur, in der grobe Teilchen der Verbindung beinhaltet und ungleichmäßig verteilt sind. In einer solchen Struktur nach der Wärmebehandlung können sich lokal grobe Kristalle bilden. Das heißt, die Struktur weist nach der Wärmebe-

handlung große Schwankungen in der Kristallgröße auf. Solche groben Kristalle können zu einer Verringerung der mechanischen Eigenschaften, insbesondere der Dehnung, führen.

[0034] Wird das Gussmaterial hingegen einer konformen Extrusion unterzogen, die eine bestimmte Flächenverringerung bewirkt, und wird das hergestellte extrudierte Material anschließend einer bestimmten Wärmebehandlung unterzogen, weist die Struktur nach der Wärmebehandlung geringe Schwankungen der Kristallgröße auf. Der Grund dafür kann wie folgt angenommen werden. Durch das konforme Extrudieren, mit dem eine spezifische Flächenreduzierung erreicht wird, werden Extrusionsdruck und Verarbeitungswärme auf das Gussmaterial aufgebracht. Eine solche Anwendung von Druck und Wärme bricht eine Gussstruktur. Auch bei hohen Gießgeschwindigkeiten wird die Gussstruktur gebrochen. Durch das Brechen der Gussstruktur kann die Verbindung als kleine Teilchen im Gefüge dispergiert werden. Selbst wenn ein extrudiertes Material mit einer solchen Struktur einem Drahtziehen unterzogen wird und dann ein hergestelltes gezogenes Drahtmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen wird, kann verhindert werden, dass grobe Kristallkörner lokal erzeugt werden. Das heißt, die Struktur nach der Wärmebehandlung ist eine Struktur mit Kristallen einheitlicher Größe.

[Details der Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung]

[0035] Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im Einzelnen beschrieben. In den Zeichnungen bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleichnamige Komponenten.

(Kupferlegierungsdraht)

(Kurzbeschreibung)

[0036] Ein Kupferlegierungsdraht 1 nach einer Ausführungsform ist ein dünner Walzdraht gebildet aus einer Kupferlegierung. Die Kupferlegierung hat eine Zusammensetzung, die, wenn die Menge der Kupferlegierung als 100 Massen-% angenommen wird, 0,05 Massen-% oder mehr und 1,6 Massen-% oder weniger Eisen, 0,01 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Phosphor und 0,05 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Zinn enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidbare Verunreinigungen sind. Wie in **Fig. 7** dargestellt, weist die Kupferlegierung eine Struktur auf, die Kristalle 11 enthält. Insbesondere hat der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform einen Kristallkorngrößenunterschied von 1,0 µm oder weniger, bestimmt als eine Differenz zwischen einer maximalen Kristallkorngröße und einer minimalen Kristallkorngröße in einem Querschnitt. Wie später beschrieben, weist der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform mit der oben beschriebenen spezifischen Zusammensetzung und Struktur ein gutes Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung auf. Darüber hinaus ist der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform auch in der Leitfähigkeit hervorragend. Ein solcher Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform kann in geeigneter Weise für einen Leiter 31 eines solchen ummantelten Drahtes 3 verwendet werden, wie er in **Fig. 4** und **Fig. 5** dargestellt ist.

[0037] Nachfolgend werden die Zusammensetzung der Kupferlegierung, die Struktur der Kupferlegierung, ein Drahtdurchmesser und die Eigenschaften der Reihe nach beschrieben.

[0038] In der folgenden Beschreibung können die Elemente durch ihre Atomsymbole dargestellt werden. Cu bedeutet Kupfer. Fe bedeutet Eisen. P bedeutet Phosphor. Sn bedeutet Zinn.

(Zusammensetzung)

[0039] Die Kupferlegierung, die den Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform bildet, ist eine Legierung auf Kupferbasis, die den größten Anteil an Kupfer enthält und als Additivelemente Eisen, Phosphor und Zinn in Mengen innerhalb der oben genannten Bereiche aufweist.

<Eisen>

[0040] Wenn der Gehalt an Eisen 0,05 Massen-% oder mehr beträgt, wird eine Verbindung aus Eisen und Phosphor gebildet. Wenn die Verbindung in Kupfer als Mutterphase ausgefällt wird, wird der Effekt der Verbesserung der Festigkeit durch Ausscheidungshärtung erzielt. Außerdem werden bei der Bildung der Verbindung die in Kupfer fest gelösten Mengen an Eisen und Phosphor reduziert. Aus diesen Gründen ist der Kupferlegierungsdraht 1 sowohl in Bezug auf die Leitfähigkeit als auch auf die Festigkeit ausgezeichnet. Wenn

der Gehalt an Eisen 1,6 Massen-% oder weniger beträgt, kann eine Struktur erhalten werden, in der kleine Teilchen der Verbindung dispergiert sind. Daher hat der Kupferlegierungsdraht 1, wie in **Fig. 7** gezeigt, eine Struktur, die Kristalle 11 mit geringen Größenschwankungen enthält, d. h. eine Struktur, die Kristalle 11 mit gleichmäßiger Größe enthält. Aus diesem Grund weist der Kupferlegierungsdraht 1 auch eine ausgezeichnete Dehnbarkeit auf. In einem Herstellungsprozess wird das Auftreten von Drahtbrüchen, die aus der Verbindung resultieren, reduziert. Aus diesem Grund lässt ist der Kupferlegierungsdraht 1 auch in der Herstellbarkeit ausgezeichnet.

[0041] Der Gehalt an Eisen kann 0,08 Massen-% oder mehr und 1,5 Massen-% oder weniger, 0,09 Massen-% oder mehr und 1,2 Massen-% oder weniger, oder 0,1 Massen-% oder mehr und 1,0 Massen-% oder weniger betragen. Ein solcher Kupferlegierungsdraht 1 weist ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung auf und ist sowohl in Bezug auf die Herstellbarkeit als auch auf die Leitfähigkeit ausgezeichnet.

<Phosphor>

[0042] Wenn der Gehalt an Phosphor 0,01 Massen-% oder mehr beträgt, wird eine Verbindung aus Eisen und Phosphor gebildet. Wie oben beschrieben, ermöglicht die Verbindung den Effekt der Verbesserung der Festigkeit durch Ausscheidungshärtung und den Effekt der Verringerung der Mengen an Phosphor und Eisen in fester Lösung. Wenn der Gehalt an Phosphor 0,7 Massen-% oder weniger beträgt, erhält man eine Struktur, in der kleine Teilchen der Verbindung dispergiert sind. Daher weisen die Kristalle 11, wie oben beschrieben, geringe Größenschwankungen auf. Darüber hinaus wird in einem Herstellungsverfahren das Auftreten von Drahtbrüchen aufgrund der Verbindung reduziert. Es ist zu beachten, dass ein Teil des Phosphors als Desoxidationsmittel fungieren kann, d. h. als Phosphoroxid in der Mutterphase enthalten ist.

[0043] Der Gehalt an Phosphor kann 0,02 Massen-% oder mehr und 0,6 Massen-% oder weniger, 0,03 Massen-% oder mehr und 0,5 Massen-% oder weniger, oder 0,05 Massen-% oder mehr und 0,4 Massen-% oder weniger betragen. Ein solcher Kupferlegierungsdraht 1 weist ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung auf und ist sowohl in Bezug auf die Herstellbarkeit als auch auf die Leitfähigkeit ausgezeichnet.

<Fe/P>

[0044] Das Massengehaltsverhältnis von Eisen zu Phosphor, Fe/P, kann 1,0 oder mehr und 30 oder weniger betragen. Wenn Fe/P größer ist, wird der Effekt der Verbesserung der Festigkeit durch Ausscheidungshärtung in zufriedenstellenderer Weise erreicht. Bei einem Fe/P-Wert von 2,0 oder mehr werden sowohl die Leitfähigkeit als auch die Festigkeit tendenziell verbessert. Bei einem Fe/P-Wert von 30 oder weniger wird verhindert, dass sich Eisen als grober Niederschlag ablagert. Dadurch kann eine Struktur erreicht werden, in der kleine Teilchen eines Niederschlags, der die oben beschriebene Verbindung enthält, dispergiert sind. Daher werden Schwankungen in der Kristallgröße verhindert. In einem Herstellungsverfahren wird das Auftreten von Drahtbrüchen, die durch die oben beschriebene Ausfällung verursacht werden, reduziert. Unter dem Gesichtspunkt der Verbesserung von Festigkeit, Leitfähigkeit, Produktivität und dergleichen kann Fe/P 2,0 oder mehr und 20 oder weniger, 2,2 oder mehr und 20 oder weniger oder 3,0 oder mehr und 15 oder weniger betragen.

<Zinn>

[0045] Wenn der Gehalt an Zinn 0,05 Massen-% oder mehr beträgt, wird der Effekt der Verbesserung der Festigkeit durch die feste-Lösungs-Verstärkung durch Zinn erzielt. Wenn der Gehalt an Zinn 0,7 Massen-% oder weniger beträgt, wird eine Verringerung der Leitfähigkeit infolge einer übermäßigen festen Lösung von Zinn verhindert. Außerdem wird eine Verringerung der plastischen Formbarkeit infolge einer übermäßigen festen Lösung von Zinn verhindert. Daher kann z.B. in einem Herstellungsprozess die plastische Verformung, wie etwa durch Extrudieren oder Drahtziehen, zufriedenstellend durchgeführt werden.

[0046] Der Gehalt an Zinn kann 0,05 Massen-% oder mehr und 0,6 Massen-% oder weniger, 0,05 Massen-% oder mehr und 0,5 Massen-% oder weniger, oder 0,1 Massen-% oder mehr und 0,5 Massen-% oder weniger betragen. Ein solcher Kupferlegierungsdraht 1 weist ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung auf und ist sowohl in Bezug auf die Herstellbarkeit als auch auf die Leitfähigkeit ausgezeichnet.

<Andere Elemente>

[0047] Die Kupferlegierung, die den Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform bildet, kann eine Zusammensetzung aufweisen, die 0,001 Massen-% oder mehr und 0,05 Massen-% oder weniger Kohlenstoff enthält. Kohlenstoff hat einen desoxidierenden Effekt auf Eisen, Phosphor und Zinn. Wenn die Kupferlegierung Kohlenstoff in einer Menge innerhalb des oben genannten Bereichs enthält, erleichtert der Desoxidationseffekt die Bildung einer Verbindung aus Eisen und Phosphor und die Bildung einer festen Lösung von Zinn in Kupfer. Der Gehalt an Kohlenstoff kann 0,001 Massen-% oder mehr und 0,03 Massen-% oder weniger oder 0,003 Massen-% oder mehr und 0,015 Massen-% oder weniger betragen.

