



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2016 002 640.4**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2016/065116**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/199564**
(86) PCT-Anmeldetag: **23.05.2016**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **15.12.2016**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **01.03.2018**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **29.05.2024**

(51) Int Cl.: **C22C 21/00 (2006.01)**
C22C 21/02 (2006.01)
C22C 21/08 (2006.01)
C22F 1/00 (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01)
H01B 1/02 (2006.01)
H01B 5/02 (2006.01)
H01B 7/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2015-118885 12.06.2015 JP

(73) Patentinhaber:
AutoNetworks Technologies, Ltd., Yokkaichi-shi, Mie-ken, JP; Sumitomo Wiring Systems, Ltd., Yokkaichi-shi, Mie-ken, JP; Sumitomo Electric Industries, Ltd., Osaka, JP

(74) Vertreter:
Müller-Boré & Partner Patentanwälte PartG mbB, 80639 München, DE

(72) Erfinder:
Kobayashi, Hiroyuki, Yokkaichi-shi, Mie, JP; Taguchi, Kinji, Yokkaichi-shi, Mie, JP; Ootsuka, Yasuyuki, Yokkaichi-shi, Mie, JP; Kuwabara, Tetsuya, Osaka-shi, JP; Kusakari, Misato, Osaka-shi, Osaka, JP

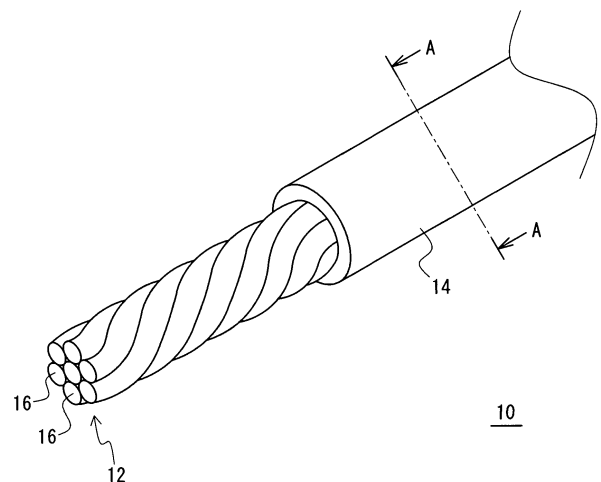
(56) Ermittelte Stand der Technik:

EP	2 832 874	A1
JP	5 607 853	B1
JP	2013- 44 038	A

ILSCHNER, B.: Werkstoffwissenschaften: Eigenschaften, Vorgänge, Technologien. 2., verbesserte Auflage. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer Verlag, 1990. S. 141 – 142. - ISBN 3-540-51725-1

(54) Bezeichnung: **Aluminium-Legierungs-Draht, verdrehter Aluminium-Legierungs-Draht, umhüllter Draht und Kabelbaum**

(57) Hauptanspruch: Aluminium-Legierungs-Draht, umfassend:
0,03 Masse-% oder mehr und 1,5 Masse-% oder weniger Mg;
0,02 Masse-% oder mehr und 2,0 Masse-% oder weniger Si;
und
0,1 Masse-% oder mehr und 0,6 Masse-% oder weniger Fe,
wobei der Rest aus Al und Verunreinigungen besteht,
wobei der Draht nadelförmige Mg₂Si-Ausscheidungen mit einem Längen-Breiten-Verhältnis von 2,0 bis 6,0 umfasst und
wobei die Anzahl der Mg₂Si-Ausscheidungen mit Korn-durchmessern von 5 bis 50 nm 100 oder mehr in einem Gebiet von 350 nm × 425 nm auf einem Querschnitt in radialer Richtung des Drahts beträgt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Aluminium-Legierungs-Draht und einen verdrehten Aluminium-Legierungs-Draht, welche als Leiter von elektrischen Drähten geeignet sind, sowie einen umhüllten Draht und einen Kabelbaum unter Verwendung derselben als Leiter.

[0002] Die Verwendung eines Aluminium-Legierungs-Drahts als Leiter für einen elektrischen Draht, wie einen elektrischen Draht für ein Kraftfahrzeug, wurde etwa in PTL 1 vorgeschlagen.

[0003] Zudem sind ein Aluminium-Legierungs-Draht und ein Verfahren zur Herstellung desselben aus PTL 2 sowie ein Leiter aus einer Aluminium-Legierung aus PTL 3 bekannt.

Patent-Literatur

PTL 1: JP 5 607 853 B1

PTL 2: EP 2 832 874 A1

PTL 3: JP 2013- 44 038 A

[0004] Ein üblicher Aluminium-Legierungs-Draht weist jedoch keine hinreichende Festigkeit auf, wenn er als ein extra-feiner Draht, zum Beispiel mit einem Durchmesser von 0,5 mm oder weniger, verwendet wird. Weiterhin wurde die Schlagzähigkeit unzureichend, wenn ein Anschlussstück mit dem Draht verbunden ist.

[0005] Ein durch die vorliegende Erfindung zu lösendes Problem besteht darin, einen Aluminium-Legierungs-Draht, einen verdrehten Aluminium-Legierungs-Draht, einen umhüllten Draht und einen Kabelbaum bereitzustellen, die in der Schlagzähigkeit ausgezeichnet sind, wenn Anschlussstücke damit verbunden werden.

[0006] Um das vorstehende Problem zu lösen, ist der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht dadurch gekennzeichnet, dass er 0,03 Masse-% oder mehr und 1,5 Masse-% oder weniger Mg, 0,02 Masse-% oder mehr und 2,0 Masse-% oder weniger Si und 0,1 Masse-% oder mehr und 0,6 Masse-% oder weniger Fe enthält, wobei der Rest aus Al und Verunreinigungen besteht, wobei der Draht nadelförmige Mg₂Si-Ausscheidungen mit einem Längen-Breiten-Verhältnis von 2,0 bis 6,0 enthält und wobei die Anzahl der Mg₂Si-Ausscheidungen mit Korndurchmessern von 5 bis 50 nm 100 oder mehr in einem Gebiet von 350 nm × 425 nm auf einem Querschnitt in radialer Richtung des Drahts beträgt.

[0007] Weiterhin enthält der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht vorzugsweise 0,01 Masse-% oder mehr Zr. Weiterhin enthält der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht vorzugsweise 0,08% oder weniger Ti. Weiterhin enthält der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht vorzugsweise 0,016 Masse-% oder weniger B.

[0008] Der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht weist vorzugsweise eine Versetzungsdichte von $5,0 \times 10^9$ cm⁻² oder weniger auf. Die Mg₂Si-Ausscheidungen weisen vorzugsweise eine Länge von weniger als 40 nm auf. Die Mg₂Si-Ausscheidungen sind vorzugsweise in einer axialen Richtung der Drähte orientiert.

[0009] Der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht weist vorzugsweise eine Zugfestigkeit von 150 MPa oder höher, eine Dehnungsfähigkeit von 5% oder höher und eine elektrische Leitfähigkeit von 40%IACS oder höher auf. Der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht weist vorzugsweise einen Durchmesser von 0,5 mm oder weniger auf.

[0010] Der erfindungsgemäße verdrehte Aluminium-Legierungs-Draht ist dadurch gekennzeichnet, dass er eine Vielzahl der erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Drähte, die miteinander verdreht sind, enthält.

[0011] Der erfindungsgemäße verdrehte Aluminium-Legierungs-Draht kann in eine radiale Richtung gedrückt werden.

[0012] Der erfindungsgemäße umhüllte Draht ist dadurch gekennzeichnet, dass er einen Leiter, der den erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht enthält, und einen Isolationsüberzug, der den äußeren Umfang des Leiters umhüllt, enthält.

[0013] Weiterhin ist der erfindungsgemäße Kabelbaum dadurch gekennzeichnet, dass er den erfindungsgemäßen umhüllten Draht und ein Anschlussstück, befestigt an dem Leiter des umhüllten Drahts, enthält.

[0014] Der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht weist eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf, ist in der Festigkeit und Dehnungsfähigkeit ausgezeichnet und ist in der Schlagzähigkeit durch Festigkeitsanstieg, veranlasst durch Kaltverfestigung, ausgezeichnet, wenn ein Anschlussstück mit dem Draht verbunden ist, da der Aluminium-Legierungs-Draht 0,03 Masse-% oder mehr und 1,5 Masse-% oder weniger Mg, 0,02 Masse-% oder mehr und 2,0 Masse-% oder weniger Si und 0,1 Masse-% oder mehr und 0,6 Masse-% oder weniger Fe enthält, wobei der Rest aus Al und Verunreinigungen besteht, der Draht nadelförmige Mg₂Si-Ausscheidungen mit einem Längen-Breiten-Verhältnis von 2,0 bis 6,0 enthält und die Anzahl der Mg₂Si-Ausscheidungen mit Korndurchmessern von 5 bis 50 nm 100 oder mehr in einem Gebiet von 350 nm × 425 nm auf einem Querschnitt in radialer Richtung des Drahts beträgt.

