

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: **81106332.0**

⑤① Int. Cl.³: **H 01 F 41/02, H 01 F 1/16,**
H 01 H 83/14

⑱ Anmeldetag: **14.08.81**

③① Priorität: **19.08.80 DE 3031257**

⑦① Anmelder: **VACUUMSCHMELZE GMBH, Bereich Verträge und Patente Grüner Weg 37 Postfach 2253, D-6450 Hanau 1 (DE)**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: **24.02.82**
Patentblatt 52/8

⑥④ Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

⑦② Erfinder: **Pfeifer, Friedrich, Dipl.-Phys., Zur Fechenmühle, D-6454 Bruchköbel (DE)**
Erfinder: **Kessler, Willi, Im Tannengrund 7, D-6464 Linsengericht 5 (DE)**

⑤④ Verfahren zum Herstellen von Ringbandkernen für Fehlerstromschutzschalter und Verwendung dieser Kerne.

⑤⑦ Es wird ein Verfahren zur Herstellung von Ringbandkernen für Fehlerstromschutzschalter angegeben, bei dem ein aus einem 0,05 bis 0,3 mm dicken Band aus einer Nickel-Molybdän-Kupfer-Eisen-Legierung gewickelter Ringbandkern verschiedenen Wärmebehandlungen unter nichtoxidierender Atmosphäre unterzogen wird.

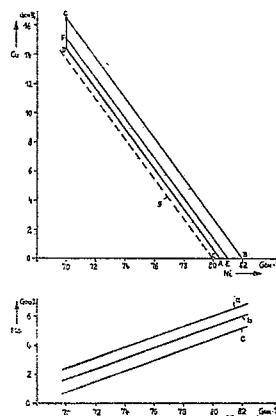
Zur Verbesserung der Temperaturkonstanz des Induktionshubs im üblichen Arbeitstemperaturbereich von Fehlerstromschutzschaltern ist erfindungsgemäss die Verwendung einer Legierung vorgesehen, deren Nickel- und Kupfergehalt im binären System Nickel-Kupfer in dem von dem Viereck A (80,5 Gew.-% Nickel, 0 Gew.-% Kupfer), B (82 Gew.-% Nickel, 0 Gew.-% Kupfer), C (70 Gew.-% Nickel, 16,5 Gew.-% Kupfer), D (70 Gew.-% Nickel, 14,4 Gew.-% Kupfer) begrenzten Gebiet liegt, deren Molybdängehalt z in Gew.-% bei gegebenem Nickelgehalt x in Gew.-% der Bedingung

$$\frac{11}{30} (x-68) \leq z \leq \frac{11}{30} (x-63,5)$$

genügt und die im wesentlichen als Rest Eisen enthält. Ein Ringbandkern aus dieser Legierung wird zunächst

30 min lang zwischen 900 und 1200°C geglüht und dann entsprechend dem Molybdängehalt derart zwischen 450 und 550°C angelassen, dass die magnetische Anisotropie K_1 bei einer Temperatur zwischen -5 und +30°C gleich 0 wird.

Derartige Ringbandkerne eignen sich insbesondere als Summenstromwandlerkerne für pulsstromsensitive Fehlerstromschutzschalter mit einer Auslösestromstärke von 30 mA.



Vacuumschmelze GmbH
Hanau

VP 80 P 9553

Verfahren zum Herstellen von Ringbandkernen für Fehlerstromschutzschalter und Verwendung dieser Kerne

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von
5 Ringbandkernen für Fehlerstromschutzschalter, bei welchem ein aus einem 0,05 bis 0,3 mm dicken Band aus einer Nickel-Molybdän-Kupfer-Eisen-Legierung gewickelter Ringbandkern verschiedenen Wärmebehandlungen unter nichtoxidierender Atmosphäre unterzogen wird.

10

Fehlerstromschutzschalter enthalten üblicherweise einen Summenstromwandler, der aus einem Magnetkern mit Primärwicklungen zum Anschluß an einen zu überwachenden Stromkreis und mit einer Sekundärwicklung besteht, wobei die
15 letztere die Erregerwicklung eines auf ein Schaltschloß für eine Schalteinrichtung einwirkenden Auslösemagneten speist. Tritt im zu überwachenden Stromkreis ein Wechselstrom-Fehlerstrom auf, so entsteht in der Sekundärwick-

18.8.1980
Kb/Bz

lung eine Spannung, auf die der Auslösemagnet anspricht. Dieser betätigt das Schaltschloß der Schaltvorrichtung, welche den zu überwachenden Stromkreis unterbricht. Für die Summenstromwandler von Fehlerstromschutzschaltern, die nur auf Wechselstrom-Fehlerströme ansprechen sollen, verwendet man in der Regel Magnetkerne aus einem Material mit hoher Sättigungsinduktion und hoher Maximalpermeabilität bei der Auslösefeldstärke, also relativ steiler Hystereseschleife. Fehlerstromschutzschalter mit solchen Magnetkernen lösen jedoch häufig bei gepulsten Gleichstrom-Fehlerströmen nicht aus, da die durch den gepulsten Gleichstrom im Wandler erzeugte magnetische Flußänderung nicht ausreicht, um in der Sekundärwicklung des Wandlers eine zum Auslösen des Schalters ausreichende Spannung zu induzieren.

Bei Fehlerstromschutzschaltern, die auch auf gepulste Gleichstrom-Fehlerströme ansprechen sollen, wie sie beispielsweise in Stromkreisen mit Transistorsteuerungen auftreten können, verwendet man daher Ringbandkerne aus sogenannten F-Werkstoffen, die eine niedrige Remanenz und einen relativ großen Induktionshub besitzen. Der letztere muß dabei so groß sein, daß auch eine durch einen pulsierenden, in einer Primärwicklung des Summenstromwandlers fließenden Gleichstrom-Fehlerstrom in der Sekundärwicklung induzierte Spannung zum Betätigen des Auslösemagneten ausreicht. Zusätzlich kann ferner im Sekundärkreis ein Resonanzkondensator vorgesehen sein (DE-PS 20 36 497).