[0048] Andererseits kann die Kupferlegierung, die den Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform bildet, eine Zusammensetzung aufweisen, die im Wesentlichen keinen Kohlenstoff enthält. Quantitativ kann die Zusammensetzung der Kupferlegierung weniger als 0,001 Massen-% an Kohlenstoff enthalten. Selbst in einem solchen Fall weist der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform ein gutes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung auf und ist auch in Bezug auf die Leitfähigkeit ausgezeichnet. Wenn der Gehalt weniger als 0,001 Massen-% beträgt, ist Kohlenstoff als ein Rohmaterial für den Kupferlegierungsdraht 1 in einem Herstellungsverfahren nicht erforderlich. Daher ist der Kupferlegierungsdraht 1 in der Herstellbarkeit hervorragend, da ein Schritt zum Hinzufügen von Kohlenstoff oder dergleichen nicht erforderlich ist. Die Kosten für ein Rohmaterial werden ebenfalls reduziert.

(Struktur)

[0049] Wie in **Fig. 7** dargestellt, weist die Kupferlegierung, die den Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform bildet, eine Struktur auf, die Kristalle 11 und eine Verbindung 15 enthält. Die Kristalle 11 enthalten hauptsächlich Kupfer. Die Verbindung 15 enthält Eisen und Phosphor. In der oben beschriebenen Struktur haben die Kristalle 11 geringe Größenschwankungen. Außerdem sind in der oben beschriebenen Struktur relativ kleine Teilchen der Verbindung 15 gleichmäßig dispergiert. In **Fig. 7** ist die Verbindung 15 als Teilchen gezeigt, die durch schwarze Punkte dargestellt sind, und in **Fig. 8**, die später beschrieben wird, ist eine grobe Verbindung 150 als Teilchen gezeigt, die durch schwarze Punkte dargestellt sind.

<Kristallkorngrößenunterschied>

[0050] Quantitativ weist der Kupferlegierungsdraht 1 in seinem Querschnitt einen Kristallkorngrößenunterschied von 1,0 μm oder weniger auf. Wenn der Kristallkorngrößenunterschied 1,0 μm oder weniger beträgt, sind die Kristalle 11 gleichmäßiger in ihrer Größe im Vergleich zu einem Fall, in dem der Kristallkorngrößenunterschied mehr als 1,0 μm beträgt. Der Kupferlegierungsdraht 1 enthält im Wesentlichen keine groben Kristalle 110, wie in **Fig. 8** gezeigt. Daher wird eine Verringerung der mechanischen Eigenschaften, insbesondere eine Verringerung der Dehnung, die durch grobe Kristalle 110 verursacht wird, verhindert. Außerdem werden Brüche verhindert, die durch grobe Kristalle 110 als Ausgangspunkt für Risse verursacht werden. Eine Verringerung der Zugfestigkeit infolge des Bruchs, eine Verringerung der Widerstandsfähigkeit gegen wiederholtes Biegen, eine Verringerung der Schlagfestigkeit und dergleichen werden ebenfalls verhindert. Aus diesen Gründen weist der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform ein gutes Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung auf. Unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung einer Verringerung der mechanischen Eigenschaften und unter ähnlichen Gesichtspunkten kann der Kristallkorngrößenunterschied 0,9 μm oder weniger, 0,8 μm oder weniger oder 0,7 μm oder weniger betragen.

[0051] Der untere Grenzwert für den Kristallkorngrößenunterschied ist idealerweise Null. Wenn der Kristallkorngrößenunterschied jedoch beispielsweise 0,1 μm oder mehr beträgt, lassen sich die Herstellungsbedingungen des Kupferlegierungsdrahtes 1 leicht kontrollieren. Unter dem Gesichtspunkt der Verhinderung einer Verringerung der mechanischen Eigenschaften und der Verbesserung der Produktivität, kann der Kristallkorngrößenunterschied 0,1 μm oder mehr und 1,0 μm oder weniger, 0,1 μm oder mehr und 0,9 μm oder weniger, oder 0,2 μm oder mehr und 0,8 μm oder weniger betragen.

[0052] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** und **Fig. 3** wird im Folgenden ein Verfahren zur Messung der Kristallkorngrößendifferenz beschrieben. Der Kupferlegierungsdraht 1 wird an einer beliebigen Stelle platziert, um einen Querschnitt aufzunehmen. Der Querschnitt wird mit einem Rasterelektronenmikroskop (SEM) betrachtet. Die Vergrößerung der Beobachtung beträgt beispielsweise 1.000-fach oder mehr und 50.000-fach oder weniger.

[0053] Wie in **Fig. 2** gezeigt, werden zwei Sichtfelder α und β vom Querschnitt aufgenommen. Jedes der Sichtfelder α und β hat eine rechteckige Form und eine Größe von $25 \mu\text{m} \times 15 \mu\text{m}$. Das Sichtfeld α wird vom zentralen Bereich des Querschnitts aufgenommen. Das Sichtfeld β wird von einem Bereich nahe der Peripherie des Querschnitts aufgenommen. Der zentrale Bereich ist ein Bereich, der einen Punkt beinhaltet, der die Hälfte des Drahtdurchmessers D des Kupferlegierungsdrahtes 1 ausmacht, d. h. der Drahtdurchmesser $D/2$ entfernt von einem im Querschnitt dargestellten Rand 12 des Kupferlegierungsdrahtes 1. Der Bereich in der Nähe der Peripherie ist ein Bereich, der einen Punkt mit dem Drahtdurchmesser $D/10$ entfernt von dem Rand 12 beinhaltet. Wenn der Kupferlegierungsdraht 1 ein Runddraht ist, ist der „Punkt Drahtdurchmesser $D/2$ entfernt von dem Rand 12“ der Mittelpunkt eines von dem Rand 12 gezogenen Kreises. Der „Punkt Drahtdurchmesser $D/10$ entfernt von dem Rand 12“ ist ein Punkt auf dem Umfang eines Kreises, dessen Mittelpunkt derselbe ist wie der von dem Rand 12 gezogene Kreis und dessen Radius $0,4 \times D$ beträgt.

[0054] Wie in **Fig. 3** gezeigt, wird eine gerade Linie parallel zur langen Seite jedes der Sichtfelder α und β gezogen. In **Fig. 3** ist die gerade Linie durch eine dicke durchgezogene Linie dargestellt. Im Sichtfeld α wird die Gerade so gezeichnet, dass sie durch den „Punkt Drahtdurchmesser $D/2$ entfernt“ verläuft. Im Sichtfeld β geht die Gerade durch den „Punkt Drahtdurchmesser $D/10$ entfernt“. Die gerade Linie hat eine Länge L von $15 \mu\text{m}$. Der Schnittpunkt der geraden Linie mit einer Kristallkorngrenze 14 wird genommen. In **Fig. 3** sind die Schnittpunkte $P1$, $P2$, $P3$ und $P4$ als Beispiele gezeigt. Die Länge zwischen benachbarten Schnittpunkten wird entlang der Geraden gemessen. In **Fig. 3** werden eine Länge $L1$ zwischen den Schnittpunkten $P1$ und $P2$, eine Länge $L2$ zwischen den Schnittpunkten $P2$ und $P3$ und eine Länge $L3$ zwischen den Schnittpunkten $P3$ und $P4$ gemessen. Die Länge zwischen benachbarten Schnittpunkten wird als eine Kristallkorngöße definiert. In jedem der Sichtfelder α und β werden eine maximale Kristallkorngöße und eine minimale Kristallkorngöße bestimmt, und $(\text{maximale Korngöße} - \text{minimale Korngöße})/2$ wird ferner bestimmt, indem eine Differenz zwischen der maximalen Korngöße und der minimalen Korngöße durch 2 geteilt wird. Die Kristallkorngößendifferenz wird als Durchschnitt zweier ermittelter Werte bestimmt, d. h. $\{(\text{maximale Korngöße} - \text{minimale Korngöße}) \text{ des Sichtfelds } \alpha/2 + (\text{maximale Korngöße} - \text{minimale Korngöße}) \text{ des Sichtfelds } \beta/2\}/2$. Es sei darauf hingewiesen, dass in **Fig. 2** und **Fig. 3** die Sichtfelder α und β praktisch durch eine Strich-Punkt-Punkt-Linie dargestellt sind. In **Fig. 3** wurde die Schraffur weggelassen.

(Drahtdurchmesser)

[0055] Der Drahtdurchmesser D des Kupferlegierungsdrahtes 1 nach dieser Ausführungsform beträgt $0,5 \text{ mm}$ oder weniger. Ein solcher Kupferlegierungsdraht 1 wird üblicherweise hergestellt, indem das oben beschriebene dicke Material einem Drahtziehen unterzogen wird, um einen Drahtdurchmesser von $0,5 \text{ mm}$ oder weniger zu erreichen. Wenn der Drahtdurchmesser D $0,5 \text{ mm}$ oder weniger beträgt, wird der Effekt der Verbesserung der Festigkeit durch die Kaltverfestigung erzielt, die durch das Drahtziehen in einem Herstellungsverfahren verursacht wird. Aus diesem Grund kann der Kupferlegierungsdraht 1 eine hohe Festigkeit aufweisen. Der Drahtdurchmesser D kann in Abhängigkeit vom Verwendungszweck des Kupferlegierungsdrahtes 1 gewählt werden. Der Drahtdurchmesser D kann $0,4 \text{ mm}$ oder weniger, $0,35 \text{ mm}$ oder weniger, oder $0,3 \text{ mm}$ oder weniger betragen. Der untere Grenzwert für den Drahtdurchmesser D ist nicht festgelegt. Wenn der Drahtdurchmesser D jedoch z. B. $0,01 \text{ mm}$ oder mehr beträgt, lassen sich die Herstellungsbedingungen des Kupferlegierungsdrahtes 1 leicht kontrollieren. Unter dem Gesichtspunkt der Verbesserung der Festigkeit und Produktivität, kann der Drahtdurchmesser D $0,01 \text{ mm}$ oder mehr und $0,5 \text{ mm}$ oder weniger, $0,05 \text{ mm}$ oder mehr und $0,4 \text{ mm}$ oder weniger oder $0,1 \text{ mm}$ oder mehr und $0,35 \text{ mm}$ oder weniger betragen.