[0015] In diesem Fall steigt die Dehnungsfähigkeit weiter an, wenn der Draht 0,01 Masse-% oder mehr Zr enthält. Weiterhin wird die Kristallstruktur feiner und die Dehnungsfähigkeit steigt an, wenn der Draht 0,08 Masse-% oder weniger Ti enthält. Die Wirkung des Verfeinerns einer Kristallstruktur verbessert sich weiterhin, wenn der Aluminium-Legierungs-Draht 0,016 Masse-% oder weniger B zusammen mit Ti enthält.

[0016] Wenn zudem die Versetzungsdichte $5,0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ oder weniger ist, findet Kaltverfestigung ausgezeichnet statt und die Schlagzähigkeit erhöht sich, wenn ein Anschlussstück mit dem Draht verbunden wird. Da gemäß der vorliegenden Erfindung die Anzahl von Mg₂Si-Ausscheidungen nicht weniger als eine vorgeschriebene Anzahl ist, ist die Festigkeitserhöhung durch Ausscheidungsverfestigung ausgezeichnet. Wenn die Mg₂Si-Ausscheidungen zudem Längen von weniger als 40 nm aufweisen, können sowohl Festigkeit als auch hohe Dehnungsfähigkeit erhalten werden und die Schlagzähigkeit ist ausgezeichnet. Wenn außerdem die Mg₂Si-Ausscheidungen in einer axialen Richtung der Drähte orientiert sind, kann stabile Schlagzähigkeit erhalten werden.

[0017] Wenn zudem der Draht eine Zugfestigkeit von 150 MPa oder höher, eine Dehnungsfähigkeit von 5% oder höher und eine elektrische Leitfähigkeit von 40% IACS oder höher aufweist, ist die elektrische Leitfähigkeit hoch und Festigkeit und Dehnungsfähigkeit sind ausgezeichnet.

[0018] Weiterhin weist jeder des erfindungsgemäßen verdrehten Aluminium-Legierungs-Drahts, des erfindungsgemäßen umhüllten Drahts und des erfindungsgemäßen Kabelbaums eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf, ist ausgezeichnet in der Festigkeit und Dehnungsfähigkeit, und ist ausgezeichnet in der Schlagzähigkeit durch Festigkeitserhöhung, die durch Kaltverfestigung veranlasst wird, wenn ein Anschlussstück verbunden ist.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung (a) eines umhüllten Drahts gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eine Schnittansicht (b), genommen an Linie A-A.

Fig. 2 ist eine Schnittansicht eines umhüllten Drahts, gebildet durch Verdichtung eines verdrehten Aluminium-Legierungs-Drahts (Leiter), gezeigt in (b) von **Fig. 1**.

Fig. 3 ist ein schematisches Diagramm eines Testverfahrens zum Messen der Schlagzähigkeit, wenn ein Anschlussstück verbunden ist.

[0019] Eine Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung wird hierin anschließend genauer erläutert.

[0020] In dem erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht ist eine Aluminium-Legierung eine Legierung vom Al-Mg-Si-Typ, die im Wesentlichen Mg und Si als Zusatzelemente enthält. Dies ist eine sogenannte 6000 Reihen-Aluminium-Legierung und eine Aluminium-Legierung eines Ausscheidungsverfestigungs-Typs, die Mg₂Si als Ausscheidungen aufweist. In dem erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht sind Mg, Si und Fe wesentliche Zusatz-Komponenten und Zr, Ti und B optionale Zusatz-Komponenten.

[0021] Mg trägt zur Festigkeitserhöhung durch sein Vorliegen in Al in dem Zustand einer festen Lösung oder Ausscheidungen bei. Mg ist ein Element mit einer hohen Wirkung beim Erhöhen der Festigkeit und kann effektiv die Festigkeit der Drähte durch Alterungshärten, insbesondere, indem es in einem speziellen Mengenbereich gleichzeitig mit Si enthalten ist, erhöhen. Ein Gehalt von Mg ist 0,03 Masse-% oder mehr hinsichtlich des Erhöhens der Festigkeit der Drähte. Der Gehalt ist vorzugsweise 0,2 Masse-% oder mehr und bevor-

zugter 0,3 Masse-% oder mehr. Andererseits ist der Gehalt von Mg 1,5 Masse-% oder weniger hinsichtlich des Hemmens der elektrischen Leitfähigkeit und Dehnungsfähigkeit der Drähte vor dem Vermindern durch die Zugabe von Mg. Der Gehalt ist vorzugsweise 0,9 Masse-% oder weniger und bevorzugter 0,8 Masse-% oder weniger.

[0022] Si trägt zur Festigkeitserhöhung bei, indem es in Al in dem Zustand einer festen Lösung oder Ausscheidungen vorliegt. Si kann effektiv die Festigkeit durch Altershärten erhöhen, indem es gleichzeitig mit Mg in einem speziellen Mengenbereich vorliegt. Ein Gehalt von Si ist 0,02 Masse-% oder mehr hinsichtlich des Erhöhens der Festigkeit der Drähte. Der Gehalt ist vorzugsweise 0,1 Masse-% oder mehr und bevorzugter 0,3 Masse-% oder mehr. Andererseits ist der Gehalt von Si 2,0 Masse-% oder weniger hinsichtlich des Hemmens der elektrischen Leitfähigkeit und Dehnungsfähigkeit der Drähte vor dem Vermindern durch die Zugabe von Si. Der Gehalt ist vorzugsweise 1,5 Masse-% oder weniger und bevorzugter 0,8 Masse-% oder weniger.

[0023] Fe verfeinert den Kristall einer Al-Legierung und trägt zu der Erhöhung der Dehnungsfähigkeit bei. Weiterhin ist Fe auch effektiv zum Erhöhen der Festigkeit. Ein Gehalt von Fe ist 0,1 Masse-% oder mehr hinsichtlich des Erhöhens der Dehnungsfähigkeit und Festigkeit der Drähte. Der Gehalt ist vorzugsweise 0,15 Masse-% oder mehr. Andererseits ist der Gehalt von Fe 0,6 Masse-% oder weniger hinsichtlich des Hemmens der elektrischen Leitfähigkeit vor dem Vermindern. Der Gehalt ist vorzugsweise 0,3 Masse-% oder weniger.

[0024] Zr verfeinert den Kristall einer Al-Legierung und trägt zu der Erhöhung der Dehnungsfähigkeit bei. Zr weist eine hohe Wirkung beim Verfeinern und Erhöhen der Dehnungsfähigkeit auf und kann Dehnungsfähigkeit erhöhen, auch wenn eine sehr kleine Menge in der Legierung enthalten ist. Weiterhin unterdrückt Zr das Wachstum von Kristallkörnern, auch wenn Wärme während des Herstellens oder Verwendung angewendet wird und erleichtert, die Kristallkörner in einem feinen Zustand zu halten. Das heißt, Zr trägt auch zur Verbesserung von Hoch-Temperatur-Eigenschaften, wie Hoch-Temperatur-Festigkeit und Wärmebeständigkeit, bei. Ein Gehalt von Zr ist vorzugsweise 0,01 Masse-% oder mehr, um in der Wirkung des Erhöhens der Dehnungsfähigkeit oder dergleichen ausgezeichnet zu sein. Der Gehalt ist bevorzugter 0,02 Masse-% oder mehr. Andererseits ist der Gehalt von Zr vorzugsweise 0,4 Masse-% oder weniger hinsichtlich des Hemmens der elektrischen Leitfähigkeit vor dem Vermindern und Unterdrücken der Erzeugung von Rissen während des Gießens. Der Gehalt ist bevorzugter 0,2 Masse-% oder weniger und noch bevorzugter 0,1 Masse-% oder weniger.

[0025] Ti weist die Wirkung des Verfeinerns der Kristallstruktur einer Al-Legierung während des Gießens auf. Ein Gehalt von Ti ist vorzugsweise 0,005 Masse-% oder mehr hinsichtlich des Verfeinerungseffekts. Andererseits ist der Gehalt von Ti vorzugsweise 0,08 Masse-% oder weniger hinsichtlich des Hemmens der elektrischen Leitfähigkeit vor dem Vermindern. Der Gehalt ist bevorzugter 0,05 Masse-% oder weniger und noch bevorzugter 0,02 Masse-% oder weniger.

[0026] B weist die Wirkung des Verfeinerns der Kristallstruktur einer Al-Legierung während des Gießens auf. B muss nicht zusammen mit Ti verwendet werden, sondern kann unabhängig verwendet werden. Der Verfeinerungseffekt ist höher, wenn B zusammen mit Ti verwendet wird, als wenn B unabhängig verwendet wird. Ein Gehalt von B ist vorzugsweise 0,0005 Masse-% oder mehr hinsichtlich des Verfeinerungseffekts. Der Gehalt ist bevorzugter 0,001 Masse-% oder mehr. Andererseits ist der Gehalt von B vorzugsweise 0,016 Masse-% oder weniger hinsichtlich des Hemmens der elektrischen Leitfähigkeit vor dem Vermindern. Der Gehalt ist bevorzugter 0,01 Masse-% oder weniger.