Ein geeigneter Werkstoff für den Magnetkern des Summenstromwandlers eines solchen Fehlerstromschutzschalters ist u.a. eine Eisen-Nickel-Legierung aus 75 bis 82 Gew.-% Nickel, 2 bis 5,5 Gew.-% Molybdän und 0 bis 5 Gew.-% Kupfer, Rest Eisen mit geringen Desoxidations- und Verarbeitungszusätzen, die einer speziellen Wärmebehandlung unterzogen wurde. Im einzelnen wird dabei ein Ringbandkern aus einem 0,03 bis 0,1 mm dicken Band aus der erwähnten Legierung 2 bis 6 Stunden lang bei einer Temperatur zwischen 950 und 1220°C gegläht, zur Einstellung des Zustandes hoher Anfangspermeabilität einer 1- bis 3-stündigen Anlaßbehandlung im Temperaturbereich von 450 bis 600°C unterzogen und schließlich einer 1- bis 50-stündigen Temperung im Temperaturbereich von 250 bis 400°C unterworfen. Die Temperung erfolgt vorzugsweise in einem Magnetfeld dessen Feldlinien im Glühgut quer zur späteren Richtung des magnetischen Flusses im Ringbandkern verlaufen. Derartige Ringbandkerne besitzen neben einem großen Induktionshub auch eine hohe Anfangspermeabilität. Als Induktionshub ΔB bezeichnet man dabei die Differenz zwischen der Induktion bei Sättigung oder bei maximaler Aussteuerung, beispielsweise bei einer Feldstärke 15 mA/cm, und der Remanenz. Die Impulspermeabilität ist definiert als $\mu_I = \mu_0 \frac{\Delta B}{\Delta H}$, wobei μ_0 die Permeabilität des leeren Raumes und ΔH den Feldstärkenhub bedeuten (DE-AS 2 044 302, DE-PS 1 558 820, ETZ-A 89 (1968), Seiten 601 bis 604).

Die bislang bei Fehlerstromschutzschaltern zum Einsatz gekommenen Legierungen aus dem vorstehend genannten Legierungsbereich waren durch entsprechende Bemessung des Nickel- und Kupfer-Gehaltes so ausgewählt, daß die

Magnetostriktion λ_{111} in $\langle 111 \rangle$ -Richtung etwa gleich 0 ist. Durch die Glühbehandlung und die Anlaßbehandlung wird dabei eine hohe Anfangspermeabilität bei einer Kristallanisotropie $K_1 = 0$ eingestellt und schließlich mit
5 der Temperung im magnetischen Querfeld eine niedrige Remanenz erhalten. Insgesamt ergeben sich Magnetkerne mit niedriger Remanenz, hoher Impulspermeabilität und großem Induktionshub, die in Fehlerstromschutzschaltern auch auf pulsierende Gleichströme ansprechen.

10

In Anbetracht der hohen erforderlichen Stückzahlen solcher Ringbandkerne ist jedoch die dreifache Wärmebehandlung und dabei insbesondere die aufwendige Temperung im magnetischen Querfeld von Nachteil.

15

Nun könnte man in Fällen, bei denen nicht unbedingt der maximale Induktionshub erforderlich ist, gegebenenfalls daran denken, die Temperung im magnetischen Querfeld einfach wegzulassen und dafür eine höhere Remanenz und
20 eine entsprechende Verringerung des Induktionshubs in Kauf zu nehmen. Die Folge wäre eine gerundete, nicht mehr ganz so flache Hystereseschleife. Dies ist jedoch, wie eigene Untersuchungen gezeigt haben, bei den bisher für Fehlerstromschutzschalter verwendeten Legierungen
25 mit $\lambda_{111} = 0$ nicht möglich, da dann der Induktionshub nicht nur geringer wird, sondern auch hinsichtlich seiner Temperaturkonstanz nicht mehr ausreicht.

30

Es hat sich nämlich herausgestellt, daß der Induktionshub bei Abweichungen von derjenigen Umgebungstemperatur stark abnimmt, auf die für die jeweilige Legierung durch die Anlaßbehandlung gerade $K_1 = 0$ eingestellt wurde und

bei der damit auch für die entsprechende Anlaßtemperatur das Maximum des Induktionshubs liegt. Ist beispielsweise $K_1 = 0$ durch die Anlaßbehandlung auf eine Umgebungstemperatur von 20°C eingestellt, so hat die mangelnde Temperaturkonstanz des Induktionshubs ΔB zur Folge, daß der Fehlerstromschutzschalter zwar bei einer Umgebungstemperatur von 20°C noch auf einen pulsierenden Gleichstrom-Fehlerstrom anspricht, daß aber bei Änderung der Umgebungstemperatur nach oben oder unten infolge der Verminderung des Induktionshubs die in der Sekundärwicklung des Summenstromwandlers induzierte Flußänderung nicht mehr ausreicht, um den Schalter auszulösen.

Aufgabe der Erfindung ist es, Ringbandkerne für Fehlerstromschutzschalter derart herzustellen, daß die Temperung im magnetischen Quersfeld entfällt und dennoch die Temperaturkonstanz des Induktionshubs so gut ist, daß der Fehlerstromschutzschalter im üblichen Arbeitstemperaturbereich von -5°C bis $+80^{\circ}\text{C}$ und möglichst noch über diesen Bereich hinaus durch pulsierende Gleichstrom-Fehlerströme sicher ausgelöst wird.