(Form)

[0056] Die Querschnittsform des Kupferlegierungsdrahtes 1 nach dieser Ausführungsform ist nicht begrenzt. Ein typisches Beispiel für einen Kupferlegierungsdraht 1 ist ein Runddraht mit kreisförmigem Querschnitt. **Fig. 1** und **Fig. 2** veranschaulichen einen Fall, in dem der Kupferlegierungsdraht 1 ein Runddraht ist. Die Querschnittsform kann zum Beispiel eine viereckige Form wie etwa eine rechteckige Form, eine vieleckige Form wie etwa eine sechseckige Form oder eine gekrümmte Oberflächenform wie etwa eine elliptische Form sein.

[0057] Wenn der Kupferlegierungsdraht 1 ein Runddraht ist, ist der Drahtdurchmesser D der Durchmesser dieses Kreises.

(Eigenschaften)

<Zugfestigkeit>

[0058] Der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform hat eine Zugfestigkeit von 400 MPa oder mehr. Aus diesem Grund weist der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform eine ausgezeichnete Festigkeit auf. Unter dem Gesichtspunkt der Verbesserung der Festigkeit kann die Zugfestigkeit 410 MPa oder mehr, 430 MPa oder mehr, oder 450 MPa oder mehr betragen.

[0059] Die Zugfestigkeit ist nach oben hin nicht begrenzt. Ist die Zugfestigkeit jedoch höher, sind Bruchdehnung und Leitfähigkeit tendenziell niedriger. Unter dem Gesichtspunkt eines ausgewogenen Verhältnisses zwischen Festigkeit und Dehnung und guter Leitfähigkeit kann die Zugfestigkeit 800 MPa oder weniger, 780 MPa oder weniger oder 750 MPa oder weniger betragen.

[0060] Wenn die Zugfestigkeit 400 MPa oder mehr und 800 MPa oder weniger, 420 MPa oder mehr und 780 MPa oder weniger, 430 MPa oder mehr und 750 MPa oder weniger beträgt, weist der Kupferlegierungsdraht 1 eine ausgezeichnete Leitfähigkeit sowie ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Festigkeit und Dehnung auf.

[0061] Die später beschriebene Zugfestigkeit und Bruchdehnung sowie der Kaltverfestigungskoeffizient werden durch einen Zugversuch nach JIS Z 2241: 2011 gemessen.

<Bruchdehnung>

[0062] Der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform hat eine Bruchdehnung von 5% oder mehr. Aus diesem Grund weist der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform eine ausgezeichnete Dehnung auf. Unter dem Gesichtspunkt der Verbesserung der Dehnung kann die Bruchdehnung 6% oder mehr, 8% oder mehr oder 10% oder mehr betragen.

[0063] Die Obergrenze der Bruchdehnung ist nicht begrenzt. Wenn die Bruchdehnung jedoch höher ist, ist die Zugfestigkeit tendenziell geringer. Unter dem Gesichtspunkt eines ausgewogenen Verhältnisses zwischen Festigkeit und Dehnung kann die Bruchdehnung 30% oder weniger, 25% oder weniger oder 20% oder weniger betragen.

[0064] Wenn die Bruchdehnung 5% oder mehr und 30% oder weniger, 6% oder mehr und 25% oder weniger oder 10% oder mehr und 20% oder weniger beträgt, weist der Kupferlegierungsdraht 1 ein ausgezeichnetes Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung auf.

<Leitfähigkeit>

[0065] Der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform weist eine Leitfähigkeit von 60% IACS oder mehr auf. Aus diesem Grund weist der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform eine ausgezeichnete Leitfähigkeit auf. Unter dem Gesichtspunkt der Verbesserung der Leitfähigkeit kann die Leitfähigkeit 61% IACS oder mehr, 62% IACS oder mehr oder 65% IACS oder mehr betragen.

[0066] Die Obergrenze der Leitfähigkeit ist nicht begrenzt. Wenn die Leitfähigkeit jedoch höher ist, ist die Zugfestigkeit tendenziell geringer. Unter dem Gesichtspunkt einer zufriedenstellenden Festigkeit und Leitfähigkeit kann die Leitfähigkeit 95% IACS oder weniger, 90% IACS oder weniger oder 85% IACS oder weniger betragen.

[0067] Wenn die Leitfähigkeit 60% IACS oder mehr und 95% IACS oder weniger, 61% IACS oder mehr und 90% IACS oder weniger, 65% IACS oder mehr und 85% IACS oder weniger beträgt, ist der Kupferlegierungsdraht 1 sowohl in Bezug auf die Leitfähigkeit als auch auf die Festigkeit ausgezeichnet.

[0068] Die Leitfähigkeit wird mit einem Vier-Anschluss-Verfahren gemessen. Konkret wird der Widerstandswert eines Kupferlegierungsdrahtes mit einer Länge von 1 m nach JASO D618 gemessen. Die Leitfähigkeit kann als Kehrwert des Widerstandswertes bestimmt werden. Der Widerstandswert kann mit einer im Handel erhältlichen Vorrichtung gemessen werden.

<Kaltverfestigungskoeffizient>

[0069] Der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform hat einen Kaltverfestigungskoeffizienten von z. B. 0,1 oder mehr. Der Kaltverfestigungskoeffizient ist definiert als ein Exponent n der wahren Dehnung ϵ in einem nachstehend beschriebenen Ausdruck. Der Ausdruck lautet $\sigma = C \times \epsilon^n$ wobei σ die wahre Spannung und ϵ die wahre Dehnung in einem plastischen Dehnungsbereich zu dem Zeitpunkt ist, zu dem eine Last in einem Zugversuch in einer uniaxialen Richtung aufgebracht wird, und C ein Festigkeitsparameter ist. Der Exponent n wird durch Durchführen des oben beschriebenen Zugversuchs zum Anfertigen einer S-S-Kurve bestimmt. Falls erforderlich, kann für ein Verfahren zur Bestimmung des Kaltverfestigungskoeffizienten auf JIS G 2253:2011 verwiesen werden.

[0070] Wenn der Kaltverfestigungskoeffizient höher ist, lässt sich der Kupferlegierungsdraht 1 leichter kaltverfestigen. Wenn ein solcher Kupferlegierungsdraht 1 für den Leiter 31 eines ummantelten Drahtes mit Anschluss 4, wie in **Fig. 5** gezeigt, verwendet wird, wird erwartet, dass ein Abschnitt des Leiters 31, an dem ein Anschluss 45 angebracht ist, eine Festigkeit beibehält, die mit der eines Abschnitts des Leiters 31 vergleichbar ist, an dem der Anschluss 45 nicht angebracht ist. Aus diesem Grund kann der Kaltverfestigungskoeffizient 0,11 oder mehr, 0,12 oder mehr, oder 0,13 oder mehr betragen.

[Verwendungszweck des Kupferlegierungsdrahtes]

[0071] Der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform wird z. B. für einen Leiter 31 verwendet. Der Leiter 31 kann aus einem Kupferlegierungsdraht 1 als Einzeldraht oder aus einer Gruppe von Kupferlegierungsdrähten 1 gebildet sein. Die Anordnung ist zum Beispiel ein Litzendraht.

(Kupferlegierungslitzendraht)

[0072] Wie in **Fig. 4** gezeigt, wird ein Kupferlegierungslitzendraht 2 nach einer Ausführungsform durch Verseilung einer Vielzahl von Elementardrähten 21 gebildet. Mindestens einer der Elementardrähte 21 ist ein Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform. Ein Kupferlegierungslitzendraht 2 beinhaltet einen Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform als Elementardraht 21 und hat daher eine ausgezeichnete Leitfähigkeit sowie ein gutes Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung. Wenn alle Elementardrähte 21 nach der Ausführungsform Kupferlegierungsdrähte 1 sind, hat der Kupferlegierungslitzendraht 2 eine ausgezeichnete Leitfähigkeit sowie ein gutes Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung. Es ist zu beachten, dass der als Elementardraht 21 verwendete Kupferlegierungsdraht 1 die Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Leitfähigkeit des Kupferlegierungsdrahtes 1 nach der Ausführungsform auch nach der Verseilung im Wesentlichen beibehält.

[0073] **Fig. 4** zeigt einen Kupferlegierungslitzendraht 2, der durch konzentrische Verseilung von sieben Elementdrähten 21 gebildet wird. Die Anzahl der Elementdrähte 21 und das Verfahren der Verseilung sind nicht begrenzt. Bei dem Kupferlegierungslitzendraht 2 kann es sich um einen nicht dargestellten Kompressionslitzendraht handeln. Der Kompressionslitzendraht wird durch Verseilen einer Vielzahl von Elementardrähten 21 und anschließendes Komprimieren des resultierenden Litzendrahtes hergestellt. Der Kompressionslitzendraht hat eine kleinere Querschnittsfläche, einen kleineren Drahtdurchmesser und eine Querschnittsform, die näher an einem Kreis liegt als der in **Fig. 4** gezeigte unkomprimierte Kupferlegierungslitzendraht 2.

[Ummantelter Draht]

[0074] Wie in **Fig. 4** gezeigt, beinhaltet ein ummantelter Draht 3 nach einer Ausführungsform einen Leiter 31 und eine Isolierschicht 32. Die Isolierschicht 32 bedeckt den Umfang des Leiters 31. In einem Beispiel des ummantelten Drahtes 3 nach der Ausführungsform ist der Leiter 31 ein Kupferlegierungslitzendraht 2 nach der Ausführungsform. In einem anderen Beispiel für den ummantelten Draht 3 nach der Ausführungsform ist der Leiter 31 ein Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform als Einzeldraht. Ein weiteres Beispiel ist nicht gezeigt. Der ummantelte Draht 3 nach der Ausführungsform beinhaltet den Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform als Leiter 31 und hat daher eine ausgezeichnete Leitfähigkeit sowie ein gutes Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung.

[0075] Es ist zu beachten, dass die Querschnittsfläche und der Drahtdurchmesser des Leiters 31, das Bildungsmaterial und die Dicke der Isolierschicht 32 und dergleichen nicht begrenzt sind. Das Material, aus

dem die Isolierschicht 32 gebildet ist, ist ein bekanntes Material wie etwa Polyvinylchlorid (PVC), ein halogenfreies Harz oder ein flammfestes Material. Das halogenfreie Harz ist z. B. Polypropylen (PP).

