



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

2002 318

Int.Cl.³

3(51) C 22 F 1/04

C 22 C 21/00

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP C 22 F / 232 579 4	(22)	13.08.81	(44)	30.03.83
(61)	140 759				

(71) VEB MANSF.KOMB.W. PIECK, FORSCHUNGSINSTITUT FUER NE-METALLE; DD;
 (72) Beyer, Bruno, Dr. Dipl.-Ing.; Jacobi, Günter, Dr.; Stumpf, Hans, Dipl.-Ing.; Dammköhler, Paul,
 Dipl.-Metall.; Sauerzapfe, Peter, Dr.-Ing., DD
 (73) siehe (72)
 (74) Dr. Hans-Juergen Creutz, VEB Mansf.-Komb. „W. Pieck“, FI fuer NE-Metalle 9200 Freiberg,
 Lessingstrasse 41

(54) AL-LEITDRAHT MIT ERHOEHTER FESTIGKEIT UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG

(57) Die Erfindung stellt ein Zusatzpatent zu WP 140759 dar. Es wird die gezielte Erhöhung der Festigkeit der nach WP 140759 hergestellten legierten Al-Leitdrähte vom Typ AlFeMg durch definierte Erhöhung des Fe-Gehaltes bei Limitierung des Mg- und Si-Gehaltes sowie durch spezielle verfahrenstechnische Maßnahmen beschrieben. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gelingt es, Al-Leitdrähte im Durchmesserbereich 2,5–3,0 mm mit Festigkeiten von 290–320 MPa und hoher elektrischer Leitfähigkeit zum Einsatz für Freileitungsseile herzustellen. Außerdem können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren legierte Al-Leitdrähte höherer Festigkeit zum vorteilhaften Einsatz für flexible Leitungen hergestellt werden, ohne die im WP 140759 aufgeführte Endverformung oder die sonst erforderliche komplizierte Wärmebehandlung zur Einstellung eines Zwischenzustandes für Erzielung der gewünschten Eigenschaften vornehmen zu können.

232579 4

1

Al-Leitdraht mit erhöhter Festigkeit und Verfahren zu seiner Herstellung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Einsatzgebiete des erfindungsgemäß hergestellten Al-Leitdrahtes sind vor allem spezielle Fälle in der Elektrotechnik, wie z. B. flexible Leitungen und Freileitungen, die bislang anderen Werkstoffen wie Cu oder Al99,5-E vorbehalten waren. Der Werkstoff ist demzufolge beispielsweise geeignet zur Substitution von Cu durch Al. Für Freileitungsseile eingesetzt, können infolge höherer Festigkeit die Mastabstände erweitert oder auch die Stahlseele eliminiert werden. Gegenüber dem Werkstoff Aldrey haben die erfindungsgemäß hergestellten Drähte den Vorteil der besseren elektrischen Leitfähigkeit.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Für verschiedene Anwendungsgebiete wie z. B. für die Substitution von Cu durch Al bei flexiblen Leitungen ist man interessiert an der Herstellung von legierten Al-Leitdrähten mit höherer Festigkeit. Das gelingt durch Zusatz verschiedener Legierungselemente und unter Anwendung spezieller Herstellungsverfahren (siehe WP 140 759). Im Werkstoff $\text{AlFe}_{0,7}\text{Mg}_{0,16}$ wird beispielsweise die Festigkeit von Al-Leitdrähten ($\varnothing 0,5$ mm, Zustand "weich") von 80 MPa auf 100 - 130 MPa erhöht. Für den Einsatz in flexiblen Leitungen, Telefonleitungen oder als Wickeldrähte ist man jedoch an folgenden Eigenschaften

besonders interessiert:

Festigkeit $R_m = 150 \text{ MPa}$

Dehnung $A_{L=100} = 15 \%$

Aus diesem Grunde verfährt man meist so, daß dem Al-Leitdraht im Zustand "weich" noch eine geringere Verformung aufgegeben wird (WP 140 759) oder bei dem kaltverfestigten Draht eine Wärmebehandlung zur Einstellung eines Zwischenzustandes vorgenommen wird. Ersteres ist recht aufwendig, der zweite Weg ist industriell schwierig zu bewerkstelligen, da der in Frage kommende Temperaturbereich zur Einstellung der gewünschten Eigenschaften oft sehr schmal ist und manchmal nur ca. 20 K beträgt. Seine Einhaltung gelingt nur mit sehr hohem anlagentechnischen Aufwand.