Dies wird bei einem Verfahren der eingangs erwähnten Art erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß eine Legierung verwendet wird, deren Nickel- und Kupfer-Gehalt im binären System Nickel-Kupfer in dem von dem Viereck A (80,5 Gew.-% Nickel, 0 Gew.-% Kupfer), B (82 Gew.-% Nickel, 0 Gew.-% Kupfer), C (70 Gew.-% Nickel, 16,5 Gew.-% Kupfer), D (70 Gew.-% Nickel, 14,4 Gew.-% Kupfer) begrenzten Gebiet liegt, deren Molybdän-Gehalt z in Gew.-% bei gegebenem Nickel-Gehalt x in Gew.-% der Be-

dingung

$$\frac{11}{30} (x-68) \leq z \leq \frac{11}{30} (x-63,5)$$

genügt und die, abgesehen von geringfügigen Verunreinigungen und den üblichen verarbeitungsfördernden und desoxidierenden Zusätzen, zum restlichen Teil aus Eisen besteht, und daß der Ringbandkern zunächst wenigstens 30 Minuten lang zwischen 900 und 1200°C geglüht und dann entsprechend dem Molybdän-Gehalt derart zwischen 450 und 550°C angelassen wird, daß die magnetische Anisotropie K_1 bei einer Temperatur zwischen -5°C und +30°C gleich 0 wird.

Im Gegensatz zu den bisher bei Fehlerstromschutzschaltern für pulsierende Gleichstrom-Fehlerströme verwendeten Ringbandkernen aus Legierungen mit einer Magnetostriktion $\lambda_{111} = 0$ ist bei den erfindungsgemäß hergestellten Ringbandkernen durch entsprechende Bemessung des Nickel- und Kupfer-Gehaltes die Sättigungsmagnetostriktion λ_s auf etwa 0 eingestellt. Genauer gesagt liegt sie innerhalb des von dem Viereck A-D begrenzten Gebietes zwischen $0,5 \cdot 10^{-6}$ und $(-1) \cdot 10^{-6}$. Durch entsprechende Abstimmung der Anlaßtemperatur und des Molybdän-Gehaltes wird ferner die Kristallanisotropie K_1 für eine Temperatur zwischen -5°C und +30°C, beispielsweise für eine Temperatur von 20°C, auf etwa 0 eingestellt. Bei vorgegebenem Nickel-Gehalt benötigt man hierzu mit wachsendem Molybdän-Gehalt abnehmende Anlaßtemperaturen. Reduziert man bei vorgegebenem Nickel-Gehalt und vorgegebenem Molybdän-Gehalt die Anlaßtemperatur, so wird die Umgebungstemperatur, für die $K_1 = 0$ ist, etwas abgesenkt.

- Überraschenderweise hat sich herausgestellt, daß bei den nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Ringbandkernen der Induktionshub bei Abweichung von der Umgebungstemperatur, bei der im jeweiligen Fall $K_1 = 0$ ist und bei der damit das jeweilige Maximum des Induktionshubs liegt, im Temperaturbereich zwischen -10°C und $+80^{\circ}\text{C}$ weit weniger abnimmt, als dies bei Legierungen mit $\lambda_{111} = 0$ der Fall ist.
- 10 Besonders günstig ist es, die Ringbandkerne bei einer Temperatur zwischen 900 und 1050°C zu glühen. Dadurch nimmt zwar der maximale Induktionshub im Vergleich zu höheren Glühtemperaturen etwas ab, jedoch wird die Abhängigkeit des Induktionshubs von der Umgebungstemperatur noch weiter verringert.

- Damit das jeweilige Maximum des Induktionshubs in den Bereich der überwiegenden Arbeitstemperatur von Fehlerstromschutzschaltern zu liegen kommt, ist es ferner besonders günstig, die Ringbandkerne zwischen 470 und 520°C in Abhängigkeit vom Molybdän-Gehalt derart anzulassen, daß K_1 bei einer Temperatur zwischen 0 und 20°C gleich Null wird. Die zweckmäßige Dauer der Anlaßbehandlung ist von der Temperatur abhängig. Bei höheren Temperaturen genügen kürzere Zeiten. Bei einer Anlaßtemperatur von 480°C sollte die Anlaßbehandlung mindestens 30 Minuten dauern.

- Die erfindungsgemäß hergestellten Ringbandkerne eignen sich insbesondere für die kleineren Bauarten der pulssensitiven Fehlerstromschutzschalter, also insbesondere für Fehlerstromschutzschalter mit einer Auslösestrom-

stärke von 30 mA und für Ströme von z.B. 25 oder 40 A. Bei weniger empfindlichen Fehlerstromschutzschaltern mit höheren Auslöseströmen werden die Kerne weiter angesteuert, so daß man Werkstoffe mit höherer Koerzitivfeldstärke verwenden muß. Bei Schaltern für höhere Ströme ist innerhalb des Kernes in der Regel weniger Platz, so daß man die Anzahl der Windungen der Sekundärwicklung reduzieren muß und deshalb Kerne aus Legierungen mit höheren Induktionshüben benötigt. Selbstverständlich kann man die erfindungsgemäß hergestellten Magnetkerne aber bei ausreichendem Platz auch für solche Fehlerstromschutzschalter verwenden.

Ferner bieten die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Ringbandkerne auch Vorteile als Summenstromwandlerkerne für Fehlerstromschutzschalter für Wechselstrom-Fehlerströme, wenn dort eine besonders gute Temperaturkompensation gewünscht wird.

Weiterhin sind die erfindungsgemäß hergestellten Ringbandkerne auch für elektronische Schutzschalter hoher Empfindlichkeit geeignet, für die eine geringe Temperaturabhängigkeit der Permeabilität und eine hohe magnetische Stabilität der verwendeten Kerne gefordert wird. Hohe Stabilität bedeutet dabei, daß das Verhältnis remanente Permeabilität zu Permeabilität im entmagnetisierten Zustand möglichst nahe bei 1 liegen soll. Beispielsweise kann der Schutzschalterkern durch einen Kurzschlußstrom in den remanenten Zustand geraten, wonach bei zu niedriger remanenter Permeabilität keine Auslösung beim Nennfehlerstrom mehr erfolgen würde.

Anhand einiger Figuren und Ausführungsbeispiele soll die Erfindung noch näher erläutert werden.

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem binären System Nickel-Kupfer mit dem erfindungsgemäß auszuwählenden Legierungsbereich.

Figur 2 zeigt schematisch im System Nickel-Molybdän die Molybdän-Gehalte der Legierungen, für die bei vorgegebenem Nickel-Gehalt je nach der angewandten Anlaßtemperatur K_1 bei 20°C etwa Null wird.