[Ummantelter Draht mit Anschluss]

[0076] Wie in **Fig. 5** gezeigt, beinhaltet ein ummantelter Draht mit Anschluss 4 nach einer Ausführungsform einen ummantelten Draht 3 nach dieser Ausführungsform und einen Anschluss 45. Der Anschluss 45 ist an mindestens einem der Enden des ummantelten Drahtes 3 angebracht. Der ummantelte Draht mit Anschluss 4 nach der Ausführungsform beinhaltet den ummantelten Draht 3 nach der Ausführungsform und hat daher eine ausgezeichnete Leitfähigkeit sowie ein gutes Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung.

[0077] In **Fig. 5** ist ein Buchsenanschluss als ein Beispiel für den Anschluss 45 dargestellt. Dieser Buchsenanschluss beinhaltet ein Anschlussteil 451, einen Drahhülsesteil 452 und einen Isolierhülsesteil 453. Das Anschlussteil 451 ist elektrisch mit einem nicht dargestellten Steckeranschluss verbunden. In **Fig. 5** ist nur das Anschlussteil 451 in einer Schnittansicht dargestellt, die durch Schneiden des Anschlussteils 451 durch eine Ebene parallel zur Längsrichtung des ummantelten Drahtes 3 erhalten wurde. Das Drahhülsesteil 452 hält den Leiter 31. Das Isolierhülsesteil 453 hält die Isolierschicht 32.

[0078] Der Anschluss 45 ist nicht beschränkt. Der Anschluss 45 kann ein Steckeranschluss, ein Crimpanschluss oder dergleichen sein (nicht dargestellt). Der Anschluss 45 kann ein Anschluss sein, an dem eine Vielzahl an ummantelten Drähten 3 befestigt werden können.

[Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes]

[0079] Der Kupferlegierungsdraht 1 nach der Ausführungsform kann beispielsweise durch ein Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach einer unten beschriebenen Ausführungsform hergestellt werden. Das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der Ausführungsform beinhaltet einen ersten Schritt, einen zweiten Schritt, einen dritten Schritt und einen vierten Schritt, die nachstehend beschrieben werden, und erfüllt drei nachstehend beschriebene Bedingungen.

[0080] Der erste Schritt ist ein Schritt, bei dem ein Gussmaterial gebildet aus einer Kupferlegierung durch Stranggießen hergestellt wird. Die Kupferlegierung weist eine Zusammensetzung auf, die Eisen, Phosphor und Zinn in Mengen innerhalb der oben beschriebenen spezifischen Bereiche enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidliche Verunreinigungen sind. Die Einzelheiten der Zusammensetzung der Kupferlegierung sind wie oben beschrieben.

[0081] Der zweite Schritt ist ein Schritt, bei dem das Gussmaterial einer konformen Extrusion unterzogen wird, um ein lineares extrudiertes Material herzustellen.

[0082] Der dritte Schritt ist ein Schritt, bei dem das extrudierte Material einem Drahtziehen unterzogen wird, um ein gezogenes Drahtmaterial herzustellen.

[0083] Der vierte Schritt ist ein Schritt, bei dem das gezogene Drahtmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen wird, um ein wärmebehandeltes Material herzustellen.

<Bedingungen>

<<Flächenverkleinerung>> Die Flächenverkleinerung durch das konforme Extrudieren beträgt 50% oder mehr.

<<Extrusionstemperatur>> Die Temperatur des extrudierten Materials unmittelbar nach der konformen Extrusion beträgt 350°C oder mehr.

<<Wärmebehandlungstemperatur>> Die Temperatur der Wärmebehandlung beträgt 350°C oder mehr.

[0084] Das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der Ausführungsform verwendet als ein Material, das dem Drahtziehen unterworfen werden soll, ein extrudiertes Material, das hergestellt wird, indem ein Gussmaterial einer konformen Extrusion unterzogen wird, die unter den oben beschriebenen spezifischen Bedingungen durchgeführt wird. Daher ist das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der Ausführungsform in der Lage, Kupferlegierungsdraht 1 mit ausgezeichneter Leitfähigkeit sowie einem guten Gleichgewicht von Festigkeit und Dehnung mit hoher Produktivität aus den unten

beschriebenen Gründen <1> bis <4> herzustellen. Das oben beschriebene wärmebehandelte Material ist ein Beispiel für einen Kupferlegierungsdraht 1 nach dieser Ausführungsform.

<1> Eine Gießgeschwindigkeit (m/min) kann relativ hoch angesetzt werden. Aus diesem Grund kann ein Gussmaterial in Massenmengen hergestellt werden.

<2> Die konforme Extrusion kann ein langes extrudiertes Material herstellen. Aus diesem Grund kann ein extrudiertes Material auch in Massenmengen hergestellt werden.

<3> Wenn das extrudierte Material einem Drahtziehen unterzogen wird, ist es weniger wahrscheinlich, dass während des Drahtziehens Drahtbrüche auftreten. Außerdem kann das extrudierte Material kontinuierlich einem Drahtziehen unterzogen werden. Aus diesen Gründen kann ein gezogenes Drahtmaterial auch in Massenmengen hergestellt werden.

<4> Der für die Wärmebehandlung nutzbare Temperaturbereich ist relativ groß. Aus diesem Grund können die Bedingungen der Wärmebehandlung leicht kontrolliert werden.

[0085] Nachfolgend werden die einzelnen Schritte beschrieben.

<Erster Schritt>

[0086] Das Stranggießen kann nach einem bekannten Verfahren wie etwa einem Aufwärtsgießverfahren, einem Vertikalgießverfahren, einem Horizontalgießverfahren, einem Band- und Radverfahren oder einem Doppelbandverfahren erfolgen. Bei der Herstellung eines Gussmaterials wird eine Gießgeschwindigkeit (m/min) oder dergleichen eingestellt. Die Gießgeschwindigkeit (m/min) ist die Länge des hergestellten Gussmaterials pro Minute. Die Gießgeschwindigkeit wird z. B. in Abhängigkeit von der Zusammensetzung einer Kupferlegierung, der Größe des Gussmaterials, den Kühlbedingungen und den Bedingungen des intermittierenden Ziehens während des Gießens eingestellt. Die Gießgeschwindigkeit kann in geeigneter Weise gewählt werden. Wenn die Gießgeschwindigkeit z. B. mehr als 1,0 m/min oder 1,2 m/min oder mehr beträgt, ist die Menge des pro Zeiteinheit hergestellten Gussmaterials groß. Das heißt, ein Gussmaterial wird in Massenmengen hergestellt. Aus diesem Grund wird Kupferlegierungsdraht 1 mit hoher Produktivität hergestellt. Die Obergrenze der Gießgeschwindigkeit beträgt z. B. 4,0 m/min.

[0087] Die Größe des Gussmaterials wird so eingestellt, dass die konforme Extrusion im zweiten Schritt eine Flächenreduktion von 50% oder mehr erreichen kann. Der Drahtdurchmesser des Gussmaterials beträgt z. B. 8 mm oder mehr und 25 mm oder weniger. Der Drahtdurchmesser des Gussmaterials bezieht sich hier auf den Durchmesser eines Kreises mit der gleichen Fläche wie der Querschnitt des Gussmaterials. Das Gussmaterial ist z. B. ein Runddraht mit kreisförmigem Querschnitt. Das Gussmaterial kann z. B. ein quadratischer Draht mit rechteckigem Querschnitt sein, sofern er einer konformen Extrusion unterzogen werden kann.

<Zweiter Schritt>

[0088] Die konforme Extrusion kann mit einem bekannten konformen Extruder durchgeführt werden. Unter Bezugnahme auf **Fig. 6** wird im Folgenden der Grundriss eines konformen Extruders 70 beschrieben. Der konforme Extruder 70 beinhaltet ein Rad 71, eine Matrize 73, einen Schuh 74 und ein Anpressteil (Abutment) 75. Das Rad 71 ist eine drehbar gelagerte Scheibe. Das Rad 71 hat eine Umfangsfläche mit einer vertieften Rille 72. Die vertiefte Rille 72 ist eine Ringrille, die entlang der Umfangsrichtung des Rades 71 verläuft. Die vertiefte Rille 72 ist an der Umfangsfläche des Rades 71 offen. Der Schuh 74 ist so angeordnet, dass er dem Rad 71 gegenüberliegt. Der Schuh 74 deckt einen Teil der Öffnung der vertieften Rille 72 entlang der Umfangsrichtung des Rades 71 ab. Der Schuh 74 deckt den Rest der Öffnung nicht ab. Das Anpressteil 75 hat einen konvexen Teil. Das konvexe Teil wird in einer bestimmten Position in den Teil der vertieften Rille 72 eingesetzt, der mit dem Schuh 74 abgedeckt ist. Wie in **Fig. 6** dargestellt, blockiert das konvexe Teil einen Teil der vertieften Rille 72. Ein Material 100 wird in einen Raum eingeführt, der von der vertieften Rille 72, dem Schuh 74 und dem konvexen Teil umgeben ist. Die Matrize 73 drückt das in dem Raum angesammelte Material 100 heraus. Die Matrize 73 wird von einer Matrizenkammer 76 gehalten.

[0089] Wenn das Material 100 in die vertiefte Rille 72 des sich drehenden Rades 71 eingeführt wird, wird es durch die Reibungskraft zwischen dem Rad 71 und dem Material 100 sequentiell in den oben beschriebenen Raum gezogen. Das in den Raum gezogene Material 100 wird im Wesentlichen in dem Raum eingeschlossen, so dass im Material 100 ein Extrusionsdruck erzeugt wird. Durch diesen Extrusionsdruck kann das Material 100 sequentiell in den Raum gezogen werden. Das in den Raum geflossene Material 100 wird durch die

Matrize 73 in eine bestimmte Form extrudiert. Auf diese Weise wird ein extrudiertes Material 10 hergestellt. Das extrudierte Material 10 wird durch den Auslass eines extrudierten Materials im konformen Extruder 70, der hier einer Öffnung 77 des Schuhs 74 entspricht, ausgetragen. Es ist zu beachten, dass während der Extrusion Staub 101 aus dem Bereich zwischen dem Rad 71 und dem Anpressteil 75 ausgelassen wird. Der Staub 101 wird durch Schneiden mit einem nicht dargestellten Abstreifer entfernt.