Die in der Literatur angegebenen Verfahren und auch die im WP 140 759 angeführte Methode liefern legierte Al-Leitdrähte vom Durchmesser 3,0 mm mit Festigkeiten $R_m \approx 200 - 220 \text{ MPa}$. Für den Einsatz in Freileitungsseilen möchte man jedoch Al-Leitdrähte mit ca. 30 % höherer Festigkeit, um in den Bereich der Leitdrähte der aushärtbaren AlMgSi-Legierung (Aldrey) zu gelangen. Damit könnte der in der Herstellung aufwendigere Werkstoff Aldrey vermieden werden, der zudem noch ungünstigere elektr. Leitfähigkeit aufweist. Außerdem könnte versucht werden, den St/Al-Seile durch einen Seilverband des neuen Werkstoffs zu ersetzen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, im Werkstoffsystem AlFeMg die aufwendigen Schritte der Endverformung (WP 140 759) oder einer diffizilen Rückglühung zur Einstellung von Werkstoffeigenschaften eines Zwischenzustandes zu vermeiden und dennoch die gewünschten Eigenschaften

$$R_m = 150 \text{ MPa}$$

$$A_{L=100} = 15 \%$$

zu erhalten.

Durch den Wegfall der Endverformung wird die Produktionstechnologie vereinfacht und die Arbeitsproduktivität gesteigert. Die Vermeidung einer definierten Wärmebehandlung innerhalb eines schmalen Temperaturbereichs von $\leq 20 \text{ K}$ erübrigt in der Industrie den Aufbau einer komplizierten Wärmebehandlungsanlage.

Es besteht das Ziel, die Festigkeit der kaltverfestigten AlFeMg-Leitdrähte um ca. 30 % gegenüber dem im WP 140 759 beschriebenen Verfahren zu erhöhen, um auch den Einsatz dieser Drähte mit Vorteil für Freileitungsseile z. B. an Stelle von Aldrey- oder St/Al vornehmen zu können.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, im Leitdraht vom Typ AlFe_{0,7}Mg_{0,2} die folgende Kombination der Werkstoffeigenschaften

$$\text{Festigkeit } R_m = 150 \text{ MPa}$$

$$\text{Dehnung } A_{L=100} = 15 \%$$

zu erzielen bei einer im Vergleich zum Al99,5-E maximal 6 %

geringeren elektrischen Leitfähigkeit ($\approx 33,6 \text{ m/ mm}^2$) und ohne durch einen komplizierten Rückglühvorgang einen Zwischenzustand einstellen oder eine Endverformung anwenden zu müssen. Das gelingt durch Erhöhung des Fe-Gehaltes auf mindestens 1,3 Masse-% und Anwendung des Drahtgießwalzverfahrens, bei dem die Gießleiste vor Einlauf in das Walzwerk durch Anwendung einer effektiven Wasserkühlung auf eine Temperatur von $480 - 500^\circ\text{C}$ abgekühlt und ein Properzidraht mit üblichem Durchmesser hergestellt wird.

Dieser Grobdraht wird in üblicher Weise z. B. auf den Enddurchmesser von 0,5 kaltverformt und weichgeglüht. Die Wärmebehandlung kann in einem weiten Temperaturbereich zwischen $250 - 350^\circ\text{C}$ ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden und liefert Al-Leitdraht mit den geforderten Eigenschaften.

Der im Vergleich zum $\text{AlFe}_{0,7}\text{Mg}_{0,2}$ erhöhte Fe-Gehalt und die Möglichkeit, bei der Herstellung des Drahtes von einem dickeren Grobdraht ($\varnothing 15 \text{ mm}$) auszugehen, führt zu einem weiteren Vorteil. Die Festigkeitserhöhung des daraus durch übliche Kaltverformung hergestellten Al-Leitdrahtes im Durchmesserbereich $2,0 - 3,0 \text{ mm}$ ist so hoch, daß Festigkeitswerte von $R_m \approx 300 \text{ MPa}$ erreicht werden. Damit kommt man in die Größenordnung der Festigkeit des Werkstoffs Aldrey, der neben der aufwendigeren Herstellung auch den Nachteil einer geringeren elektrischen Leitfähigkeit aufweist. Der erfindungsgemäß hergestellte Leitdraht vom Typ $\text{AlFe}_{1,3}\text{Mg}_{0,2}$ besitzt im Vergleich zum Aldrey ($\alpha = 28 \text{ m/}\Omega\text{mm}^2$) die elektrische Leitfähigkeit von $\alpha \geq 32,0 \text{ m/}\Omega\text{mm}^2$ und kann deshalb sehr vorteilhaft für Freileitungsseile eingesetzt werden.