[0027] In dem erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht weist eine Mg_2Si -Ausscheidung eine nadelartige Gestalt auf. Das Längen-Breiten-Verhältnis liegt in dem Bereich von 2,0 bis 6,0. Im Ergebnis ist die Kaltverfestigung ausgezeichnet, die Festigkeit der Drähte wird durch die Kaltverfestigung erhöht, wenn ein Anschlussstück mit dem Draht verbunden ist, und die Schlagzähigkeit ist ausgezeichnet. Wenn ein Anschlussstück verbunden ist, wird ein Aluminium-Legierungs-Draht durch Crimpen gedrückt und die Festigkeit wird durch einen Abschnittsflächenverlust vermindert. Die Abnahme der Festigkeit wird durch die Kaltverfestigung während der Verdichtung kompensiert und somit erhöht sich die Schlagzähigkeit. Bei dem erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht können zum Beispiel durch genaues Einstellen der Wärmebehandlungsbedingungen Mg_2Si -Ausscheidungen eine nadelartige Gestalt aufweisen und das Längen-Breiten-Verhältnis kann in dem speziellen Bereich liegen.

[0028] Das Längen-Breiten-Verhältnis kann durch Messen der Länge und Breite einer Mg_2Si -Ausscheidung und Berechnen des Verhältnisses dazwischen bestimmt werden. Die Länge einer Mg_2Si -Ausscheidung wird als die maximale Länge (lange Achse) eines Teilchens der Mg_2Si -Ausscheidung definiert und die Breite einer Mg_2Si -Ausscheidung wird als die maximale Länge (kurze Achse) in eine Richtung rechtwinklig zu der langen Achse definiert.

[0029] In dem erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht ist die lange Achse einer Mg_2Si -Ausscheidung in einem Kristallkorn vorzugsweise weniger als 40 nm, bevorzugter 35 nm oder weniger und noch bevorzugter 30 nm oder weniger. Wenn die lange Achse einer Mg_2Si -Ausscheidung weniger als 40 nm ist, erhöht sich durch den Pinning-Effekt in einem Kristallkorn die Festigkeit und Versetzungen akkumulieren kaum, folglich erhöht sich auch die Dehnungsfähigkeit. Die lange Achse einer Mg_2Si -Ausscheidung ist jedoch vorzugsweise 2 nm oder mehr, bevorzugter 3 nm oder mehr und noch bevorzugter 5 nm oder mehr. Wenn die lange Achse einer Mg_2Si -Ausscheidung 2 nm oder mehr ist, besteht eine geringe Gefahr der Festigkeitsabnahme, veranlasst durch Bruch (Fraktur oder dergleichen) der Mg_2Si -Ausscheidungen während der Verformung eines Aluminium-Legierungs-Drahts. In dem erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht kann die Länge der langen Achse einer Mg_2Si -Ausscheidung in dem speziellen Bereich zum Beispiel durch genaues Einstellen einer Wärmebehandlungsbedingung gesteuert werden.

[0030] In dem erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht tragen Mg_2Si -Ausscheidungen zur Festigkeitserhöhung bei. Bezüglich der Festigkeitserhöhung ist die Anzahl der Mg_2Si -Ausscheidungen gemäß der vorliegenden Erfindung 100 oder mehr in einem Gebiet von 350 nm × 425 nm auf einen Querschnitt in einer radialen Richtung der Drähte. Die Anzahl ist bevorzugt 150 oder mehr. Wenn sich im Gegensatz dazu die Anzahl der Ausscheidungen erhöht, erhöht sich die Festigkeit, aber die Dehnungsfähigkeit sinkt und Kaltverfestigung tritt kaum auf. In dieser Hinsicht ist die Anzahl der Mg_2Si -Ausscheidungen vorzugsweise 1000 oder weniger in einem Gebiet von 350 nm × 425 nm auf einen Querschnitt in einer radialen Richtung der Drähte. Die Anzahl ist bevorzugter 800 oder weniger. Die Anzahl der Mg_2Si -Ausscheidungen kann in einem speziellen Bereich durch die Mengen der Zusatzelemente und Herstellungsbedingungen (eine Erweichungsbedingung, eine Alterungsbedingung, eine Verfahrenssequenz und andere) gesteuert werden.

[0031] Die Länge, die Breite, das Längen-Breiten-Verhältnis und die Anzahl (Anzahl von Stücken) von Mg_2Si -Ausscheidungen bemessen sich für Mg_2Si -Ausscheidungen mit 5 bis 50 nm im Korndurchmesser. Ein Korndurchmesser wird durch die Länge einer langen Achse wiedergegeben. Jene Messungen können durch Beobachten eines Aluminium-Legierungs-Drahts in einem Gebiet von 350 nm × 425 nm auf einem Querschnitt in einer radialen Richtung mit einem Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM) ausgeführt werden. Die TEM-Beobachtung wird auf mindestens fünf Beobachtungsfeldern angewendet, wobei die Mg_2Si -Ausscheidungen in einem identischen Probenstück(en) erkannt werden können. Die Länge, die Breite und das Längen-Breiten-Verhältnis von Mg_2Si -Ausscheidungen werden jeweils durch Messen der Werte aller beobachteter Körner mit einem Korndurchmesser von 5 bis 50 nm der Mg_2Si -Ausscheidungen und Mitteln der Werte erhalten. Die Anzahl (Anzahl von Stücken) von Mg_2Si -Ausscheidungen wird durch einen Mittelwert in Beobachtung von mindestens fünf Beobachtungsfeldern wiedergegeben. Hierin ist eine Mg_2Si -Ausscheidung, die 50 nm im Korndurchmesser übersteigt, grob und trägt nicht zur Festigkeit bei. Eine Mg_2Si -Ausscheidung, die 50 nm im Korndurchmesser übersteigt, kann durch Beobachtung in einem Beobachtungsfeld von 16 μm × 6,8 μm mit einem TEM gemessen werden. Die TEM-Beobachtung kann auf mindestens fünf Beobachtungsfeldern angewendet werden, wo grobe Mg_2Si -Ausscheidungen in einem identischen Probenstück(en) erkannt werden können. Die Anzahl von groben Körnern von Mg_2Si -Ausscheidungen, die 50 nm im Korndurchmesser übersteigen, ist vorzugsweise 50 oder weniger.

[0032] In dem erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht ist eine Mg_2Si -Ausscheidung vorzugsweise in einer axialen Richtung des Aluminium-Legierungs-Draht orientiert. Im Ergebnis erhöht sich die Festigkeit der Drähte.

[0033] In dem erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht liegen vorzugsweise wenige Versetzungen in der Aluminium-Legierung vor. Wenn wenige Versetzungen vorliegen, ist die Kaltverfestigung ausgezeichnet. Die Versetzungsdichte ist vorzugsweise $5,0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ oder weniger und bevorzugter $1,0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$ oder weniger. Versetzungen können durch Wärmebehandlung vermindert werden. Eine Versetzungsdichte kann durch Beobachten eines Dünnsfilms, erzeugt aus einem Aluminium-Legierungs-Draht, mit einem Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM) und Berechnen durch eine Ham-Formel erhalten werden.

[0034] Der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht ist ausgezeichnet in der elektrischen Leitfähigkeit, Festigkeit und Dehnungsfähigkeit und weist eine Zugfestigkeit (bei Raumtemperatur) von 150 MPa oder

höher, elektrische Leitfähigkeit von 40% IACS oder höher und Dehnungsfähigkeit (bei Raumtemperatur) von 5% oder höher auf. Höhere Zugfestigkeit und höhere elektrische Leitfähigkeit sind bevorzugt. Wird aber ein Ausgleich davon mit der Dehnungsfähigkeit in Betracht gezogen, ist die obere Grenze der Zugfestigkeit (bei Raumtemperatur) etwa 400 MPa und die obere Grenze der elektrischen Leitfähigkeit ist etwa 60% IACS. Zugfestigkeit und Dehnungsfähigkeit können mit einem Allzweck-Zugtester gemäß JIS Z2241 (Method of Tensile Test for Metallic Materials, 1998) gemessen werden. Dehnungsfähigkeit bedeutet eine Bruchdehnung der Drähte. Elektrische Leitfähigkeit (% IACS) kann durch ein Brückenverfahren gemessen werden. Die Zugfestigkeit, Dehnungsfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit können in den spezifischen Bereichen durch den Typ und die Menge der Zusatzelemente und Herstellungsbedingungen (eine Erweichungsbedingung, eine Alterungsbedingung, eine Verfahrenssequenz und andere) gesteuert werden.

[0035] Der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht kann ein extra-feiner Draht von 0,5 mm oder weniger im Durchmesser sein. Wenn er als ein Leiter eines elektrischen Drahts zum Beispiel für ein Kraftfahrzeug verwendet wird, kann der Draht im Durchmesser 0,1 mm oder mehr bis 0,4 mm oder weniger sein.