<<Verringerung der Fläche>>

[0090] Die Flächenverringerng durch konformes Extrudieren beträgt 50% oder mehr. Die Flächenverringerng ist ein Verhältnis, das bestimmt wird, indem die Differenz zwischen der Querschnittsfläche des Gussmaterials, das dem Material 100 entspricht, und der Querschnittsfläche des extrudierten Materials 10 durch die Querschnittsfläche des Gussmaterials dividiert wird. Während der konformen Extrusion werden der oben beschriebene Extrusionsdruck und die durch die oben beschriebene Reibung entstehende Verarbeitungswärme auf das dem Material 100 entsprechende Gussmaterial aufgebracht. Wenn die Flächenverringerng 50% oder mehr beträgt, werden ein höherer Extrusionsdruck und eine höhere Verarbeitungswärme auf das Gussmaterial angewandt als in einem Fall, in dem die Flächenverringerng weniger als 50% beträgt. Durch diese Anwendung von Druck und Wärme bricht eine Gussstruktur. Insbesondere werden die Kristalle, die das extrudierte Material 10 bilden, kleiner als die Kristalle, die das Gussmaterial bilden. Auch die Anordnung der Kristalle verändert sich. Außerdem werden die Teilchen der oben beschriebenen Verbindung, die Eisen und Phosphor enthält, relativ klein und werden im extrudierten Material 10 ausgefällt, so dass sie gleichmäßig dispergiert sind. Das heißt, die Größe und Anordnung der Kristalle in der Struktur des extrudierten Materials 10 nach der Extrusion unterscheiden sich von denen in der Struktur des Gussmaterials vor der Extrusion, und die Verbindung wird als kleine Teilchen dispergiert. Da das extrudierte Material 10, das dem Drahtziehen unterzogen werden soll, eine solche Struktur aufweist, ist es selbst dann, wenn das gezogene Drahtmaterial nach dem Drahtziehen einer Wärmebehandlung unterzogen wird, weniger wahrscheinlich, dass das wärmebehandelte Material Schwankungen in der Kristallgröße aufweist. Da die Teilchen der Verbindung im extrudierten Material 10 klein sind, ist es außerdem weniger wahrscheinlich, dass die Verbindung während des Drahtziehens zum Ausgangspunkt für Risse wird. Wenn das extrudierte Material 10 dem Drahtziehen in einer Weise unterzogen wird, dass die Richtung des Drahtziehens parallel zur Extrusionsrichtung verläuft, ist es daher weniger wahrscheinlich, dass während des Drahtziehens ein Drahtbruch auftritt.

[0091] Wenn die Flächenverringerng höher ist, ist es wahrscheinlich, dass der Extrusionsdruck und die Verarbeitungswärme höher werden. Daher wird die Gussstruktur zufriedenstellend gebrochen. Schließlich weist das wärmebehandelte Material wahrscheinlich geringere Schwankungen in der Kristallgröße auf. Außerdem ist die Wahrscheinlichkeit eines Drahtbruchs während des Drahtziehens geringer. Aus diesen Gründen kann die Flächenverringerng 55% oder mehr, 60% oder mehr oder 70% oder mehr betragen.

[0092] Die Obergrenze für die Flächenverringerng ist nicht festgelegt. So kann die Flächenverringerng beispielsweise 50% oder mehr und 99% oder weniger, 55% oder mehr und 95% oder weniger oder 60% oder mehr und 90% oder weniger betragen.

<<Drahtdurchmesser von extrudiertem Material>>

[0093] Die Größe des extrudierten Materials 10 wird so eingestellt, dass die oben beschriebene Flächenverringerng 50% oder mehr beträgt. Der Drahtdurchmesser des extrudierten Materials 10 beträgt z. B. 2,5 mm oder mehr und weniger als 9,5 mm. Die Querschnittsfläche und der Drahtdurchmesser des Gussmaterials sowie die Fläche und der Durchmesser der Öffnung der Matrize 73 werden so eingestellt, dass das extrudierte Material 10 einen bestimmten Drahtdurchmesser hat. Die Fläche und der Durchmesser der Öffnung der Matrize 73 entsprechen jeweils der Querschnittsfläche und dem Drahtdurchmesser des extrudierten Materials 10.

<<Temperatur>>

[0094] Wie oben beschrieben, wird das Gussmaterial während des konformen Extrudierens durch Prozesswärme erwärmt. Ein solches Erwärmen erhöht die plastische Formbarkeit des Gussmaterials. Außerdem ermöglicht ein solches Erwärmen die Ausfällung der Verbindung. Wenn die Temperatur des extrudierten Materials 10 unmittelbar nach der konformen Extrusion 350°C oder mehr beträgt, ist es wahrscheinlich, dass der Effekt der Verbesserung der plastischen Formbarkeit zufriedenstellend erreicht wird, und ist es wahrscheinlich, dass die Verbindung in geeigneter Weise ausgefällt werden wird. Die Temperatur kann 350°C oder mehr und 550°C oder weniger, 380°C oder mehr und 500°C oder weniger, oder 400°C oder mehr und

500°C oder weniger betragen. Die Extrusionsgeschwindigkeit wird z. B. in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Kupferlegierung und der Flächenverkleinerung so eingestellt, dass die Temperatur 350°C oder mehr beträgt. Die Temperatur kann beispielsweise durch Erwärmen des Materials 100 oder durch Erwärmen oder Abkühlen eines Elements, das den konformen Extruder 70 bildet, wie etwa der Matrize 73, eingestellt werden. Die Temperatur des extrudierten Materials 10 unmittelbar nach der konformen Extrusion ist eine Oberflächentemperatur an einem Punkt des extrudierten Materials 10, der im Folgenden beschrieben wird. Der Punkt ist ein Punkt, der 50 mm von der Öffnung 77 des Schuhs 74, dem Auslass des extrudierten Materials 10 im konformen Extruder 70, in Längsrichtung des extrudierten Materials 10 entfernt ist.

[0095] Es ist zu beachten, dass die konforme Extrusion direkt auf dem Gussmaterial oder auf einem durch Schalen des Gussmaterials gewonnenen Schuppenmaterial durchgeführt werden kann.

<Dritter Schritt>

[0096] Im dritten Schritt wird in der Regel ein Drahtziehen mit mehreren Durchgängen durchgeführt, so dass ein gezogenes Drahtmaterial mit einem bestimmten Enddurchmesser erhalten werden kann. Wenn das Drahtziehen durch Kaltverformung erfolgt, wird verhindert, dass die Verbindung während des Drahtziehens grob wird. Das Drahtziehen wird beispielsweise mit einer Drahtziehmatrize durchgeführt. Der endgültige Drahtdurchmesser des gezogenen Drahtmaterials wird in Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser des Kupferlegierungsdrahtes 1 eingestellt.

<Vierter Schritt>

[0097] Im vierten Schritt wird eine Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 350°C oder mehr durchgeführt. Durch eine solche Wärmebehandlung wird eine Verbindung, die Eisen und Phosphor enthält, ausgefällt oder die Größe einer zuvor ausgefallenen Verbindung eingestellt. Dadurch wird der Effekt der Festigkeitsverbesserung durch Ausfällungsverstärkung und der Effekt der Leitfähigkeitsverbesserung durch Reduktion der festen Lösung von Eisen und Phosphor erzielt. Wie oben beschrieben, enthält die Struktur vor und nach dem Drahtziehen eine geringe Menge der groben Verbindung oder enthält im Wesentlichen keine grobe Verbindung. Daher wird verhindert, dass die Verbindung ungewöhnlich wächst, selbst wenn eine Wärmebehandlung durchgeführt wird. Das heißt, selbst bei der Wärmebehandlung bleiben die Teilchen der Verbindung klein und werden dispergiert. Daher werden Schwankungen in der Kristallgröße reduziert. Darüber hinaus werden die durch das Drahtziehen im dritten Schritt verursachten Prozessverzerrungen durch die Wärmebehandlung beseitigt. Das heißt, der Effekt der Verbesserung der Dehnung wird auch durch die Erweichung erzielt. Daher wird ein wärmebehandeltes Material mit hervorragender Leitfähigkeit sowie einem guten Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Dehnung, d. h. ein Kupferlegierungsdraht 1, hergestellt.

[0098] Wenn die Temperatur der Wärmebehandlung höher ist, wird der Effekt der Verbesserung der Dehnung durch Erweichung wahrscheinlicher erhalten, aber die Festigkeit wird wahrscheinlicher verringert. Außerdem kann die Verbindung grob werden. Unter dem Gesichtspunkt eines ausgewogenen Verhältnisses zwischen Festigkeit und Dehnung kann die Temperatur 350°C oder mehr und 550°C oder weniger, 380°C oder mehr und 530°C oder weniger, oder 400°C oder mehr und 500°C oder weniger betragen. Die Zeit, während der die Temperatur gehalten wird, beträgt beispielsweise mehr als 4 Stunden und 40 Stunden oder weniger oder 5 Stunden oder mehr und 20 Stunden oder weniger.

[Verfahren zur Herstellung von Kupferlegierungslitzendraht, ummanteltem Draht und ummanteltem Draht mit Anschluss]

[0099] Der Kupferlegierungslitzendraht 2, der ummantelte Draht 3 und der ummantelte Draht mit Anschluss 4 nach den Ausführungsformen können alle unter Bezugnahme auf bekannte Verfahren hergestellt werden. Daher wird auf eine detaillierte Beschreibung der Verfahren zu ihrer Herstellung verzichtet.

[0100] Nachfolgend werden die Effekte des Kupferlegierungsdrahtes 1 nach der Ausführungsform und das Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes nach der Ausführungsform anhand eines Versuchsbeispiels konkret beschrieben.

[Testbeispiel 1]

[0101] Kupferlegierungsdrähte, die jeweils aus einer Kupferlegierung gebildet sind, die Eisen, Phosphor und Zinn enthält, wurden mit verschiedenen Verfahren hergestellt. Der Kristallkorngrößenunterschied und die

Eigenschaften jedes der hergestellten Kupferlegierungsdrähte wurden untersucht. Die Zusammensetzungen der Kupferlegierungen und die Herstellungsbedingungen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Tabelle 2 dargestellt.

(Zusammensetzung)

[0102] Die Kupferlegierung, die jeden der als Probe angefertigten Kupferlegierungsdrähte bildet, hat die in Tabelle 1 angegebene Zusammensetzung. Die Zusammensetzung jedes der als Proben angefertigten Kupferlegierungsdrähte kann mit einem bekannten Verfahren untersucht werden. Beispiele für Analyseverfahren beinhalten die Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP) und die Röntgenfluoreszenzanalyse.