Die hohe elektrische Leitfähigkeit im Vergleich zum AlMgSi ergibt sich daraus, daß das zugefügte Fe im wesentlichen in ausgeschiedener Form vorliegt. ESMA-Untersuchungen haben ergeben, daß in der Matrix jeweils nur 0,05 Masse-% Fe gelöst sind, der Rest befindet sich in Ausscheidungen. Dabei ist es notwendig, die Erstarrung im Interesse der Festigkeitssteigerung und den Warmumformprozeß so zu steuern, daß die

Ausscheidungen möglichst klein ($< 2 \mu\text{m}$) und möglichst gleichmäßig im Werkstoff verteilt sind.

AusführungsbeispieleBeispiel 1

Es wird eine Legierung der Zusammensetzung 1,3 % Fe; 0,18 % Mg; 0,10 % Si; Rest Al erschmolzen. Über ein kontinuierlich arbeitendes Gießrad wird eine Gießleiste erzeugt, wobei die Erstarrungsgeschwindigkeit von $\geq 10^{\circ}\text{C/s}$ angewendet wird. Die Gießleiste läuft durch eine spezielle Wasserkühlstrecke und wird dabei soweit abgekühlt, daß die Eintrittstemperatur am Walzwerk 480 - 500 $^{\circ}\text{C}$ beträgt. Der Walzdraht vom Durchmesser 9,5 mm wird bei 470 $^{\circ}\text{C}/2\text{ h}$ heterogenisiert und danach in üblicher Weise zu Draht vom Enddurchmesser 0,5 mm kaltverformt. Der anschließend im Temperaturbereich zwischen 250 - 350 $^{\circ}\text{C}$ weichgeglühte Al-Leitdraht besitzt folgende Eigenschaften:

$$R_m = 152 \text{ MPa}$$

$$A_{L=100} = 17 \%$$

$$\rho_L = 33,9 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

Der Draht eignet sich ausgezeichnet zur Herstellung von mehrdrähtigen flexiblen Leitungen und kann deshalb zur Substitution von Cu durch Al verwendet werden.

Beispiel 2

Aus einer gemäß Beispiel 1 zusammengesetzten Al-Schmelze wird über ein kontinuierlich arbeitendes Gießrad eine Gießleiste erzeugt. Daraus wird unter den im Beispiel 1 angegebenen Bedingungen ein Walzdraht vom Durchmesser 15 mm hergestellt und entweder 470 $^{\circ}\text{C}/2\text{ h}$ oder 350 $^{\circ}\text{C}/3,5\text{ h}$ heterogenisiert. Der daraus durch Kaltverformung hergestellte Draht besitzt folgende Festigkeit:

$\varnothing$ [mm]	R_m [MPa]
2,25	324
2,70	312
3,00	310
3,40	295

Die elektrische Leitfähigkeit beträgt dabei $\geq 32 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2$.

Der Al-Leitdraht kann deshalb mit Vorteil für Freileitungen verwendet werden.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Herstellung von legierten Al-Leitdrähten gemäß WP 140 759, dadurch gekennzeichnet, daß zur gezielten Erhöhung der Festigkeit bei hoher elektrischer Leitfähigkeit die als Ausgangsmaterial dienenden Schmelzen einen Fe-Gehalt bis 2,5 Masse-% aufweisen.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Legierungssystem vorzugsweise aus AlFeMg mit Gehalten von 1,3 Masse-% Fe; $\leq 0,12 \dots 0,20$ Masse-% Mg; $\leq 0,12$ Masse-% Si besteht.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer höheren Festigkeit die mittels Drahtgießwalzanlage hergestellte Gießleiste vor dem Eintritt in das Walzwerk einer Intensivkühlung unterzogen wird zur Einstellung eines definierten Ausscheidungszustandes und damit der entsprechenden Eigenschaftskombination.
4. Verfahren gemäß Punkt 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung der für Freileitungsseile geeigneten Al-Leitdrähte von Walzdrähten mit einem Durchmesser zwischen 10 und 20 mm ausgegangen wird.
5. Verfahren gemäß Punkt 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, daß die so hergestellten Drähte mit einem Cu- oder Ni-Mantel über die gesamte Drahtlänge bzw. auch nur an den Anschlußstellen versehen sind, um spezielle Anforderungen, insbesondere bei der Anwendung im Bereich der Elektrotechnik zu erfüllen.