[0036] Der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht kann eine Vielzahl von Aluminium-Legierungs-Drähten, die miteinander verdreht sind (der erfindungsgemäße verdrehte Aluminium-Legierungs-Draht), enthalten. Ein solcher verdrehter Draht ist ausgezeichnet in der Biegsamkeit. Weiterhin können eine hohe Festigkeit und eine hohe Schlageigenschaft sichergestellt werden, während die Biegsamkeit hoch gehalten wird. Weiterhin können in dem Fall eines extra-feinen Drahts von 0,5 mm oder weniger im Durchmesser auch eine hohe Festigkeit und eine hohe Schlageigenschaft sichergestellt werden. Die Anzahl von verdrehten Drähten ist nicht besonders begrenzt und kann zum Beispiel 7, 11, 19, 37, 49 oder 133 sein.

[0037] Der erfindungsgemäße verdrehte Aluminium-Legierungs-Draht kann in eine radiale Richtung (kreisförmiges Verdichtungsformen) gedrückt werden. Im Ergebnis ist es möglich, Spalten unter Aluminium-Legierungs-Drähten zu vermindern, den Durchmesser des gesamten verdrehten Drahts zu vermindern und zur Verminderung des Durchmessers eines Leiters beizutragen.

[0038] In **Fig. 1** sind eine perspektivische Ansicht (a) eines verdrehten Aluminium-Legierungs-Drahts gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eine Schnittansicht (b), genommen an Linie A-A in der perspektivischen Ansicht (a), gezeigt. In **Fig. 2** ist eine Schnittansicht eines verdrehten Aluminium-Legierungs-Drahts, gedrückt zu einem Leiter, dargestellt in (b) von **Fig. 1**, gezeigt.

[0039] Wie in **Fig. 1** gezeigt, wird ein verdrehter Aluminium-Legierungs-Draht 12 durch Verdrehen einer Vielzahl von (sieben in **Fig. 1**) Aluminium-Legierungs-Drähten 16 gebildet. Wie in **Fig. 2** gezeigt, kann ein verdrehter Aluminium-Legierungs-Draht 12 durch Verdichtung in einer radialen Richtung (kreisförmiges Verdichtungsformen) gebildet werden.

[0040] Lediglich ein erfindungsgemäßer Aluminium-Legierungs-Draht kann einen Leiter eines elektrischen Drahts aufbauen. Andererseits können zwei oder mehr Aluminium-Legierungs-Drähte einen Leiter eines elektrischen Drahts aufbauen. Weiterhin kann ein erfindungsgemäßer Aluminium-Legierungs-Draht einen Leiter eines elektrischen Drahts durch Kombinieren mit einem anderen Metalldraht aufbauen. Der erfindungsgemäße verdrehte Aluminium-Legierungs-Draht, der den erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht enthält, kann einen Leiter eines elektrischen Drahts aufbauen. Auf diese Weise kann ein Leiter, der den erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht enthält, den Leiter eines elektrischen Drahts aufbauen. Dann wird durch Umhüllen des äußeren Umfangs eines Leiters, der den erfindungsgemäßen Aluminium-Legierungs-Draht enthält, mit einem Isolationsüberzug der erfindungsgemäße umhüllte Draht erhalten.

[0041] In dem erfindungsgemäßen umhüllten Draht ist ein Isolationsüberzug nicht besonders begrenzt. Isolationsmaterialien, wie ein Polyvinylchloridharz (PVC) und ein Olefinharz, können angeführt werden. In einem Isolationsmaterial kann ein Flammverzögerungsmittel, wie ein Magnesiumhydrat oder ein Brom-Flammverzögerungsmittel, gemischt werden.

[0042] In **Fig. 1** sind eine perspektivische Ansicht (a) eines umhüllten Drahts gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eine Schnittansicht (b), genommen an Linie A-A in der perspektivischen Ansicht (a), gezeigt. In **Fig. 2** ist eine Schnittansicht eines umhüllten Drahts, gebildet durch Verdichten eines Leiters, gezeigt in (b) von **Fig. 1**, gezeigt.

[0043] Wie in **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigt, enthält ein umhüllter Draht 10 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung einen Leiter, der einen verdrehten Aluminium-Legierungs-Draht 12 enthält, und einen Isolationsüberzug 14, der den äußeren Umfang des Leiters umhüllt.

[0044] Der erfindungsgemäße Kabelbaum enthält den umhüllten erfindungsgemäßen Draht und ein Anschlussstück, befestigt an dem Leiter des umhüllten Drahts. Ein Anschlussstück wird an einem Anschluss des Leiters befestigt. Ein Anschlussstück wird mit dem Leiter durch eines der verschiedenen Verbindungsverfahren, einschließlich Crimpen und Schweißen, verbunden. Das Anschlussstück wird mit einem Gegenstück-Anschlussstück verbunden.

[0045] Der erfindungsgemäße Aluminium-Legierungs-Draht enthält eine Aluminium-Legierung eines Wärmebehandlungs-Typs, der in der Festigkeit durch Ausscheidungen, die durch Wärmebehandlung ausgeschieden werden, erhöht ist, und kann aus einem Aluminium-Legierungsmaterial und durch ein Herstellungsverfahren, einschließlich mindestens eines Lösungs-Verfahrens, eines Draht-Zieh-Verfahrens und eines Alterungs-Verfahrens, erzeugt werden.

[0046] Ein Aluminium-Legierungsmaterial wird durch Gießen und Walzen geschmolzener Legierung mit einer vorbestimmten Zusammensetzung erhalten. Eine grobe Metallverbindung scheidet in die Kristallstruktur einer Aluminium-Legierung nach Gießen aus. Bruch tritt in der Regel an einem groben Korn auf und somit ist die Festigkeit der Legierung gering.

[0047] Bei einem Lösungs-Verfahren wird Lösungsbehandlung auf das Aluminium-Legierungsmaterial, erhalten durch Gießen und Walzen, angewendet. In der Lösungsbehandlung werden erste Legierungs-Komponenten (feste lösliche Elemente und Ausscheidungsverfestigungselemente) ausreichend durch Erhitzen eines Aluminium-Legierungsmaterials auf eine Temperatur nicht geringer als eine feste Lösungsgrenztemperatur gelöst. Dann wird das Aluminium-Legierungsmaterial gekühlt und in einen übersättigten festen Lösungszustand gebracht. Die Lösungsbehandlung wird bei einer Temperatur angewendet, die die Legierungs-Komponenten ausreichend aufzulösen erlaubt. Die Temperatur in der Lösungsbehandlung kann 450°C oder höher sein. Die Temperatur in der Lösungsbehandlung ist vorzugsweise 600°C oder geringer und bevorzugter 550°C oder geringer. Eine Retentionszeit ist vorzugsweise 30 Minuten oder länger, um damit die Legierungs-Komponenten ausreichend auflösen zu können. Weiterhin ist eine Retentionszeit vorzugsweise innerhalb 5 Stunden und bevorzugter innerhalb 3 Stunden hinsichtlich der Produktivität.

[0048] Als Kühl-Verfahren nach einem Heiz-Verfahren in der Lösungsbehandlung ist ein schnelles Kühl-Verfahren bevorzugt. Durch Übernehmen von schnellem Kühlen kann man feste lösliche Elemente am übermäßigen Ausscheiden hindern. Eine Kühlgeschwindigkeit wird vorzugsweise so eingestellt, dass ein Zeitablauf, bei dem während einer Lösungsbehandlung die Temperatur auf 100°C oder geringer fällt, in 10 Sekunden liegen kann. Solches schnelles Kühlen kann durch erzwungenes Kühlen, einschließlich Tauchen der Legierung in eine Flüssigkeit, wie Wasser, oder Luft-Kühlen erreicht werden.

[0049] Lösungsbehandlung kann entweder in der Atmosphäre oder in einer nicht-oxidierenden Atmosphäre angewendet werden. Als eine nicht-oxidierende Atmosphäre kann eine Vakuum-Atmosphäre (Atmosphäre verminderten Drucks), eine Inertgas-Atmosphäre, wie Stickstoff- oder Argon-Atmosphäre, eine Wasserstoffenthaltende Gas-Atmosphäre, ein Kohlenstoffdioxidgas-enthaltende Atmosphäre und dergleichen, verwendet werden. In einer nicht-oxidierenden Atmosphäre wird ein Oxidfilm über der Oberfläche des Aluminium-Legierungsmaterials kaum gebildet.

[0050] Lösungsbehandlung kann entweder durch kontinuierliches Verarbeiten oder durch chargenweises Verarbeiten (nicht-kontinuierliches Verarbeiten) angewendet werden. In dem Fall von kontinuierlichem Verarbeiten wird wahrscheinlich Wärmebehandlung unter gleichförmigen Bedingungen über die gesamte Länge eines langen Drahts angewendet und folglich können die Variationen der Eigenschaften vermindert werden. Ein Heiz-Verfahren ist nicht besonders begrenzt und jedes von Erhitzen, wie elektrisches Heizen, Induktionsheizen und Erhitzen unter Verwendung eines Heizofens, kann übernommen werden. Wenn elektrisches Heizen oder Induktionsheizen als ein Heiz-Verfahren übernommen wird, sind schnelles Erhitzen und schnelles Kühlen erleichtert und folglich kann Lösungsbehandlung in einem kurzen Zeitraum leicht angewendet werden. Wenn Induktionsheizen als ein Heiz-Verfahren übernommen wird, wird, da das Verfahren ein Nicht-Kontakt-Verfahren ist, ein Aluminium-Legierungsmaterial an einer Schädigung gehindert.