Figuren 3 und 4 zeigen für eine beispielhafte anmeldungsgemäße Legierung den statischen bzw. dynamischen Induktionshub bei 20°C in Abhängigkeit von der Anlaßtemperatur.

Figuren 5 und 6 zeigen die Abhängigkeit des statischen bzw. dynamischen Induktionshubs für eine beispielhafte anmeldungsgemäße Legierung und verschiedene Anlaßtemperaturen von der Umgebungstemperatur bei der Messung.

Figuren 7 und 8 zeigen die entsprechende Abhängigkeit für die gleiche beispielhafte Legierung, jedoch mit niedrigerer Glühtemperatur.

Figuren 9 und 10 zeigen die entsprechende Abhängigkeit für eine Vergleichslegierung.

Figur 11 zeigt für eine beispielhafte anmeldungsgemäße Legierung und verschiedene Anlaßtemperaturen die Abhängigkeit der Induktion von der Umgebungstemperatur bei der Messung.

Figur 12 zeigt für eine beispiel-hafte anmeldungsgemäße Legierung die Abhängigkeit der Permeabilität von der Umgebungstemperatur bei der Messung.

- 5 In Figur 1 ist für Nickel-Molybdän-Kupfer-Eisen-Legierungen ein Ausschnitt aus dem binären System Nickel-Kupfer dargestellt. An der Abszisse ist der Nickel-Gehalt, an der Ordinate der Kupfer-Gehalt jeweils in Gewichts-% aufgetragen. Die erfindungsgemäß zu verwendenden Legierungen liegen in dem Viereck A (80,5 Ni, 0 Cu),
10 B (82 Ni, 0 Cu), C (70 Ni, 16,5 Cu), D (70 Ni, 14,4 Cu). Entlang der Geraden AD ist die Sättigungsmagnetostriktion der Legierungen etwa $\lambda_s = 0,5 \cdot 10^{-6}$, entlang der Geraden BC etwa $\lambda_s = (-1) \cdot 10^{-6}$. Die Legierungen, deren
15 Sättigungsmagnetostriktion λ_s etwa gleich Null ist, liegen auf bzw. in unmittelbarer Nähe der durch den Punkt E (81 Ni, 0 Cu) parallel zu den Geraden AD und BC verlaufenden Geraden EF. Links von der Geraden EF ist also $\lambda_s \geq 0$, rechts von der Geraden EF $\lambda_s \leq 0$. Die bisher
20 bei Ringbandkernen für Fehlerstromschutzschalter eingesetzten Legierungen liegen außerhalb des Vierecks ABCD auf bzw. in unmittelbarer Nachbarschaft der durch den Punkt G (80 Ni, 0 Cu) parallel zu den Geraden AD und BC verlaufenden, unterbrochen gezeichneten Geraden g, die
25 etwa der Magnetostriktion $\lambda_{111} = 0$ entspricht.

- Figur 2 zeigt für die erfindungsgemäß zu verwendenden Legierungen mit 70 bis 82 Gew.-% Nickel den entsprechenden Ausschnitt aus dem binären System Nickel-Molybdän. An der Abszisse ist wiederum der Nickel-Gehalt, an der Ordinate der Molybdän-Gehalt jeweils in Gewichts-% aufgetragen. Die Geraden a, b und c entsprechen näherungsweise dem zum jeweiligen Nickel-Gehalt
- 30

gehörenden Molybdän-Gehalt, bei dem die Kristallanisotropie K_1 der entsprechenden Legierung gemessen bei einer Umgebungstemperatur von 20°C etwa gleich Null ist, mit der Anlaßtemperatur als Parameter. Im einzelnen entspricht die Gerade a einer Anlaßtemperatur von etwa 450°C , die Gerade b einer Anlaßtemperatur von etwa 480°C und die Gerade c einer Anlaßtemperatur von etwa 550°C . Die zwischen den Geraden liegenden Bereiche entsprechen den dazwischenliegenden Anlaßtemperaturen.

10

Wie man aus Figur 2 sieht, nimmt bei gegebenem Nickel-Gehalt die Anlaßtemperatur, mit der man bei 20°C $K_1 \approx 0$ erreichen kann, mit zunehmendem Molybdän-Gehalt tendenziell ab. Wenn x den Nickel-Gehalt in Gewichts-% und z den Molybdän-Gehalt in Gewichts-% bedeuten, entspricht den Geraden a, b und c die Geradengleichung

15 $x - \frac{30}{11} z - C = 0$, wobei für die Gerade a etwa $C = 63,5$, für die Gerade b $C = 65,5$ und für die Gerade c $C = 68,0$ ist. Daraus ergibt sich für die zwischen den
20 Geraden a und c liegenden Molybdän-Gehalte z bei gegebenem Nickel-Gehalt x die Bedingung
 $\frac{11}{30} (x-68) \leq z \leq \frac{11}{30} (x-63,5)$.

Wählt man bei vorgegebenem Nickel- und Molybdän-Gehalt
25 eine niedrigere Anlaßtemperatur, als sie für $K_1 = 0$ bei 20°C erforderlich ist, so wird für eine etwas niedrigere Umgebungstemperatur $K_1 = 0$. Umgekehrt erhöht sich die Umgebungstemperatur, für die man $K_1 = 0$ erhält, wenn man die Anlaßtemperatur über den zur Erzielung von $K_1 = 0$ bei 20°C ^{erforderlichen Wert} anhebt. Auch bei Wahl einer
30 von 20°C abweichenden Umgebungstemperatur zwischen -5°C und $+30^\circ\text{C}$, bei der $K_1 = 0$ werden soll, wird man jedoch

in der Regel hinsichtlich des Molybdän-Gehaltes der Legierung innerhalb der durch die Geraden a und c in Figur 2 gegebenen Grenzen verbleiben.

