

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 818 551 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.01.1998 Patentblatt 1998/03

(51) Int. Cl.⁶: **C22C 38/08**, H01F 1/147,
H01H 50/16, C22C 30/00

(21) Anmeldenummer: **97109559.1**

(22) Anmeldetag: **12.06.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

(30) Priorität: **12.07.1996 DE 19628138**

(71) Anmelder: **Krupp VDM GmbH
58791 Werdohl (DE)**

(72) Erfinder:
• **Gehrmann, Bodo, Dipl.-Phys.
58840 Plettenberg (DE)**

- **Kolb-Telieps, Angelika, Dr.
58509 Lüdenscheid (DE)**
- **Heubner, Ulrich, Dr.
58791 Werdohl (DE)**
- **Kramer, Walter, Dipl.-Ing.
57439 Attendorn (DE)**
- **Möttgen, Wolfgang
58515 Lüdenscheid (DE)**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack
Patentanwälte
Kanzlerstrasse 8a
40472 Düsseldorf (DE)**

(54) **Verwendung einer Eisen-Nickel-Legierung für weichmagnetische Bauteile**

(57) Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Eisen-Nickel-Legierung mit 46,0 bis 49,0 % Ni, 0,5 bis 1,0 % Ti, 1,5 bis 2,0 % Nb, max. 0,5 % Mn, max. 0,3 % Si, Rest im wesentlichen Eisen mit einer Koerzitivfeldstärke H_c von max. 12 A/m bei einer Sättigungsflußdichte von größer als 1,35 T und einer mechanischen Härte HV₁₀ > 125 für hochpermeable weichmagnetische Bauteile, vorzugsweise für Anker und Joche von elektromagnetischen Relais.

EP 0 818 551 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Eisen-Nickel-Legierung für hochpermeable weichmagnetische Bauteile mit einer Koerzitivfeldstärke H_c von max. 12 A/m bei einer Sättigungsflußdichte von größer als 1,35 T und einer mechanischen Härte HV10 > 125, insbesondere für Joche und Anker von elektromagnetischen Relais mit einer Härte HV10 > 140.

Es ist bekannt, daß weichmagnetische Eisen-Nickel-Legierungen Anwendung als Werkstoff für Kerne und Joche für elektromagnetische Relais finden. Die Hauptanforderungen, die an solche Bauteile gestellt werden, sind eine hohe Permeabilität und eine sich aus der schmalen Hystereseschleife ergebende niedrige Koerzitivfeldstärke. Eine kleine magnetische Feldstärke, d.h. ein geringer erregender Strom im Luftspalt, soll nämlich eine hohe Flußdichte erzeugen, damit eine hohe Anziehungskraft auf den Anker ausgeübt wird. Außerdem ermöglicht eine niedrige Koerzitivfeldstärke ein leichtes Öffnen des Relais bei Unterbrechung des erregenden Stromes.

Der Stand der Technik für weichmagnetische Eisen-Nickel-Legierungen als Kern- und Joch-Werkstoff für elektromagnetische Relais ist hinsichtlich der magnetischen Eigenschaften in Tabelle 1 beschrieben, die der Norm DIN 17405 "Weichmagnetische Werkstoffe für Gleichstromrelais" bezüglich der Werkstoffgruppe der Nickelstähle und Nickellegierungen auszugsweise entnommen ist.

Die Norm DIN 17745 "Knetlegierungen aus Nickel und Eisen" nennt als Ausgangswerkstoffe für die Sorten RNi 12 und RNi 8 die Legierung Ni 48 (Werkstoffnummern 1.3926 und 1.3927) mit rd. 50 Masse-% Ni. Die Sorten RNi 12 und RNi 8 haben eine Sättigungsflußdichte B_s von etwa 1,5 T. Neben den Relaiswerkstoffen mit etwa 50 Masse-% Nickel gibt es gemäß Tabelle 1 auf der einen Seite die Sorte RNi 24, d.h. Legierungen mit etwa 36 Masse-% Nickel, und auf der anderen Seite die Sorten RNi 5 und RNi 2, welche Legierungen mit etwa 80 Masse-% Nickel sowie mit Gehalten an den Elementen Kupfer, Chrom und Molybdän entsprechen.

Tabelle 1: Magnetische Eigenschaften der Eisen-Nickel-Relaiswerkstoffe nach DIN 17405.