(Herstellungsbedingungen)

[0103] Jeder der als Probe angefertigten Kupferlegierungsdrähte wurde nach einem Verfahren hergestellt, das ein Typ-A-Verfahren oder ein Typ-B-Verfahren beinhaltet, das im Folgenden beschrieben wird. Die Kupferlegierung, die ein nachstehend beschriebenes Gussmaterial bildet, weist eine Zusammensetzung auf, die Eisen, Phosphor und Zinn enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidliche Verunreinigungen sind. Die spezifischen Zusammensetzungen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

<Typ-A-Verfahren>

[0104] Das Typ-A-Verfahren beinhaltet einen ersten Schritt, einen zweiten Schritt, einen dritten Schritt und einen vierten Schritt, die im Folgenden beschrieben werden und der Reihe nach durchgeführt werden.

[0105] Im ersten Schritt wird ein Gussmaterial gebildet aus einer Kupferlegierung im Stranggussverfahren hergestellt.

[0106] Im zweiten Schritt wird das Gussmaterial einer konformen Extrusion unterzogen.

[0107] Im dritten Schritt wird ein hergestelltes extrudiertes Material einem Kaltdrahtziehen unterzogen.

[0108] Im vierten Schritt wird ein hergestelltes gezogenes Drahtmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen.

[0109] Beim Typ-A-Verfahren wird ein wärmebehandeltes Material als ein Kupferlegierungsdraht hergestellt. Der Drahtdurchmesser (mm) des wärmebehandelten Materials ist der Drahtdurchmesser des gezogenen Drahtmaterials und ist auch der Drahtdurchmesser (mm) des Kupferlegierungsdrahtes.

[0110] Eine Gießgeschwindigkeit im ersten Schritt beträgt 1,4 m/min.

[0111] Die Verringerung der Fläche (%) durch konforme Extrusion im zweiten Schritt ist in Tabelle 1 dargestellt.

[0112] Im dritten Schritt wird das extrudierte Material mit dem unten beschriebenen Drahtdurchmesser einem Drahtziehen unterzogen, um einen Drahtdurchmesser von ϕ 0,16 mm, ϕ 0,18 mm oder ϕ 0,35 mm zu erreichen.

[0113] Die Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) der Wärmebehandlung und die Zeit (h), während der die Temperatur im vierten Schritt gehalten wird, sind in Tabelle 1 angegeben.

[0114] Bei den Proben Nr. 1-1 bis 1-6 und 1-101 beträgt der Drahtdurchmesser des Gussmaterials ϕ 12,5 mm und der Drahtdurchmesser des extrudierten Materials beträgt ϕ 8,0 mm. Die Temperatur dieser Proben unmittelbar nach dem konformen Extrudieren betrug 450°C .

[0115] Bei den Proben Nr. 1-108 und 1-109 beträgt der Drahtdurchmesser des Gussmaterials ϕ 12,5 mm und der Drahtdurchmesser des extrudierten Materials beträgt ϕ 9,5 mm.

<Typ-B-Verfahren>

[0116] Das Typ-B-Verfahren beinhaltet die nachfolgend beschriebenen Schritte, die der Reihe nach durchgeführt werden. Beim Typ-B-Verfahren wird keine konforme Extrusion durchgeführt.

[0117] Zunächst wird ein Gussmaterial gebildet aus einer Kupferlegierung mit einem Drahtdurchmesser von ϕ 12,5 mm im Stranggussverfahren hergestellt. Dann wird das Gussmaterial einem Kaltwalzen unterzogen, um ein gewalztes Material mit einem Drahtdurchmesser von ϕ 9,5 mm herzustellen. Dann wird das gewalzte Material einem Schälén unterzogen, um einen Walzdraht mit einem Drahtdurchmesser von ϕ 8,0 mm herzustellen. Anschließend wird der geschälte Walzdraht kalt gezogen, um ein gezogenes Drahtmaterial mit einem Drahtdurchmesser von ϕ 0,16 mm oder ϕ 0,18 mm herzustellen. Schließlich wird das gezogene Drahtmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen. Auch beim Typ-B-Verfahren wird ein wärmebehandeltes Material in Form eines Kupferlegierungsdrahtes hergestellt.

[0118] Eine Gießgeschwindigkeit bei der Herstellung eines Gussmaterials beträgt 1,0 m/min.

[0119] Die Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) der Wärmebehandlung und die Zeit (h), während der die Temperatur gehalten wird, sind in Tabelle 1 angegeben.

(Drahtdurchmesser)

[0120] Wie aus Tabelle 2 gezeigt, beträgt der Drahtdurchmesser von jedem der als Probe angefertigten Kupferlegierungsdrähte ϕ 0,16 mm, ϕ 0,18 mm oder Φ 0,35 mm.

(Form)

[0121] Bei dem Gussmaterial, dem extrudierten Material, dem geschälten Walzdraht, dem gezogenen Drahtmaterial und dem wärmebehandelten Material, die in den jeweiligen Verfahren hergestellt werden, handelt es sich um Runddrähte mit kreisförmigem Querschnitt.

(Eigenschaften)

[0122] Die Zugfestigkeit (MPa), die Bruchdehnung (%), der Kaltverfestigungskoeffizient und die Leitfähigkeit (%IACS) von jedem der als Probe angefertigten Kupferlegierungsdrähte wurden gemessen. Die Verfahren zur Messung sind wie oben beschrieben.

(Struktur)

[0123] Der Querschnitt von jedem der als Probe angefertigten Kupferlegierungsdrähte wurde mit dem REM untersucht.

[0124] Die Kupferlegierung, die jeden der als Probe angefertigten Kupferlegierungsdrähte bildet, hatte eine Struktur, die Kristalle auf Kupferbasis und eine unten beschriebene Verbindung enthielt. Bei der Verbindung handelt es sich um eine Verbindung, die hauptsächlich Eisen und Phosphor enthält. Die Zusammensetzung der Verbindung kann z. B. durch energiedispersive Röntgenanalyse (EDX) gemessen werden.

<Kristallkorngrößenunterschied>

[0125] Der Kristallkorngrößenunterschied (μm) im Querschnitt von jedem der als Probe angefertigten Kupferlegierungsdrähte wurde gemessen. Ein Verfahren zur Messung des Kristallkorngrößenunterschieds ist wie oben beschrieben.

[Tabelle 1]

Probe Nr.	Zusammensetzung					Herstellungsbedingungen			
	Massen-%				Massenverhältnis	Art des Verfahrens	Verringerung der Fläche durch konformes Extrudieren (%)	Wärmebehandlungsbedingungen	
	Cu	Fe	P	Sn	Fe/P			Temperatur (°C)	Zeit (h)
1-1	Rest	0,72	0,14	0,30	5,1	A	59	400	8
1-2	Rest	0,72	0,14	0,30	5,1	A	59	440	8
1-3	Rest	0,99	0,24	0,49	4,1	A	59	400	8
1-4	Rest	0,99	0,24	0,49	4,1	A	59	440	8
1-5	Rest	0,09	0,03	0,27	3,0	A	59	350	8
1-6	Rest	0,09	0,03	0,27	3,0	A	59	420	8
1-101	Rest	0,72	0,14	0,30	5,1	A	59	300	8
1-102	Rest	0,72	0,14	0,30	5,1	B	-	400	8
1-103	Rest	0,72	0,14	0,30	5,1	B	-	440	8
1-104	Rest	0,99	0,24	0,49	4,1	B	-	420	8
1-105	Rest	0,99	0,24	0,49	4,1	B	-	450	8
1-106	Rest	0,09	0,03	0,27	3,0	B	-	350	8
1-107	Rest	0,09	0,03	0,27	3,0	B	-	400	8
1-108	Rest	0,68	0,15	0,34	4,5	A	42	420	8
1-109	Rest	0,68	0,15	0,34	4,5	A	42	450	8

[Tabelle 2]

Probe Nr.	Kupferlegierungsdraht									
	Zusammensetzung (Massen-%)				Größe	Eigenschaften				Struktur
	Cu	Fe	P	Sn	Drahtdurchmesser (mm)	Zugfestigkeit (MPa)	Bruchdehnung (%)	Leitfähigkeit (IACS%)	Kaltverfestigungskoeffizient	Kristallkorngrößenunterschied (µm)
1-1	Rest	0,72	0,14	0,30	0,18	580	9	61	0,10	0,7
1-2	Rest	0,72	0,14	0,30	0,18	500	10	64	0,16	0,4
1-3	Rest	0,99	0,24	0,49	0,16	570	11	64	0,11	0,9
1-4	Rest	0,99	0,24	0,49	0,16	460	16	66	0,18	0,7
1-5	Rest	0,09	0,03	0,27	0,16	510	11	68	0,11	0,9
1-6	Rest	0,09	0,03	0,27	0,16	410	17	77	0,20	0,8
1-101	Rest	0,72	0,14	0,30	0,18	700	5	49	0,06	1,4

Probe Nr.	Kupferlegierungsdraht									
	Zusammensetzung (Massen-%)				Größe	Eigenschaften				Struktur
	Cu	Fe	P	Sn	Draht-durchmesser (mm)	Zugfestigkeit (MPa)	Bruchdehnung (%)	Leitfähigkeit (IACS%)	Kaltverfestigungskoeffizient	Kristall-korngrößenunterschied (μm)
1-102	Rest	0,72	0,14	0,30	0,18	570	8	61	0,04	2,0
1-103	Rest	0,72	0,14	0,30	0,18	490	11	65	0,08	1,5
1-104	Rest	0,99	0,24	0,49	0,16	560	10	64	0,10	2,0
1-105	Rest	0,99	0,24	0,49	0,16	450	16	66	0,16	1,8
1-106	Rest	0,09	0,03	0,27	0,16	480	7	68	0,01	3,3
1-107	Rest	0,09	0,03	0,27	0,16	390	15	70	0,25	2,9
1-108	Rest	0,68	0,15	0,34	0,35	490	8	71	0,11	1,5
1-109	Rest	0,68	0,15	0,34	0,35	420	12	72	0,18	1,3

[0126] Dieser Test zeigt das Folgende. Im Folgenden werden die Kupferlegierungsdrähte der Proben Nr. 1-1 bis 1-6 als Kupferlegierungsdrähte der ersten Gruppe bezeichnet. Die Kupferlegierungsdrähte der Proben Nr. 1-101 bis 1-109 werden als Kupferlegierungsdrähte der zweiten Gruppe bezeichnet.