[0051] Bei einem Draht-Zieh-Verfahren wird Draht-Ziehen für das Aluminium-Legierungsmaterial angewendet und ein elementarer Draht wird aus einem gegossenen und gewalzten Material gebildet. Ein elementarer

Draht ist ein Draht, der einen elektrischen Draht-Leiter ausmachen kann und einen einzelnen Draht oder einen verdrehten Draht ausmachen kann. Draht-Ziehen wird für das Aluminium-Legierungsmaterial angewendet, das der Lösungsbehandlung unterzogen wurde. Folglich ist das Draht-Zieh-Verfahren ein Verfahren, das nach einem Lösungs-Verfahren angewendet wird. Ein verdrehter Draht kann durch Verdrehen einer gewünschten Anzahl von erhaltenen gezogenen Drähten gebildet werden. Ein erhaltener gezogener Draht wird um eine Trommel gewöhnlich in dem Zustand eines einzelnen Drahts oder eines verdrehten Drahts gewickelt und der nächsten Behandlung unterzogen. Wenn ein Draht-Zieh-Verfahren vor einem Lösungs-Verfahren angewendet wird, verschmelzen elementare Drähte miteinander in dem Lösungs-Verfahren und folglich ist die Produktivität nicht befriedigend.

[0052] Bei einem Alterungs-Verfahren wird Alterungs-Behandlung auf das Aluminium-Legierungsmaterial angewendet. Bei der Alterungs-Behandlung werden die Legierungs-Komponenten (feste lösliche Elemente und Ausscheidungsverfestigungselemente) in einer Aluminium-Legierung, die Lösungsbehandlung unterzogen wurde, erhitzt und somit als Verbindungen ausgeschieden. Das Alterungs-Verfahren ist deshalb ein Verfahren, das nach dem Lösungs-Verfahren angewendet wird. Weiterhin wird ein Alterungs-Verfahren vorzugsweise nach dem Draht-Zieh-Verfahren hinsichtlich der Leichtigkeit von Draht-Ziehen angewendet.

[0053] Alterungs-Behandlung wird bei einer Temperatur nicht geringer als eine Temperatur angewendet, die der Verbindung erlaubt, ausgeschieden zu werden, und wird unter den Bedingungen von Nicht-Erweichen angewendet, weil die Alterungs-Behandlung zur Ausscheidungsverfestigung ausgeführt wird. Folglich liegt eine Temperatur der Alterungs-Behandlung vorzugsweise in dem Bereich von 0°C bis 200°C. Wenn eine Temperatur der Alterungs-Behandlung 200°C übersteigt, erweicht ein Aluminium-Legierungsmaterial in der Regel.

[0054] Wenn die Alterungs-Behandlung bei einer geringeren Temperatur für einen längeren Zeitraum angewendet wird, ist es wahrscheinlicher, dass Ausscheidungen fein dispergiert werden und die Festigkeit der Legierung sich wahrscheinlich erhöhen wird. Wenn Alterungs-Behandlung bei einer hohen Temperatur angewendet wird, werden Ausscheidungen grob und ungleichmäßig gebildet, und die Festigkeit der Legierung wird vermindert. Alterungs-Behandlung wird deshalb vorzugsweise in den Bereichen von 0°C bis 200°C und 1 bis 100 Stunden angewendet. Im Ergebnis werden Ausscheidungen fein dispergiert und der Ausgleich zwischen Festigkeit und elektrischer Leitfähigkeit ist verbessert. Weiterhin wird hinsichtlich der Produktivität Alterungs-Behandlung bevorzugt in den Bereichen von 100°C bis 200°C und 1 bis 24 Stunden angewendet.

[0055] Alterungs-Behandlung kann entweder in der Atmosphäre oder in einer nicht-oxidierenden Atmosphäre angewendet werden. In einer nicht-oxidierenden Atmosphäre wird über der Oberfläche eines Aluminium-Legierungsmaterials kaum ein Oxidfilm gebildet. Alterungs-Behandlung kann entweder durch kontinuierliches Verarbeiten oder durch Chargen-Verarbeiten (nicht-kontinuierliches Verarbeiten) angewendet werden. In dem Fall von kontinuierlichem Verarbeiten wird wahrscheinlich Wärmebehandlung unter gleichförmigen Bedingungen über die gesamte Länge eines langen Drahts angewendet und folglich können die Variationen von Eigenschaften vermindert werden. Ein Heiz-Verfahren ist nicht besonders begrenzt und jede Form von Erhitzen, wie elektrisches Heizen, Induktionsheizen oder Erhitzen unter Verwendung eines Heizofens, kann übernommen werden. Wenn Induktionsheizen als ein Heiz-Verfahren übernommen wird, wird ein Aluminium-Legierungsmaterial daran gehindert, geschädigt zu werden, da das Verfahren ein Nicht-Kontakt-Verfahren ist.

[0056] Ein Erweichungs-Verfahren kann vor einem Alterungs-Verfahren ausgeführt werden. Das heißt, eine Alterungs-Behandlung kann auf das Aluminium-Legierungsmaterial, das Erweichungs-Behandlung unterzogen wurde, angewendet werden. Bei einem Erweichungs-Verfahren wird Erweichungs-Behandlung auf ein Aluminium-Legierungsmaterial angewendet. Die Erweichungs-Behandlung wird zum Entfernen von Verarbeitungsspannungen, erzeugt durch Verarbeiten, wie Draht-Ziehen, angewendet. Ein Erweichungs-Verfahren ist deshalb ein nach dem Draht-Zieh-Verfahren angewendetes Verfahren. Erweichungs-Behandlung wird auf das Aluminium-Legierungsmaterial angewendet, das Draht-Ziehen unterzogen wurde. Dehnungsfähigkeit, die nicht durch ein gewöhnliches Temper-Verfahren für ein Aluminium-Legierungsmaterial vom Wärmebehandlungs-Typ erhalten wird, kann durch Anwenden der Erweichungs-Behandlung erhalten werden und im Ergebnis werden Biegsamkeit, Verarbeitbarkeit zu einem Kabelbaum (Verbesserung der Flexibilität) und Schlagbeständigkeitseigenschaften als Eigenschaften des elektrischen Drahts erhalten.

[0057] Erweichungs-Behandlung wird bei einer Temperatur von nicht geringer als eine zum Erweichen notwendige Temperatur angewendet. Eine Temperatur zur Erweichungs-Behandlung ist deshalb vorzugsweise

250°C oder höher und bevorzugter 300°C oder höher. Wenn eine Temperatur der Erweichungs-Behandlung geringer als 250°C ist, erweicht ein Aluminium-Legierungsmaterial unzureichend. Aus dem Blickwinkel der Produktivität ist im Gegensatz dazu eine Temperatur der Erweichungs-Behandlung vorzugsweise 600°C oder geringer und bevorzugter 550°C oder geringer.

[0058] Erweichungs-Behandlung wird in einem kurzen Zeitraum angewendet, der 10 Sekunden nicht übersteigt. Die Temperatur der Erweichungs-Behandlung ist eine Temperatur, die erlaubt, dass Alterungs-Ausscheidung stattfindet und auch grobe Ausscheidungen erzeugt werden. Wenn sich somit die für die Erweichungs-Behandlung eines Aluminium-Legierungsmaterials des Wärmebehandlungs-Typs, das Lösungsbehandlung unterzogen wurde, abgelaufene Zeit erhöht, sinkt die Festigkeit durch die Alterungs-Ausscheidung. Aus diesem Grund wurde eine Erweichungs-Behandlung in einem sehr kurzen Zeitraum angewendet, um so keine groben Ausscheidungen zu erzeugen (um so keine Alterungs-Ausscheidung zu veranlassen). Und in dieser Hinsicht wird eine Erweichungs-Behandlung vorzugsweise in einem kurzen Zeitraum angewendet, die 5 Sekunden nicht übersteigt.

[0059] Erweichungs-Behandlung, wenn sie durch ein Chargen-Heiz-Verfahren angewendet wird, erfordert eine lange Heizzeit und ist folglich kaum in einem kurzen Zeitraum beendet. Im Ergebnis verläuft Alterungs-Ausscheidung gleichzeitig mit Erweichen. Erweichungs-Behandlung wird deshalb vorzugsweise durch ein kontinuierliches Heiz-Verfahren ausgeführt. Wenn zudem ein kontinuierliches Heiz-Verfahren übernommen wird, wird Wärmebehandlung wahrscheinlich unter gleichförmigen Bedingungen über die gesamte Länge eines langen Drahts angewendet und folglich können Variationen von Eigenschaften vermindert werden. Als ein kontinuierliches Heiz-Verfahren werden ein elektrisches Heiz-Verfahren, ein Induktions-Heiz-Verfahren, ein Ofen-Heiz-Verfahren und dergleichen genannt. Wenn ein elektrisches Heiz-Verfahren oder ein Induktions-Heiz-Verfahren übernommen wird, sind schnelles Erhitzen und schnelles Kühlen erleichtert und folglich wird Lösungsbehandlung wahrscheinlich in einem kurzen Zeitraum angewendet. Wenn ein Induktions-Heiz-Verfahren übernommen wird, wird, da das Verfahren ein Nicht-Kontakt-Verfahren ist, ein Aluminium-Legierungsmaterial daran gehindert, geschädigt zu werden.