Werkstoff Kurz- name	Werk- stoff- nummer	Koerzitiv- feldstärke H_c (A/m) max.	Magnetische Induktion T (Tesla) min. bei einer Feldstärke H in A/m					Kennzeichnende Legierungs- bestandteile	
			20	50	100	300	500	4000	Massenanteil in %
RNi 24	1.3911	24	0,20	0,45	0,70	0,90	1,00	1,18	36 Ni
RNi 12	1.3926	12	0,50	0,90	1,10	1,25	1,35	1,45	50 Ni
RNi 8	1.3927	8	0,50	0,90	1,10	1,25	1,35	1,45	50 Ni
RNi 5	2.4596	5	0,50	0,65	0,70			0,75	-70 bis 80 Ni, kleine
RNi 2	2.4595	2,5	0,50	0,65	0,70			0,75	Mengen Cu, Cr, Mo

Die Legierungen mit mittleren Nickelgehalten um etwa 50 Masse-% unterscheiden sich sowohl von den Legierungen mit niedrigen Nickelgehalten um etwa 36 Masse-% als auch von den Legierungen mit hohen Nickelgehalten um etwa 80 Masse-% insbesondere durch eine höhere magnetische Induktion bei einer Feldstärke von 4000 A/m, welche der Sättigungsinduktion entspricht. Legierungen mit mittleren Nickelgehalten zwischen etwa 45 und 50 Masse-% weisen die im Zweistoffsystem Eisen-Nickel höchsten erreichbaren Sättigungsinduktionen auf. Die entsprechenden technischen Legierungen sind hierbei frei von weiteren Legierungselementen. Sowohl die hochnickelhaltigen Legierungen als auch die Legierungen mit mittleren und niedrigen Nickelgehalten sind nach einer mehrstündigen Wärmebehandlung bei Temperaturen um 1100°C weich mit mechanischen Härtewerten von HV10 = 90 bis 110.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, eine Eisen-Nickel-Legierung für weichmagnetische Bauteile zu schaffen, welche die geforderte niedrige Koerzitivfeldstärke bei ausreichender Sättigungsinduktion und eine möglichst hohe Permeabilität, vorzugsweise für den Einsatz als Kern- und Joch-Werkstoff für elektromagnetische Relais besitzt und darüberhinaus mechanische Härtewerte von HV10 > 125 erreicht.

Eine erhebliche Steigerung der Festigkeit kann durch Ausscheidungshärtung erzielt werden. Bei Nickel- bzw. Eisenbasislegierungen ist dies durch die Elemente Ti, Al und Nb möglich. Diese Elemente sind in diesen Systemen in

begrenztem Umfang löslich, so daß aus einem übersättigten Mischkristall durch geeignete Glühbehandlung fein verteilte Ausscheidungen in der Matrix erzeugt werden können. Die aufgrund dieser temperaturabhängigen Löslichkeit erzeugten Ausscheidungen erschweren die Bewegung von Versetzungen. Die stärkste Behinderung der Bewegung von Versetzungen in einer Matrix mit fein verteilten Ausscheidungen liegt dann vor, wenn diese einen Durchmesser von rd. 20 - 50 nm haben. Das entspricht in Legierungen mit rd. 50 % Ni aber zugleich auch in etwa der Dicke der Blochwände, so daß man eine zu starke Beeinträchtigung von deren Beweglichkeit erwartet hat, im Gegensatz zu den Legierungen mit höherem Nickelgehalt im Bereich um 77 %, bei denen die Blochwanddicke außerhalb dieser Größenordnung liegt. Die bekannten aushärtbaren hochnickelhaltigen Legierungen mit Ti- und Nb-Zusätzen weisen aber eine relativ niedrige Sättigungsflußdichte auf.

Wie der aus DE-C-29 40 532 bekannte Werkstoff 243 M zeigt, ist eine wesentlich höhere Härte bei einer Eisen-Nickel-Legierung durch Zulegieren von Titan und Niob möglich. Bei einer Zusammensetzung von (in Masse-%) etwa 42 % Ni, 2,1 % Ti und 0,6 % Nb und weiteren Elementen weist dieser Werkstoff nach einer vierstündigen Wärmebehandlung bei 1080°C eine Härte von etwa 340 HV10 auf. Die hierbei vorliegende sehr hohe Koerzitivfeldstärke von etwa 100 A/m und die sehr niedrige Maximalpermeabilität von etwa nur 2500 erfüllen aber nicht die magnetischen Mindestanforderungen für den Einsatz als Kern- und Joch-Werkstoff für elektromagnetische Relais.

Erfindungsgemäß gelingt es nun bei Legierungen mit etwa 50 % Ni eine deutliche Steigerung der mechanischen Härtewerte zu erzielen, ohne daß es zu starkem Permeabilitätsverlust kommt.

Die vorerwähnte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch Verwendung einer Legierung, bestehend aus (in Masse-%):

46,0 bis 49,0 % Nickel,
0,5 bis 1,0 % Titan,
1,5 bis 2,0 % Niob,
max. 0,5 % Mangan,
max. 0,3 % Silizium,

Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

Die erfindungsgemäß zu verwendende Eisen-Nickel-Legierung erzielt die Normwerte der magnetischen Eigenschaften der bekannten Relaiswerkstoffsorten RNi 12 und RNi 8.