(Vergleich der Struktur)

[0127] Die Kupferlegierungsdrähte der ersten Gruppe weisen geringe Schwankungen in der Kristallgröße auf. Der Kupferlegierungsdraht der Probe Nr. 1-1 weist zum Beispiel, wie in **Fig. 7** gezeigt, eine Struktur auf, die Kristalle 11 mit einheitlicher Größe enthält. In dieser Struktur sind kleine Verbindungen 15 gleichmäßig dispergiert. Andererseits weisen die Kupferlegierungsdrähte der zweiten Gruppe große Schwankungen in der Kristallgröße auf. Der Kupferlegierungsdraht der Probe Nr. 1-102 weist zum Beispiel, wie in **Fig. 8** gezeigt, eine Struktur auf, in der lokal grobe Kristalle 110 vorhanden sind.

[0128] Außerdem enthält diese Struktur grobe Verbindungen 150, die ungleichmäßig verteilt sind.

(Vergleich der Eigenschaften)

(1) Die Kupferlegierungsdrähte mit einem Kristallkorngrößenunterschied von 1,0 μm oder weniger weisen ein besseres Gleichgewicht zwischen Festigkeit und Bruchdehnung im Vergleich zu den Kupferlegierungsdrähten mit einem Kristallkorngrößenunterschied von mehr als 1,0 μm auf. Wenn die Proben Nr. 1-1 und 1-2 und die Proben Nr. 1-101- bis 1-103, die in der Zusammensetzung der Kupferlegierung gleich sind, verglichen werden, haben die Kupferlegierungsdrähte der ersten Gruppe eine Zugfestigkeit von 500 MPa oder mehr und eine Bruchdehnung von 9% oder mehr. Insbesondere beim Vergleich von Probe Nr. 1-1 und Probe Nr. 1-102 weist der Kupferlegierungsdraht von Probe Nr. 1-1 eine höhere Zugfestigkeit und eine höhere Bruchdehnung auf als der Kupferlegierungsdraht von Probe Nr. 1-102. Auch beim Vergleich der Proben Nr. 1-3 bis 1-6 mit jeweils den Proben Nr. 1-104 bis 1-107 werden fast die gleichen Ergebnisse erzielt.

(2) Die Kupferlegierungsdrähte mit einem Kristallkorngrößenunterschied von 1,0 µm oder weniger weisen außerdem eine Leitfähigkeit von 60% IACS oder mehr auf. Aus diesem Grund sind die Kupferlegierungsdrähte der ersten Gruppe auch hinsichtlich der Leitfähigkeit hervorragend.

(3) Die Kupferlegierungsdrähte mit einem Kristallkorngrößenunterschied von 1,0 µm oder weniger weisen einen Kaltverfestigungskoeffizienten von 0,1 oder mehr auf. Aus diesem Grund sind auch die Kupferlegierungsdrähte der ersten Gruppe bis zu einem gewissen Grad leicht kalthärtbar.

(Herstellungsverfahren)

[0129] (4) Die Kupferlegierungsdrähte mit einem Kristallkorngrößenunterschied von 1,0 µm oder weniger werden hergestellt, indem ein Stranggussmaterial einer konformen Extrusion unterzogen wird, um eine Flächenverringerung von 50% oder mehr zu erreichen, dann wird das hergestellte extrudierte Material einem Drahtziehen unterzogen und anschließend wird das hergestellte gezogene Drahtmaterial einer Wärmebehandlung bei einer bestimmten Temperatur unterzogen (vergleiche Kupferlegierungsdrähte der ersten Gruppe und Kupferlegierungsdrähte der zweiten Gruppe). Ein Vergleich zwischen den Proben Nr. 1-1 und 1-2 und der Probe Nr. 1-101, die in der Zusammensetzung der Kupferlegierung gleich sind, zeigt, dass selbst bei konformem Extrudieren zur Erzielung einer Flächenverringerung von 50% oder mehr die Bruchdehnung und die Leitfähigkeit aufgrund einer niedrigeren Wärmebehandlungstemperatur reduziert werden. Ein Vergleich zwischen den Proben Nr. 1-1 und 1-2 und den Proben Nr. 1-108 und 1-109 zeigt, dass der Kristallkorngrößenunterschied selbst bei konformem Extrudieren mehr als 1,0 µm beträgt, solange die Flächenverringerung durch konformes Extrudieren weniger als 50% beträgt. Wird das Stranggussmaterial dagegen nur einer Kaltverformung wie etwa Kaltwalzen oder Kaltziehen unterzogen, ohne dass es einem konformen Extrudieren unterzogen wird, weist die Struktur nach der Wärmebehandlung große Schwankungen in der Kristallgröße auf (siehe Proben Nr. 1-102 bis 1-107).

[0130] Es ist zu beachten, dass bei dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren die Gießgeschwindigkeit (m/min) erhöht werden kann (vergleiche die Gießgeschwindigkeit im Typ-A-Verfahren und die Gießgeschwindigkeit im Typ-B-Verfahren). Daher wird ein Gussmaterial in Massenmengen hergestellt. Ein extrudiertes Material wird ebenfalls in Massenmengen durch die Verwendung von konformen Extrudieren hergestellt. Da Drahtziehen auf das extrudierte Material ausgeführt wird, ist das Auftreten eines Drahtbruchs während des Drahtziehens weniger wahrscheinlich. Daher wird ein gezogenes Drahtmaterial auch in Massenmengen hergestellt. Außerdem ist der für die Wärmebehandlung nutzbare Temperaturbereich bei dem oben beschriebenen Verfahren größer verglichen mit dem oben beschriebenen Fall, bei dem Kaltwalzen ausgeführt wird. Aus diesen Gründen ist das oben beschriebene Herstellungsverfahren in der Lage, einen Kupferlegierungsdraht mit einem Kristallkorngrößenunterschied von 1,0 µm oder weniger mit hoher Produktivität herzustellen.

[0131] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf diese Beispiele beschränkt und wird durch die Ansprüche definiert, und alle Änderungen, die in den Bedeutungs- und Äquivalenzbereich der Ansprüche fallen, sollen daher darin eingeschlossen sein.

[0132] Im Testbeispiel 1 können beispielsweise die Zusammensetzungen der Kupferlegierungen, die Bedingungen für das konforme Extrudieren, die Drahtziehbedingungen und die Wärmebehandlungsbedingungen sowie die Drahtdurchmesser geändert werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Kupferlegierungsdraht
2	Kupferlegierungslitzendraht
3	Ummantelter Draht
4	Ummantelter Draht mit Anschluss
10	Extrudiertes Material
11	Kristall;
12	Rand;
14	Kristallkorngrenze;
15	Verbindung

21	Elementardraht
31	Leiter;
32	Isolierschicht
45	Anschluss
70	konformer Extruder
71	Rad;
72	Vertiefte Rille;
73	Matrize;
74	Schuh
75	Anpressteil;
76	Matrizenkammer;
77	Öffnung
100	Material;
101	Staub
110	Grobes Kristall;
150	Grobe Verbindung
451	Anschlussenteil;
452	Drahhülseenteil
453	Isolierhülseenteil
D	Drahtdurchmesser;
L, L1, L2, L3,	Länge
P1, P2, P3, P4	Schnittpunkt;
α , β	Sichtfeld

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2021141928 [0002]
- JP 2018077941 [0003]
- WO 2018083836 [0003]

Patentansprüche

1. Kupferlegierungsdraht, der ein Walzdraht gebildet aus einer Kupferlegierung ist und der aufweist eine Zugfestigkeit von 400 MPa oder mehr, eine Bruchdehnung von 5% oder mehr, eine Leitfähigkeit von 60% IACS oder mehr und einem Drahtdurchmesser von 0,5 mm oder weniger, wobei die Kupferlegierung eine Zusammensetzung aufweist, die 0,05 Massen-% oder mehr und 1,6 Massen-% oder weniger Eisen, 0,01 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Phosphor und 0,05 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Zinn enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidliche Verunreinigungen ist, die Kupferlegierung eine Struktur aufweist, die Kristalle enthält, und ein Kristallkorngrößenunterschied, bestimmt als eine Differenz zwischen einer maximalen Kristallkorngröße und einer minimalen Kristallkorngröße in einem Querschnitt, 1,0 µm oder weniger beträgt.
2. Kupferlegierungsdraht nach Anspruch 1, wobei die Zusammensetzung der Kupferlegierung weniger als 0,001 Massen-% Kohlenstoff enthält.
3. Kupferlegierungsdraht nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Massengehaltsverhältnis von Eisen zu Phosphor 1,0 oder mehr und 30 oder weniger beträgt.
4. Kupferlegierungsdraht nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Kupferlegierungsdraht einen Kaltverfestigungskoeffizienten von 0,1 oder mehr aufweist.
5. Ummantelter Draht, der einen Leiter und eine Isolierschicht aufweist, die einen Umfang des Leiters bedeckt, wobei der Leiter einen Kupferlegierungsleitendraht aufweist, und der Kupferlegierungsleitendraht den Kupferlegierungsdraht nach einem der Ansprüche 1 bis 4 aufweist.
6. Ummantelter Draht mit Anschluss, der den ummantelten Draht nach Anspruch 5 und einen Anschluss aufweist, der an mindestens einem der Enden des ummantelten Drahtes angebracht ist.
7. Verfahren zur Herstellung eines Kupferlegierungsdrahtes, das aufweist:
einen ersten Schritt, bei dem ein Gussmaterial gebildet aus einer Kupferlegierung durch Stranggießen hergestellt wird;
einen zweiten Schritt, bei dem das Gussmaterial einer konformen Extrusion unterzogen wird, um ein lineares extrudiertes Material herzustellen;
einen dritten Schritt, bei dem das extrudierte Material einem Drahtziehen unterzogen wird, um ein gezogenes Drahtmaterial herzustellen; und
einen vierten Schritt, bei dem das gezogene Drahtmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen wird, um ein wärmebehandeltes Material herzustellen, wobei die Kupferlegierung eine Zusammensetzung aufweist, die 0,05 Massen-% oder mehr und 1,6 Massen-% oder weniger Eisen, 0,01 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Phosphor und 0,05 Massen-% oder mehr und 0,7 Massen-% oder weniger Zinn enthält, wobei der Rest Kupfer und unvermeidbare Verunreinigungen sind, eine Verringerung der Fläche durch die konforme Extrusion um 50% oder mehr beträgt, eine Temperatur des extrudierten Materials unmittelbar nach der konformen Extrusion 350°C oder mehr beträgt, und die Temperatur bei der Wärmebehandlung 350°C oder mehr beträgt.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