[0060] Als Kühl-Verfahren nach einem Heiz-Verfahren in der Erweichungs-Behandlung ist ein schnelles Kühl-Verfahren bevorzugt. Durch Übernehmen von schnellem Kühlen kann ein festes Lösungs-Element am übermäßigen Ausscheiden gehindert werden. Eine Kühl-Geschwindigkeit wird vorzugsweise so eingestellt, dass ein Zeitablauf, während eine Lösungsbehandlungstemperatur auf 100°C oder geringer abfällt, innerhalb 10 Sekunden eingestellt werden kann. Solches schnelles Kühlen kann durch erzwungenes Kühlen, einschließlich Tauchen in eine Flüssigkeit, wie Wasser, oder Luft-Kühlen, erreicht werden.

[0061] Erweichungs-Behandlung kann entweder in der Atmosphäre oder in einer nicht-oxidierenden Atmosphäre angewendet werden. Als eine nicht-oxidierende Atmosphäre kann eine Vakuum-Atmosphäre (verminderte Druck-Atmosphäre), eine Inertgas-Atmosphäre, wie Stickstoff- oder Argon-Atmosphäre, eine Wasserstoffenthaltende Gas-Atmosphäre, ein Kohlenstoffdioxidgas-enthaltende Atmosphäre und dergleichen, verwendet werden. In einer nicht-oxidierenden Atmosphäre wird ein Oxidfilm über der Oberfläche des Aluminium-Legierungsmaterials kaum gebildet.

[0062] Gemäß einem vorstehend gezeigten Herstellungs-Verfahren eines Aluminium-Legierungs-Drahts wird ein elektrischer Aluminium-Draht, der nicht nur in der Dehnungsfähigkeit ausgezeichnet ist, sondern auch der Produktivität unter Halten von hoher Festigkeit und hoher elektrischer Leitfähigkeit genügt, auch in dem Fall eines Drahts mit kleinem Durchmesser erhalten. Ein Aluminium-Legierungsmaterial des Wärmebehandlungs-Typs kann ausgezeichnete Festigkeit durch Ausscheidungsverfestigung einer Metallverbindung zeigen, und kann folglich die Festigkeit erhöhen unter Verhindern der elektrischen Leitfähigkeit am durch ein Zusatzelement veranlassetes Vermindern. Das heißt, das Aluminium-Legierungsmaterial kann sowohl Festigkeit als auch elektrische Leitfähigkeit sicherstellen. Da weiterhin Erweichungs-Behandlung angewendet wird, kann auch ausgezeichnete Dehnungsfähigkeit sichergestellt werden. Da Erweichungs-Behandlung in einem kurzen Zeitraum, der 10 Sekunden nicht übersteigt, angewendet wird, wird eine grobe Metallverbindung daran gehemmt, bei der Erweichungs-Behandlung auszuschneiden, und die Festigkeit wird an einer Abnahme gehemmt. Das heißt, die Festigkeit wird an einer Abnahme gehemmt, während die Spannungen, die durch Draht-Ziehen veranlasst werden, entfernt werden. Da weiterhin Draht-Ziehen nach Lösungsbehandlung angewendet wird, werden elementare Drähte miteinander kaum verschmelzen und die Produktivität ist auch befriedigend. Da Draht-Ziehen nach der Lösungsbehandlung angewendet wird, wird Erweichungs-Behandlung als Wärmebehandlung zum Entfernen eines Verarbeitungsstrangs nach Draht-Ziehen angewendet, was sich von der Lösungsbehandlung unterscheidet.

Beispiele

[0063] Beispiele gemäß der vorliegenden Erfindung werden hierin anschließend erläutert.

[0064] Gießen und Walzen werden zum Schmelzen der Legierung mit den in Tabelle 1 beschriebenen Legierungs-Zusammensetzungen angewendet und Aluminium-Legierungsmaterialien wurden als Drahtstäbe von 9,5 mm im Durchmesser erhalten. Durch Verwendung der erhaltenen Aluminium-Legierungsmaterialien wurden Aluminium-Legierungs-Drähte mit vorbestimmten Draht-Durchmessern durch Lösungsbehandlung, Draht-Ziehen, Erweichungs-Behandlung und Alterungs-Behandlung hergestellt.

(Beispiel 1)

[0065] Ein verdrehter Aluminium-Legierungs-Draht mit einer Konfiguration, wie in **Fig. 1** gezeigt, wurde durch Bündelung und Verdrehen von 19 Aluminium-Legierungs-Drähten von 0,155 mm im Durchmesser bei einem Drillabstand von 16 mm zur Bildung eines verdrehten Drahts ohne Anwenden von ringförmiger Verdichtung hergestellt. Ein umhüllter Draht wurde durch Umhüllen des erhaltenen verdrehten Aluminium-Legierungs-Drahts mit einem Vinylchloridharz von 0,2 mm in der Dicke durch Extrusionsbeschichten hergestellt. Ein Kabelbaum wurde durch Crimpen eines Anschlussstücks an den Leiter des erhaltenen umhüllten Drahts hergestellt.

(Beispiele 2 bis 7, Vergleichs-Beispiele 1 und 2)

[0066] Verdrehte Aluminium-Legierungs-Drähte wurden mit den Bedingungen der Drahtdurchmesser, den Anzahlen der Drähte und des Drillabstands, beschrieben in Tabelle 1, ähnlich zu Beispiel 1 hergestellt. In Beispielen 3, 6 und 7 wurden kreisförmige Verdichtungsformen angewendet und verdrehte Aluminium-Legierungs-Drähte mit einer wie in **Fig. 2** gezeigten Konfiguration hergestellt. Weiterhin wurden umhüllte Drähte und Kabelbäume ähnlich zu Beispiel 1 hergestellt.

[0067] Für jeden der erhaltenen Aluminium-Legierungs-Drähte wurden Zugfestigkeit, Dehnungsfähigkeit, elektrische Leitfähigkeit, eine Versetzungsdichte, die Anzahl von Mg_2Si -Ausscheidungen, das Längen-Breiten-Verhältnis einer Mg_2Si -Ausscheidung und die lange Achse und kurze Achse einer Mg_2Si -Ausscheidung gemessen. Weiterhin wurde für jeden erhaltenen Kabelbaum die Schlagbeständigkeit an einem gecrimpten Teil bewertet.

(Zugfestigkeit und Dehnungsfähigkeit)

[0068] Zugfestigkeit und Dehnungsfähigkeit wurden mit einem Allzweck-Zugtester gemäß JIS Z2241 (Method of Tensile Test for Metallic Materials, 1998) gemessen.

(Elektrische Leitfähigkeit)

[0069] Die elektrische Leitfähigkeit wurde durch ein Brückenverfahren gemessen.

(Versetzungsdichte)

[0070] Ein Metall-Dünnschicht von 0,15 μm in der Dicke wurde aus einem erhaltenen Aluminium-Legierungs-Draht durch ein FIB-Verfahren gebildet, der metallische Dünnschicht wurde mit einem Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM) beobachtet und ein Gebiet von 700 nm \times 850 nm, wo eine größte Anzahl von Versetzungen erkannt wird, wurde fotografiert. Dann wurden parallele Linien vertikal bzw. horizontal über die Fotografie gezogen, und eine Versetzungsdichte ρ wurde durch die Formel $\rho = 2N/(L \times t)$ berechnet, wobei die gesamte Länge der parallelen Linien durch L wiedergegeben wurde, die Anzahl der Überschneidungen, gebildet zwischen den parallelen Linien und Versetzungen, durch N wiedergegeben wurde, die Dicke von einem Probenstück(en) durch t wiedergegeben wurde.

(Menge von Mg_2Si -Ausscheidungen)

[0071] Ein Querschnitt in einer radialen Richtung eines erhaltenen Aluminium-Legierungs-Drahts wurde mit einem Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM) beobachtet. Eine Region von 700 nm \times 850 nm wurde fotografiert und die Anzahl der Ausscheidungen mit den langen Achsen von 5 bis 50 nm in einer nadelförmigen Mg_2Si -Ausscheidung wurde in jedem der 12 Gebiete von 350 nm \times 425 nm gemessen. Der Durch-

schnitt der gemessenen Anzahlen in den 12 Gebieten wurde als die Menge der Mg₂Si-Ausscheidungen berechnet.