- 5 Neben den Hauptlegierungskomponenten Nickel, Kupfer, Molybdän und Eisen können die erfindungsgemäß zu verwendenden Legierungen, wie bereits erwähnt, abgesehen von geringfügigen Verunreinigungen, noch die üblichen ver-
10 arbeitungsfördernden und desoxidierenden Zusätze enthalten, vorzugsweise Mangan bis zu höchstens 1 Gewichts-% und Silizium bis zu höchstens 0,5 Gewichts-%. Besonders günstig sind Mangan-Gehalte bis zu etwa 0,5 Gewichts-% und Silizium-Gehalte zwischen 0,1 und 0,3 Gewichts-%. Der Gehalt der Legierungen an üblichen Verunreinigungen
15 soll möglichst gering sein.

- Der Einfluß der Legierungszusammensetzung sowie der Glüh- und Anlaßtemperatur auf die Eigenschaften, die für die Verwendung der erfindungsgemäßen Legierungen für
20 Ringbandkerne von pulssensitiven Fehlerstromschutzschaltern wesentlich sind, werden im folgenden an verschiedenen Legierungen beispielhaft dargestellt. Die Zusammensetzung der Legierungen ist in Tabelle 1 in Gewichts-% angegeben. Die Legierungen 1 bis 12 sind
25 erfindungsgemäß zu verwendende Legierungen. Bei der Legierung 13 handelt es sich um eine Vergleichslegierung mit $\lambda_{111} \approx 0$.

T a b e l l e 1

Legierung	Ni	Cu	Mo	Mn	Si	Fe
1	77,8	4,4	4,42	0,45	0,15	Rest
5 2	77,7	4,5	4,72	0,46	0,13	"
3	77,55	4,5	4,4	0,48	0,12	"
4	77,45	4,65	4,16	0,5	0,15	"
5	77,2	4,55	4,35	0,5	0,15	"
6	77,4	4,5	4,4	0,49	0,14	"
10 7	76,85	6,0	4,05	0,5	0,15	"
8	78,25	4,50	4,75	0,5	0,15	"
9	80,95	0	5,75	0,5	0,15	"
10	72,95	11,2	2,6	0,5	0,15	"
11	77,4	4,55	4,40	0,51	0,11	"
15 12	77,6	4,45	4,42	0,47	0,12	"
13	76,9	4,5	3,9	0,51	0,14	"

Die Legierungen wurden in üblicher Weise im Vakuum erschmolzen. Die Blöcke wurden auf eine Dicke von 7 mm
 20 heiß und dann unter Einschaltung von Zwischenglühungen bei Temperaturen zwischen etwa 800 und 1100°C kalt auf eine Enddicke von 0,08 mm gewalzt.

Das so hergestellte Band wurde in 22 mm breite Streifen
 25 geschnitten. Aus diesen wurden in üblicher Weise Ringbandkerne mit einem Außendurchmesser von 25 mm, einem Innendurchmesser von 17,5 mm und einer der Bandbreite entsprechenden Höhe von 22 mm hergestellt. Die Kerne wurden dann etwa 5 Stunden lang unter Wasserstoff bei
 30 Temperaturen im Bereich von 900 bis 1150°C geglüht und dann ebenfalls unter Wasserstoff bei Temperaturen im Bereich von 450 bis 550°C etwa 2 Stunden lang angelassen.

Nach dem Anlassen wurden die Kerne zum Einfrieren des Anlaßzustandes an Luft abkühlen gelassen.

- An den so hergestellten Ringbandkernen wurden der statische Induktionshub ΔB_{stat} und der dynamische Induktionshub ΔB_{dyn} jeweils bei einer Feldstärkenamplitude $\hat{H} = 15 \text{ mA/cm}$ bestimmt. Zu diesem Zweck wurde der Ringbandkern mit einer Erreger- und einer Meßwicklung versehen und der Erregerwicklung Wechselstrom zugeführt.
- 10 Der bei Zufuhr von einweggleichgerichtetem Wechselstrom gemessene Induktionshub wird als statischer Induktionshub, der bei Zufuhr von zweiweggleichgerichtetem Wechselstrom gemessene Induktionshub als dynamischer Induktionshub bezeichnet. Gemessen wurde bei verschiedenen
- 15 Temperaturen im Bereich von -20°C bis $+80^{\circ}\text{C}$, um die Abhängigkeit von ΔB von der Meßtemperatur und damit auch von den in den Fehlerstromschutzschaltern auftretenden unterschiedlichen Betriebstemperaturen zu ermitteln. Ferner wurde die Abhängigkeit von ΔB bei Raumtemperatur, d.h. 20°C , von der Anlaßtemperatur ermittelt.
- 20

Eine Auswahl von Meßergebnissen ist in den Figuren 3 bis 10 und in Tabelle 2 dargestellt.

- 25 In den Figuren 3 und 4 ist die Abhängigkeit von ΔB_{stat} bzw. ΔB_{dyn} , gemessen bei 20°C , von der Anlaßtemperatur t_A dargestellt. Die Anlaßtemperatur ist jeweils an der Abszisse in $^{\circ}\text{C}$, ΔB an der Ordinate in Tesla aufgetragen.

Die Kurven 1 wurden an der Legierung Nr. 1, die Kurven 2 an der Vergleichslegierung Nr. 13 gemessen. Beide Legierungen waren vor der Anlaßbehandlung einer Glühbehandlung bei 1150°C unterzogen worden. Das Maximum von ΔB wird bei den Kurven 1 jeweils bei einer Anlaßtemperatur von etwa 485°C erreicht. Dieses Maximum entspricht dem Zustand, in dem bei 20°C $K_1 = 0$ ist. Will man also bei der bei 1150°C geglühten Legierung Nr. 1 für eine Umgebungstemperatur von 20°C $K_1 = 0$ einstellen, so muß man den Ringbandkern bei etwa 485°C anlassen. Entsprechendes gilt auch für die übrigen Legierungen, bei denen sich die zur Einstellung von $K_1 = 0$ bei 20°C erforderliche Anlaßtemperatur durch Bestimmung des Maximums von ΔB bei 20°C in Abhängigkeit von der Anlaßtemperatur analog ermitteln läßt.