Die magnetischen Eigenschaften sind ausreichend dafür, um diese Legierung als Kern- und Joch-Werkstoff für elektromagnetische Relais anzuwenden. So erreicht die Eisen-Nickel-Legierung z.B. nach einer vierstündigen Wärmebehandlung bei 1080°C mit Ofenabkühlung bis 450°C und anschließender Abkühlung an Luft eine Maximalpermeabilität von etwa 35000. Die Koerzitivfeldstärke H_c ist mit etwa 11 A/m sogar niedriger als der in der Norm DIN 17405 für die Werkstoffsorte RNi 12 geforderte maximale Grenzwert von 12 A/m. Diese Werte sind mittels statischer Magnetisierungsmessungen bestimmt worden, die an aus 1,0 mm und 1,5 mm dicken gestanzten Ringen durchgeführt wurden.

Anhand eines Beispiels wird die Erfindung erläutert.

Beispiel

Eine erfindungsgemäß zu verwendende Fe-Ni-Legierung E mit der Zusammensetzung gemäß Tabelle 2 wurde in einem 30 t Lichtbogenofen erschmolzen und nach einer Block- und Warmbandwalzung zu Band der Prüfdicken 1,0 mm und 1,5 mm kaltgewalzt.

Die magnetischen Eigenschaften der Legierung E sind in Tabelle 3 im Vergleich zu den Werten der bekannten Werkstoffe RNi 8, RNi 12 und RNi 24 aufgeführt. Neben den ausreichenden magnetischen Eigenschaften weist der Werkstoff E im geglühten Zustand eine höhere mechanische Härte von etwa HV10 = 145 als die bekannten Werkstoffe mit HV10 = 110 auf. Die höhere mechanische Härte im geglühten Zustand bewirkt eine erhöhte Verschleißfestigkeit der Oberflächen der aus diesem Werkstoff E hergestellten Bauteile.

Tabelle 2

Chemische Zusammensetzung der erfindungsgemäß zu verwendenden Legierung E (in Masse-%)		
Element	Grenzwerte	beispielhafte Zusammensetzung
Cr		<0,01
Ni	46,0 bis 49,0	47,1
Mn	max. 0,5	0,39
Si	max. 0,3	0,26
Mo		<0,01
Ti	0,5 bis 1,0	0,8
Nb	1,5 bis 2,0	1,8
Cu		0,01
S		0,0020
P		0,007
Al		0,028
Mg		0,0010
Co		0,01
C		0,003

Tabelle 3

Magnetische Eigenschaften und Härte der erfindungsgemäß zu verwendenden Legierung E und der bekannten Werkstoffe RNi 24, RNi 12, RNi 8							
Legierung	Koerzitiv-	Magnetische Induktion (T)					
	feldstärke	bei einer Feldstärke H in A/m					
	Hc (A/m)	20	50	100	300	500	4000
E	11	0,91	1,04	1,12	1,25	1,32	1,40
RNi 24	24	0,20	0,45	0,70	0,90	1,00	1,18
RNi 12	12	0,50	0,90	1,10	1,25	1,35	1,45
RNi 8	8	0,50	0,90	1,10	1,25	1,35	1,45

Patentansprüche

1. Verwendung einer Eisen-Nickel-Legierung mit (in Masse-%)

46,0 bis 49,0 % Ni,
0,5 bis 1,0 % Ti,
1,5 bis 2,0 % Nb

EP 0 818 551 A1

max. 0,5 % Mn,

max. 0,3 % Si,

Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen als Werkstoff für weichmagnetische Bauteile, die eine Koerzitivfeldstärke H_c von max. 12 A/m bei einer Sättigungsflußdichte von größer als 1,35 T und eine mechanische Härte HV10 > 125 haben müssen.

2. Verwendung der weichmagnetischen Eisen-Nickel-Legierung nach Anspruch 1 mit einer mechanischen Härte HV10 > 140 als Werkstoff für Joche und Anker von elektromagnetischen Relais.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 10 9559

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A, P	EP 0 740 313 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 30. Oktober 1996 ---	1,2	C22C38/08 H01F1/147 H01H50/16 C22C30/00
A	EP 0 694 624 A (KRUPP VDM GMBH) 31. Januar 1996 ---	1,2	
A	EP 0 489 932 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 17. Juni 1992 ---	1,2	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 539 (C-0782), 28. November 1990 & JP 02 225621 A (DAIDO STEEL CO LTD), 7. September 1990, * Zusammenfassung *	1,2	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 229 (C-436), 25. Juli 1987 & JP 62 040363 A (SUMITOMO SPECIAL METALS CO LTD), 21. Februar 1987, * Zusammenfassung *	1,2	
A	DE 30 12 673 A (UNIV CALIFORNIA) 16. Oktober 1980 -----	1,2	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) B32B C22C H01F H01H
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
MÜNCHEN	26. September 1997	Badcock, G	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)