(Längen-Breiten-Verhältnis, lange Achse und kurze Achse von Mg₂Si-Ausscheidung)

[0072] Eine Region von 700 nm × 850 nm auf einem Querschnitt in einer radialen Richtung eines erhaltenen Aluminium-Legierungs-Drahts wurde mit einem Transmissions-Elektronenmikroskop (TEM) photographiert, die langen Achsen, die kurzen Achsen und die Längen-Breiten-Verhältnisse von 40 Stücken der Ausscheidungen mit den langen Achsen von 5 bis 50 nm in einer nadelförmigen Mg₂Si-Ausscheidung wurden in jedem der 12 Gebiete von 350 nm × 425 nm gemessen, und die Durchschnitte der gemessenen Werte der 40 Ausscheidungen und der 12 Gebiete wurden als das Längen-Breiten-Verhältnis, die lange Achse und die kurze Achse der Mg₂Si-Ausscheidung berechnet.

(Schlagbeständigkeit)

[0073] Wie in Fig. 3 gezeigt, wurde ein Anschlussstück 2 eines Kabelbaums 3, gebildet durch Crimpen des Anschlussstücks 2 zu einem Ende eines Leiters (verdrillter Aluminium-Legierungs-Draht) eines umhüllten Drahts 1 von 500 mm in der Länge, mit einer Spann-Vorrichtung 4 fixiert, ein Gewicht 5, befestigt an dem anderen Ende des Kabelbaums 3, wurde zu der Höhe aufgezogen, wo das Anschlussstück 2 fixiert war, und das Gewicht 5 wurde frei fallen gelassen. Eine Maximallast (g), bei der ein Leiter (verdrillter Aluminium-Legierungs-Draht) eines umhüllten Drahts 1 nicht bei einem gecrimpten Teil in dem Falltest gebrochen ist, wurde als ein Index der Schlagbeständigkeit betrachtet. Ein Fall, bei dem eine Maximallast 100 g oder mehr war, wurde in der Schlagbeständigkeit als ausgezeichnet betrachtet und ein Fall, bei dem eine Maximallast 300 g oder mehr war, wurde in der Schlagbeständigkeit als besonders ausgezeichnet betrachtet.

[Tabelle 1]

	Komponente (Masse-%)							Verfahren			Struktur		
	Mg	Si	Fe	Zr	Ti	B	Al	Lösung	Kontinuierliches Erweichen	Alterungs-Behandlung	Drillabstand (mm)	Anzahl/ Draht-Durchmesser	Formen
Beispiel 1	0,56	0,43	0,18	0,04	0,01	0,005	Ausgleich	530°C	500°C x in 1 s	150°C x 10 h	16,0	19/0,155	unkomprimiert
Beispiel 2	0,56	0,43	0,18	0,04	0,01	0,005	Ausgleich	530°C	500°C x in 1 s	150°C x 10 h	20,5	7/0,3	unkomprimiert
Beispiel 3	0,56	0,43	0,18	0,04	0,01	0,005	Ausgleich	530°C	500°C x in 1 s	160°C x 10 h	23,8	7/0,32	komprimiert
Beispiel 4	0,62	0,50	0,20	0,05	0,01	0,005	Ausgleich	530°C	500°C x in 1 s	150°C x 10 h	16,0	19/0,155	unkomprimiert
Beispiel 5	0,62	0,50	0,20	0,05	0,01	0,005	Ausgleich	530°C	500°C x in 1 s	150°C x 10 h	20,5	7/0,3	unkomprimiert
Beispiel 6	0,62	0,50	0,20	0,05	0,01	0,005	Ausgleich	530°C	500°C x in 1 s	140°C x 10 h	23,8	7/0,32	komprimiert
Beispiel 7	0,66	0,57	0,22	0,00	0,00	0,00	Ausgleich	530°C	500°C x in 1 s	150°C x 10 h	23,8	7/0,32	komprimiert
Vergleichs-Beispiel 1	0,56	0,43	0,18	0,04	0,01	0,005	Ausgleich	530°C	500°C x in 1 s	250°C x 3 h	16,0	19/0,155	unkomprimiert
Vergleichs-Beispiel 2	0,62	0,50	0,20	0,05	0,01	0,005	Ausgleich	530°C	500°C x in 1 s	150°C x 10 h	16,0	19/0,155	unkomprimiert

[Tabelle 2]

	Versetzungsdichte	Mg ₂ Si-Ausscheidungen (5-50nm)				Zugfestigkeit	Dehnungsfähigkeit	Elektrische Leitfähigkeit	Schlagbeständigkeit
	(cm ⁻²)	Anzahl von Stücken	Längen-Breiten-Verhältnis	Lange Achse (nm)	Kurze Achse (nm)	(MPa)	(%)	%IACS	(9)
Beispiel 1	7×10 ⁸	206	2,6	13	5	230	13	51	150
Beispiel 2	3×10 ⁸	188	3,0	15	5	256	12	52	250
Beispiel 3	9×10 ⁷	245	4,0	10	2,5	245	13	52	650
Beispiel 4	5×10 ⁸	412	4,0	25	6,3	270	11	51	200
Beispiel 5	1×10 ⁸	288	4,2	30	7,1	275	11	50	300

	Versetzungsdichte	Mg ₂ Si-Ausscheidungen (5-50nm)				Zugfestigkeit	Dehnungsfähigkeit	Elektrische Leitfähigkeit	Schlagbeständigkeit
	(cm ⁻²)	Anzahl von Stücken	Längen-Breiten-Verhältnis	Lange Achse (nm)	Kurze Achse (nm)	(MPa)	(%)	%IACS	(9)
Beispiel 6	8×10 ⁷	328	5,1	32	6,3	280	10	51	700
Beispiel 7	5×10 ⁶	566	5,6	22	3,9	248	10	50	500
Vergleichs-Beispiel 1	2×10 ⁶	400	1,9	25	13	140	12	52	50
Vergleichs-Beispiel 2	>10 ¹⁰	300	7,0	30	4,3	248	5	51	80

[0074] In den Aluminium-Legierungs-Drähten von Beispielen 1 bis 7 sind die Mg₂Si-Ausscheidungen nadelförmig, die Längen-Breiten-Verhältnisse sind in dem speziellen Bereich, und folglich sind sie in der Schlagbeständigkeit ausgezeichnet. In den Aluminium-Legierungs-Drähten von Vergleichs-Beispielen 1 und 2 weichen im Gegensatz dazu, obwohl die Mg₂Si-Ausscheidungen nadelförmig sind, die Längen-Breiten-Verhältnisse von dem spezifischen Bereich ab und folglich sind sie in der Schlagbeständigkeit schlecht.

[0075] Obwohl die Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung bis hier genau erläutert wurden, ist die vorliegende Erfindung keinesfalls darauf begrenzt.

Patentansprüche

1. Aluminium-Legierungs-Draht, umfassend:
0,03 Masse-% oder mehr und 1,5 Masse-% oder weniger Mg;
0,02 Masse-% oder mehr und 2,0 Masse-% oder weniger Si; und
0,1 Masse-% oder mehr und 0,6 Masse-% oder weniger Fe, wobei der Rest aus Al und Verunreinigungen besteht,
wobei der Draht nadelförmige Mg₂Si-Ausscheidungen mit einem Längen-Breiten-Verhältnis von 2,0 bis 6,0 umfasst und
wobei die Anzahl der Mg₂Si-Ausscheidungen mit Korndurchmessern von 5 bis 50 nm 100 oder mehr in einem Gebiet von 350 nm × 425 nm auf einem Querschnitt in radialer Richtung des Drahts beträgt.
2. Aluminium-Legierungs-Draht nach Anspruch 1, weiterhin umfassend 0,01 Masse-% oder mehr Zr.
3. Aluminium-Legierungs-Draht nach Anspruch 1 oder 2, weiterhin umfassend 0,08 Masse-% oder weniger Ti.
4. Aluminium-Legierungs-Draht nach Anspruch 3, weiterhin umfassend 0,016 Masse-% oder weniger B.
5. Aluminium-Legierungs-Draht nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einer Versetzungsdichte von 5,0 × 10⁹ cm⁻² oder weniger.
6. Aluminium-Legierungs-Draht nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Mg₂Si-Ausscheidungen Längen von weniger als 40 nm aufweisen.
7. Aluminium-Legierungs-Draht nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Mg₂Si-Ausscheidungen in axialer Richtung des Drahts orientiert sind.
8. Aluminium-Legierungs-Draht nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit einer Zugfestigkeit von 150 MPa oder höher, einer Dehnungsfähigkeit von 5% oder höher und einer elektrischen Leitfähigkeit von 40%IACS oder höher.

9. Aluminium-Legierungs-Draht nach einem der Ansprüche 1 bis 8, mit einem Durchmesser von 0,5 mm oder weniger.

10. Verdrillter Aluminium-Legierungs-Draht, umfassend eine Vielzahl der Aluminium-Legierungs-Drähte nach einem der Ansprüche 1 bis 9, die miteinander verdrillt sind.

11. Verdrillter Aluminium-Legierungs-Draht nach Anspruch 10, gedrückt in radialer Richtung.

12. Umhüllter Draht, umfassend:
einen Leiter, umfassend den Aluminium-Legierungs-Draht nach einem der Ansprüche 1 bis 9; und
einen Isolationsüberzug, der den äußeren Umfang des Leiters umhüllt.