In den Figuren 5 und 6 sind für die Legierung Nr. 1, die einer Glühbehandlung bei 1150°C unterzogen wurde, ΔB_{stat} bzw. ΔB_{dyn} in Abhängigkeit von der Meßtemperatur t_M , d.h. von der während der Messung herrschenden Umgebungstemperatur dargestellt, und zwar für drei verschiedene Anlaßtemperaturen. An der Abszisse ist die Meßtemperatur t_M in $^{\circ}\text{C}$, an der Ordinate ΔB in Tesla aufgetragen. Die Kurven 11 entsprechen einer Anlaßtemperatur von 485°C , die Kurven 12 einer Anlaßtemperatur von 480°C und die Kurven 13 einer Anlaßtemperatur von 475°C . Die Maxima der Kurven entsprechen jeweils der Umgebungstemperatur, bei der $K_1 = 0$ ist. Es ist deutlich zu erkennen, daß sich diese Temperatur mit abnehmender Anlaßtemperatur von 20°C nach 0°C verschiebt. Man kann also bei vorgegebener Legierung durch unterschiedliche Wahl der Anlaßtemperatur K_1 für verschiedene Umgebungstempe-

raturen gleich Null machen. Obwohl sich ΔB bei 20°C bei Verschiebung von $K_1 = 0$ zu tieferen Temperaturen verringert, kann eine solche Verschiebung dennoch günstig sein, weil dabei, wie die Figuren 5 und 6 zeigen, ein
5 flacherer Verlauf der ΔB -Kurven und damit eine Verringerung der Temperaturabhängigkeit von ΔB von der Umgebungstemperatur erzielt werden kann. Will man beispielsweise eine möglichst große Temperaturunabhängigkeit von ΔB_{dyn} im Temperaturbereich von -20°C bis $+80^{\circ}\text{C}$
10 erreichen, so ist die Kurve 13 günstig, während sich die Kurve 12 empfiehlt, wenn man nur auf den Temperaturbereich von -5°C bis $+80^{\circ}\text{C}$ Wert legt.

In den Figuren 7 und 8 ist wiederum ΔB_{stat} und ΔB_{dyn}
15 der Legierung Nr. 1 in Abhängigkeit von der Meßtemperatur dargestellt, nun aber für einen Ringbandkern, der vor der Anlaßbehandlung einer fünfstündigen Glühbehandlung bei 950°C unterzogen wurde. Die Kurven 14 entsprechen einer Anlaßtemperatur von 485°C , die Kurven 15
20 einer Anlaßtemperatur von 480°C und die Kurven 16 einer Anlaßtemperatur von 475°C . Auch hier sieht man wiederum deutlich, daß sich das Maximum von ΔB und damit der Zustand mit $K_1 = 0$ zu tieferen Temperaturen verschiebt, wenn die Anlaßtemperatur verringert wird. Wie ein Ver-
25 gleich mit den Figuren 5 und 6 zeigt, nimmt der maximale Induktionshub bei Erniedrigung der Glühtemperatur zwar ab, jedoch werden die ΔB -Kurven noch flacher und die Abhängigkeit von ΔB von der Umgebungstemperatur wird noch weiter verringert. Bei den Kurven 16 ist das
30 Maximum von ΔB zu Temperaturen von -20°C oder noch weniger verschoben. Obwohl die Kurven 16 sehr flach ver-

laufen und wegen der geringen Temperaturabhängigkeit zunächst sehr günstig erscheinen, kommt durch die Verschiebung jedoch das Maximum von ΔB außerhalb des Bereiches der üblichen Arbeitstemperaturen von Fehlerstromschutzschaltern zu liegen und die hauptsächlich interessanten ΔB -Werte bei höheren Temperaturen sind schon verhältnismäßig weit abgesenkt. Eine Verschiebung des Maximums von ΔB und damit von $K_1 = 0$ auf eine Temperatur unterhalb von -5°C wäre daher für Fehlerstromschutzschalterkerne weniger günstig.

Die Figuren 9 und 10 zeigen schließlich ΔB_{stat} und ΔB_{dyn} der Vergleichslegierung Nr. 13 in Abhängigkeit von der Meßtemperatur. Die Glühbehandlung erfolgte bei 1150°C . Die Kurve 21 entspricht einer Anlaßtemperatur von 480°C , die Kurve 22 einer Anlaßtemperatur von 490°C und die Kurve 23 einer Anlaßtemperatur von 500°C . Im Vergleich mit den Figuren 5 bis 8 wird die sehr starke Abhängigkeit von ΔB der Vergleichslegierung von der Umgebungstemperatur unmittelbar deutlich. Die Vergleichslegierung Nr. 13 eignet sich daher ^{ohne Temperung im magnetischen Querfeld} nicht für Ringbandkerne von pulssensitiven Fehlerstromschutzschaltern.

Zahlenmäßig sind einige aus den Figuren 3 bis 10 zu entnehmenden Meßergebnisse sowie Meßergebnisse an weiteren Legierung in Tabelle 2 zusammengefaßt. In den einzelnen Spalten dieser Tabelle 2 sind die Legierungs-Nummer, die Glühtemperatur, die Anlaßtemperatur und die Temperatur angegeben, auf die durch die Anlaßbehandlung etwa $K_1 = 0$ eingestellt ist. Die weiteren Spalten der Tabelle 2 enthalten ΔB_{stat} und ΔB_{dyn} bei 20°C in Tesla sowie den Quotienten aus diesen, jeweils gemessen für

0046279

- 18 -

VP 80 P 9553

eine Feldamplitude $\hat{H} = 15 \text{ mA/cm}$. Ferner sind als Maß für die Temperaturunabhängigkeit von ΔB die Quotienten $\Delta B_{\text{dyn}}(t_M) / \Delta B_{\text{dyn}}(20^\circ\text{C})$ für $t_M = -5^\circ\text{C}$, 80°C und -20°C angegeben.