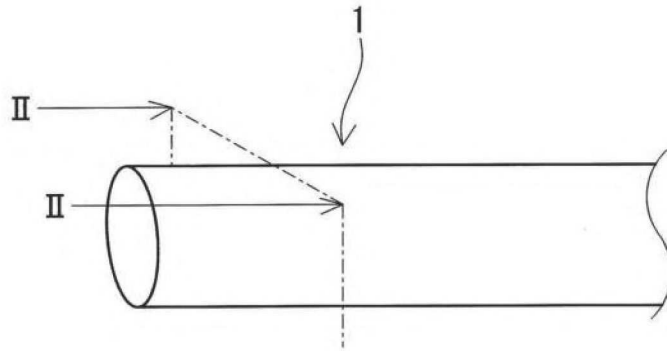


FIG.2

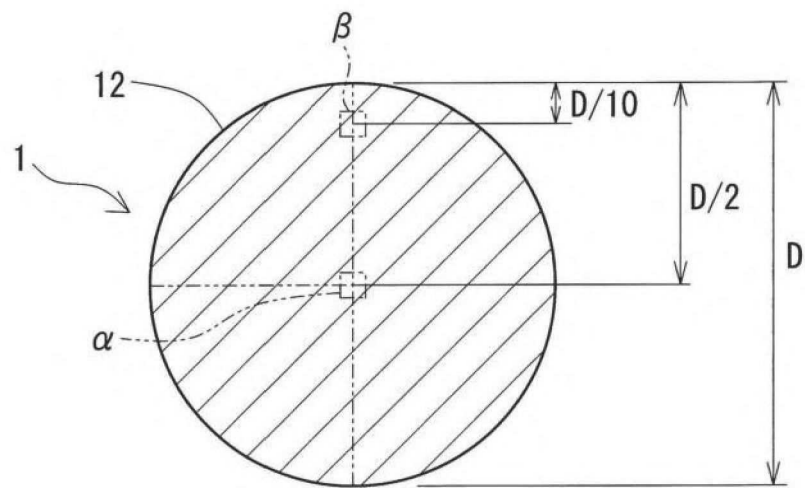


FIG.3

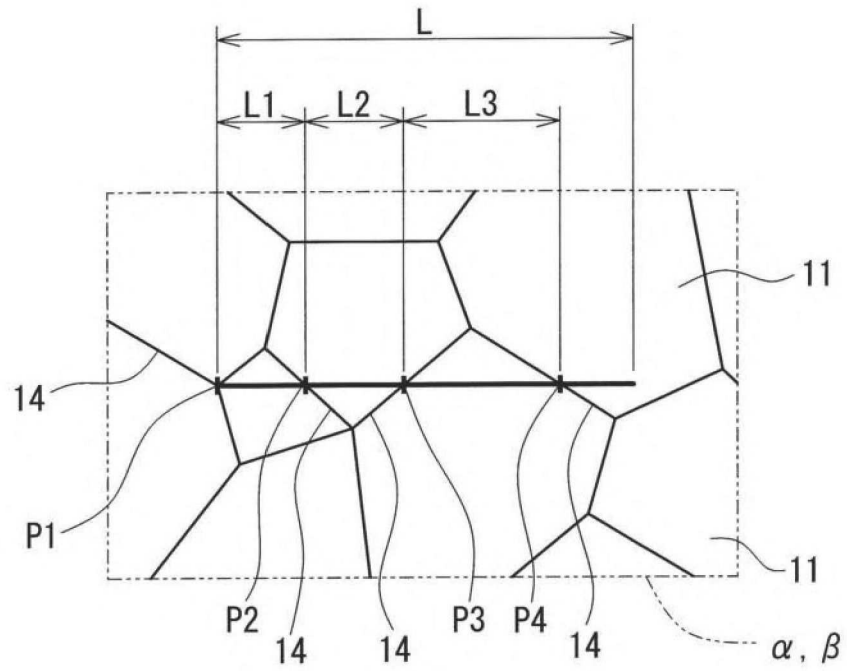


FIG.4

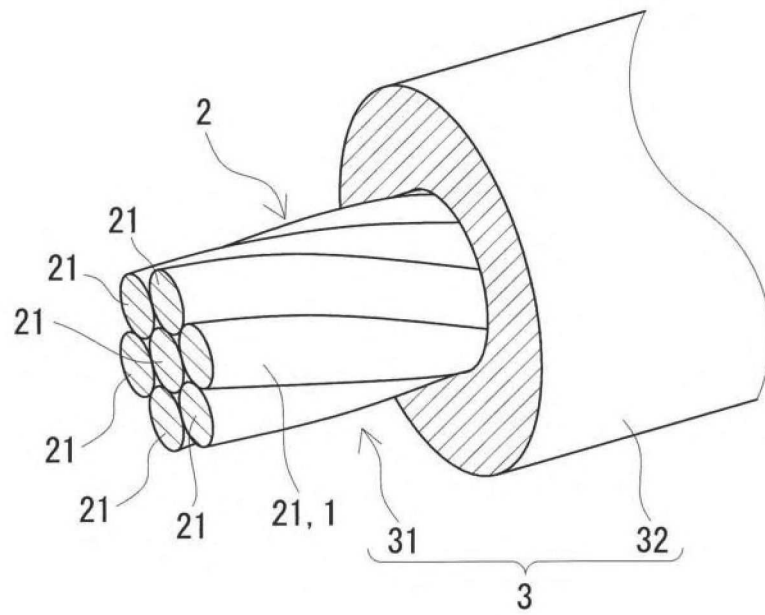


FIG.5

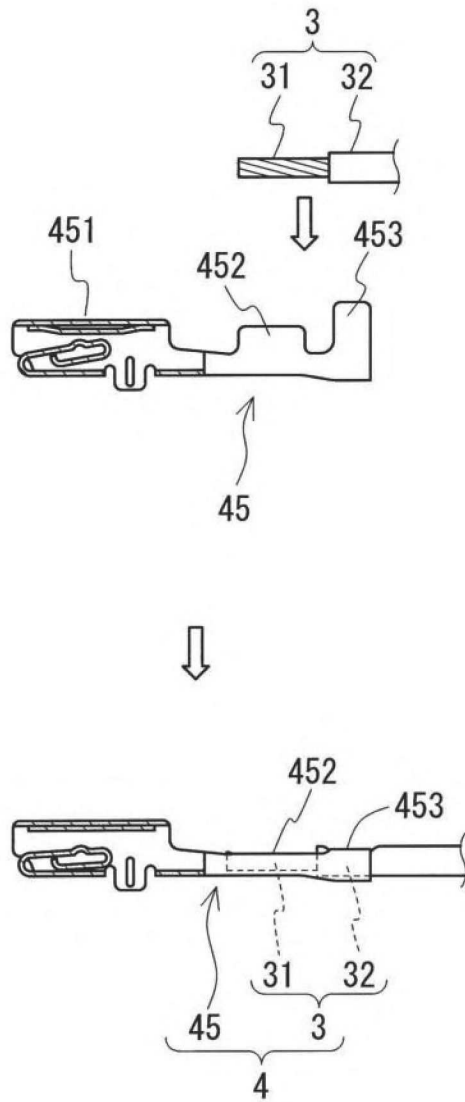


FIG.6

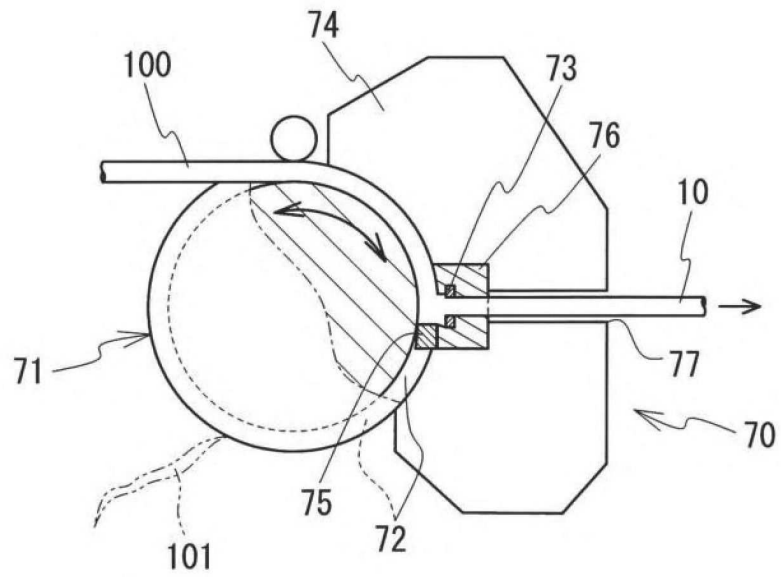


FIG.7

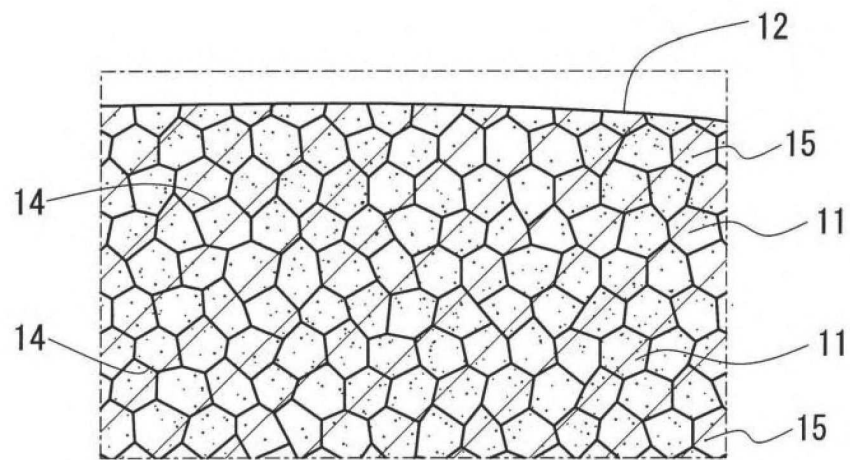


FIG.8