13. Kabelbaum, umfassend:
den umhüllten Draht nach Anspruch 12; und
ein Anschlussstück, befestigt an dem Leiter des umhüllten Drahts.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

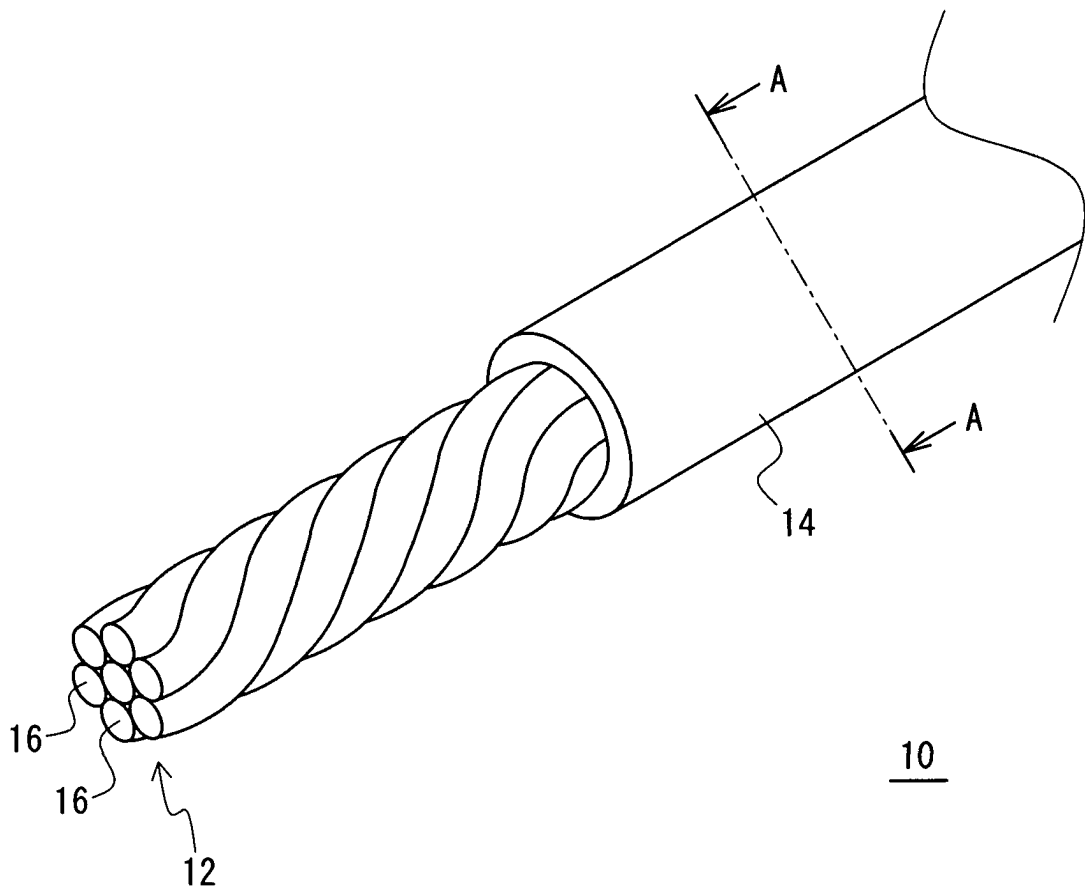


FIG. 1A

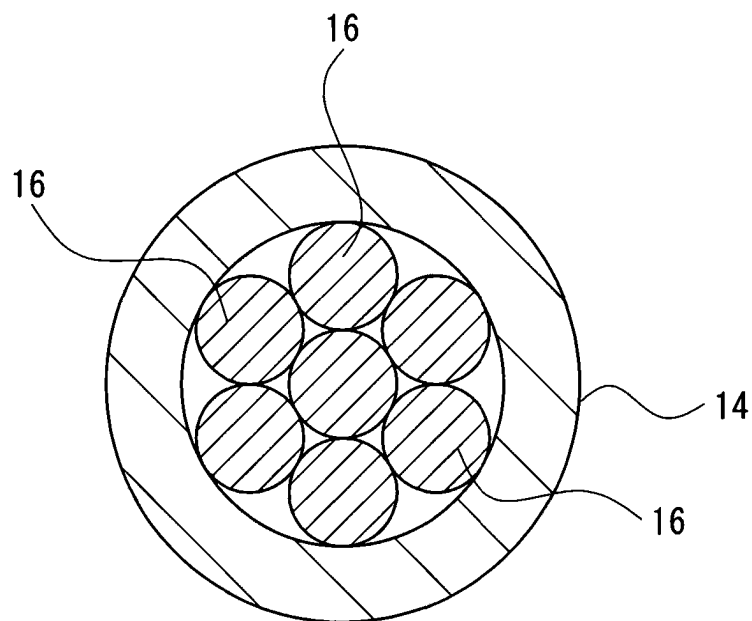


FIG. 1B

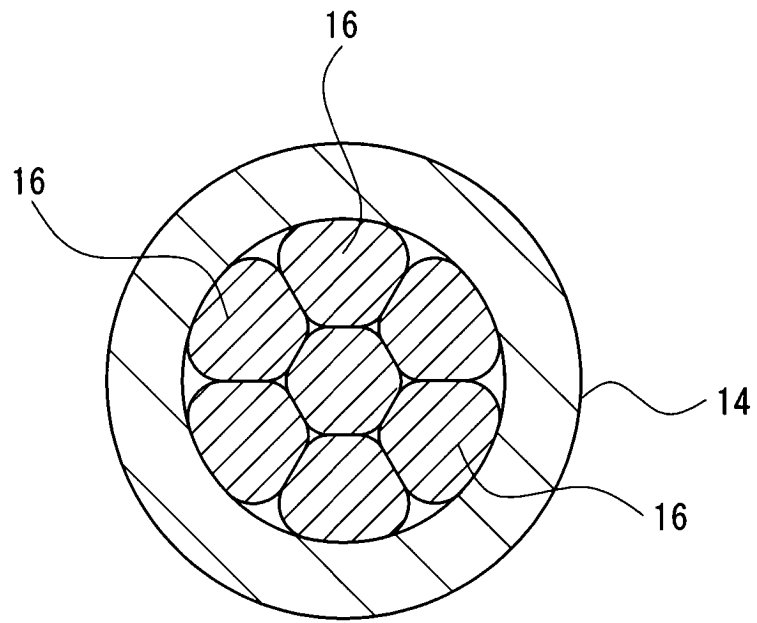


FIG. 2

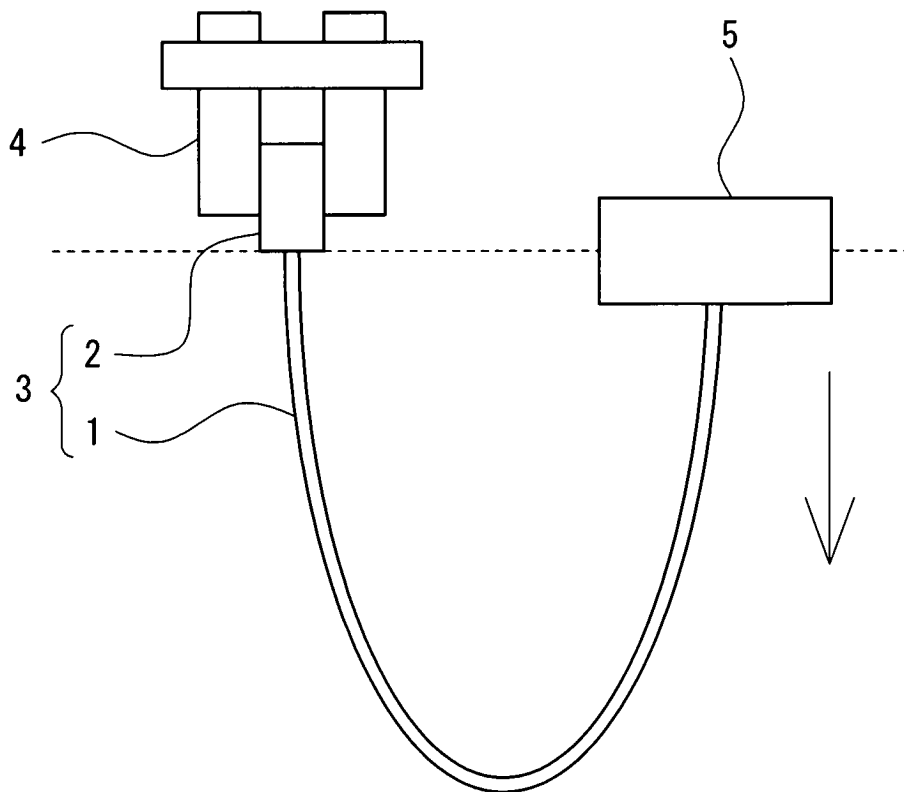


FIG. 3