T a b e l l e 2

Leg.- Nr.	Glüh- temp. °C	Anlaß- temp. °C	Temp. K ₁₀ ≈ 0 °C	ΔB_{stat} T	ΔB_{dyn} T	$\Delta B_{stat}/\Delta B_{dyn}$	$\Delta B_{dyn}(t_M)/\Delta B_{dyn}(20^\circ C)$ $t_M = -5^\circ C$ $t_M = 80^\circ C$ $t_M = -20^\circ C$
1	1150	475	0	0,14	0,10	1,4	1,2 0,77 1,08
5	1150	480	5	0,15	0,12	1,23	1,0 0,79 0,67
	1150	485	20	0,17	0,135	1,26	0,65 0,76 0,46
	950	475	-20	0,11	0,092	1,22	1,08 0,85 1,05
	950	480	0	0,12	0,10	1,2	1,07 0,90 0,90
	950	485	20	0,13	0,11	1,18	0,82 0,86 0,64
10							
2	1150	460	-5	0,13	0,10	1,3	1,2 0,75 1,15
3	1150	480	0	0,12	0,10	1,2	1,25 0,80 1,0
15							
4	1150	510	20	0,16	0,125	1,28	0,88 0,80 0,64
	950	500	-5	0,12	0,10	1,2	1,1 0,85 1,1
	950	505	10	0,13	0,11	1,18	0,95 0,86 0,86
	950	510	20	0,14	0,12	1,17	0,81 0,83 0,67

T a b e l l e 2 (Fortsetzung)

Leg.- Nr.	Glüh- temp. °C	Anlaß- temp. °C	Temp. K ₁ ≈ 0 °C	ΔB_{stat} T	ΔB_{dyn} T	$\Delta B_{stat}/\Delta B_{dyn}$	$\Delta B_{dyn}(t_M)/\Delta B_{dyn}$ $t_M = -5^\circ C$	$t_M = 80^\circ C$	$t_M = -20^\circ C$
5	950	475	5	0,12	0,10	1,2	0,95	0,85	0,88
	950	480	10	0,12	0,105	1,14	0,95	0,86	0,76
	950	485	20	0,13	0,11	1,18	0,77	0,91	0,64
10	950	475	0	0,132	0,11	1,2	1,0	0,95	0,91
	950	480	30	0,132	0,115	1,14	0,8	0,93	0,76
	1115	497	20	0,135	0,115	1,14	0,87	0,99	0,74
15	1000	503	0	0,13	0,115	1,13	1,04	0,87	0,74
	1115	480	0	0,13	0,106	1,23	1,04	0,92	0,82
	1000	480	20	0,118	0,104	1,13	0,94	0,94	0,89
9	1115	497	15	0,132	0,114	1,16	0,79	0,79	0,53

T a b e l l e 2 (Fortsetzung)

Leg.- Nr.	Glüh- temp. °C	Anlaß- temp. °C	Temp. K ₁ ≈ 0 °C	ΔB_{stat} T	ΔB_{dyn} T	$\Delta B_{stat}/\Delta B_{dyn}$	$\Delta B_{dyn}(t_M)/\Delta B_{dyn}(20^\circ C)$ $t_M = -5^\circ C$ $t_M = 80^\circ C$ $t_M = -20^\circ C$
5	10	1115	472	10	0,16	0,128	1,25 0,95 0,88 0,72
11	950	485	485	10	0,13	0,118	1,1 0,93 0,83 0,78
12	950	485	485	10	0,138	0,12	1,15 0,92 0,81 0,75
13	1150	480	480	0	0,10	0,068	1,47 1,78 0,62 1,38
	1150	490	490	15	0,16	0,12	1,36 0,86 0,47 0,54
	1150	500	500	60	0,13	0,10	1,30 0,55 1,13 0,42

Aus der Tabelle 2 ist zu ersehen, daß auch bei den dort aufgeführten weiteren Legierungen im wesentlichen analoge Verhältnisse vorliegen, wie sie bereits an Hand der Figuren 3 bis 10 erläutert wurden.

5

Bei Ringbandkernen für pulssensitive Fehlerstromschutzschalter mit einer Auslösestromstärke von 30 mA und für Ströme von 25 oder 40 A soll für eine mittlere Aussteuerung von 15 mA/cm bei 20°C $\Delta B_{\text{dyn}} \geq 0,08 \text{ T}$, vorzugsweise $\geq 0,1 \text{ T}$, sein. Die Temperaturstabilität hat sich als ausreichend erwiesen, wenn $\Delta B_{\text{dyn}}(t_M) / \Delta B_{\text{dyn}}(20^\circ\text{C}) \geq 0,75$ für $t_M = -5^\circ\text{C}$ und $t_M = 80^\circ\text{C}$ gilt. Ferner sollte bei 20°C vorzugsweise $\Delta B_{\text{stat}} / \Delta B_{\text{dyn}} \leq 1,3$ sein.

15 Wie Tabelle 2 zeigt, lassen sich diese Bedingungen im wesentlichen bei allen Legierungen Nr. 1 bis 12 erfüllen, wenn man Legierungszusammensetzung und Wärmebehandlung so aufeinander abstimmt, daß bei einer Temperatur zwischen -5°C und 30°C $K_1 = 0$ wird. Bei den meisten Legierungen ist die oben erwähnte Bedingung für die Temperaturstabilität auch für $t_M = -20^\circ\text{C}$ erfüllt. Dagegen lassen sich die Bedingungen für die Temperaturstabilität bei der Vergleichslegierung Nr. 13 nicht erfüllen, wie auch schon die Figuren 9 und 10 gezeigt haben.

25

Die in der Tabelle 1 und 2 aufgeführten Legierungen liegen innerhalb des Vierecks ABCD in Figur 1 überwiegend in dem bevorzugten Bereich zwischen etwa 4 und 5 Gewichts-% Kupfer, und zwar vorzugsweise zwischen den Geraden AD und EF. Jedoch zeigen die in Tabelle 2 für die Legierungen Nr. 7 bis 10 angegebenen Meßergeb-

30

- nisse, daß sich auch die im übrigen Gebiet des Vierecks ABCD gelegenen Legierungen für Ringbandkerne von puls-sensitiven Fehlerstromschutzschaltern eignen. Nachzutragen ist noch, daß die Sättigungsinduktionen der Legie-
5 rungen Nr. 1 bis 12, gemessen jeweils bei einer Aussteuerung 1 A/cm, zwischen etwa 0,60 und 0,67 T liegen. Die Sättigungsinduktion der Vergleichslegierung Nr. 13 beträgt 0,75 T.
- 10 Wie bereits erwähnt, bieten die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Ringbandkerne auch Vorteile als Summenstromwandlerkerne von Fehlerstromschutzschaltern für Wechselstrom-Fehlerströme. Üblicherweise wird für solche Fehlerstromschutzschalter gefordert, daß
15 die Änderung der Induktion im Arbeitspunkt innerhalb des Temperaturbereichs zwischen -5°C und 80°C , teilweise auch zwischen -10°C und 80°C , bezogen auf den Wert bei $20^{\circ}\text{C} \pm 20\%$ sein soll. Es besteht jedoch die Tendenz, eine entsprechende Temperaturkonstanz bis -25°C zu for-
20 dern. Auch hier bieten die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Ringbandkerne eine Lösung, wie aus Figur 11 zu erkennen ist. In Figur 11 ist für die Legierung Nr. 6 die Abhängigkeit der Induktion $\hat{B}$, gemessen bei einer effektiven Feldamplitude von 5,5 mA/cm
25 von der Meßtemperatur dargestellt. Die Meßtemperatur t_M ist an der Abszisse, die Induktion $\hat{B}$ in Tesla an der Ordinate aufgetragen. Gemessen wurde an Ringbandkernen, die zunächst 5 Stunden lang bei 1150°C geglüht und dann 2 Stunden lang bei unterschiedlichen Temperaturen ange-
30 lassen worden waren. Kurve 31 entspricht einer Anlaßtemperatur von 475°C , Kurve 32 einer Anlaßtemperatur

von 470°C und Kurve 33 einer Anlaßtemperatur von 465°C. Auch hier erkennt man wieder die Verschiebung des Maximums der Induktion von 20°C nach 0°C bzw. -20°C mit abnehmender Anlaßtemperatur. Verbunden damit ist zwar
5 eine Abnahme der Induktion bei 20°C, jedoch ist durch die Kurve 32 mit dem Maximum bei 0°C die Bedingung einer Temperaturkonstanz von $\pm 20\%$ praktisch im gesamten Temperaturbereich zwischen -25°C und 80°C erfüllt.

10

Zum Vergleich ist in Figur 11 noch die Kurve 4 eingetragen, die an einem Ringbandkern aus einer Vergleichslegierung mit $\lambda_{111} \approx 0$ gemessen wurde. Der Ringbandkern aus dieser Legierung, die aus 77,0 Gew.-% Nickel, 4,4 Gewichts-% Kupfer, 3,9 Gewichts-% Molybdän, 0,47 Gew.-% Mangan,
15 Gewichts-% Silizium, Rest Eisen besteht, wurde zunächst 5 Stunden lang bei 1150°C geglüht und dann zur Einstellung des Maximums der Induktion auf 0°C 2 Stunden lang bei 480°C angelassen. Wie man sieht, fällt die
20 Kurve 4 zu tieferen und höheren Temperaturen erheblich stärker ab als die Kurve 32. Die Forderung für die Temperaturkonstanz läßt sich daher mit der Vergleichslegierung nicht erfüllen.

25 Ferner eignen sich die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Ringbandkerne auch noch für elektronische Schutzschalter hoher Empfindlichkeit. Von Ringbandkernen für solche Schalter wird neben einer geringen Temperaturabhängigkeit der Permeabilität eine
30 hohe magnetische Stabilität gefordert. Hohe Stabilität bedeutet, daß das Verhältnis von remanenter Permeabilität zur Permeabilität im entmagnetisierten Zustand möglichst nahe bei 1 liegen soll. Der Schutzschalter-

kern kann nämlich beispielsweise durch einen Kurzschlußstrom in einen remanenten Zustand kommen. Wenn dann die remanente Permeabilität, d.h. die im Remanenzpunkt gemessene Permeabilität, zu niedrig ist, erfolgt beim Nennfehlerstrom keine Auslösung. In Figur 12 stellt nun die Kurve 5 die relative Permeabilität μ , gemessen bei einer Aussteuerung von 1,5 mA/cm, für einen Ringbandkern aus der Legierung Nr. 6 in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur dar. An der Abszisse ist wiederum die Meßtemperatur t_M , an der Ordinate die Permeabilität μ aufgetragen. Der Ringbandkern, an dem die Werte gemessen wurden, wurde zunächst 5 Stunden lang bei 1000°C geglüht und dann zur Einstellung des Maximums von μ auf 0°C 2 Stunden lang bei 470°C angelassen. Kurve 6 wurde an einem Ringbandkern aus einer Vergleichslegierung mit $\lambda_{111} \approx 0$ aus 76,7 Gewichts-% Nickel, 4,35 Gewichts-% Kupfer, 3,85 Gewichts-% Molybdän, 0,42 Gewichts-% Mangan, 0,15 Gewichts-% Silizium, Rest Eisen, gemessen. Dieser Ringbandkern war nach einer fünfstündigen Glühbehandlung bei 1000°C 2 Stunden lang bei 480°C angelassen worden. Die Kurven 5 und 6 stimmen zwar weitgehend überein, jedoch fällt die Kurve 6 zu tieferen Temperaturen stärker ab als die Kurve 5. Die Temperaturkonstanz der Legierung Nr. 6 ist daher besser als die der Vergleichslegierung. Von besonderer Bedeutung ist jedoch, daß die Stabilität, also der Quotient aus Permeabilität im Remanenzpunkt und der Permeabilität im entmagnetisierten Zustand, bei 20°C für den Ringbandkern aus der Legierung Nr. 6 0,76, für den Ringbandkern aus der Vergleichslegierung jedoch nur 0,47 beträgt. Die Stabilität des nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Ringbandkernes ist daher

erheblich höher als die des Ringbandkernes aus der Vergleichslegierung. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Ringbandkerne bringen daher auch beim Einsatz in elektronischen Schutzschaltern erhebliche

5 Vorteile.

Patentansprüche

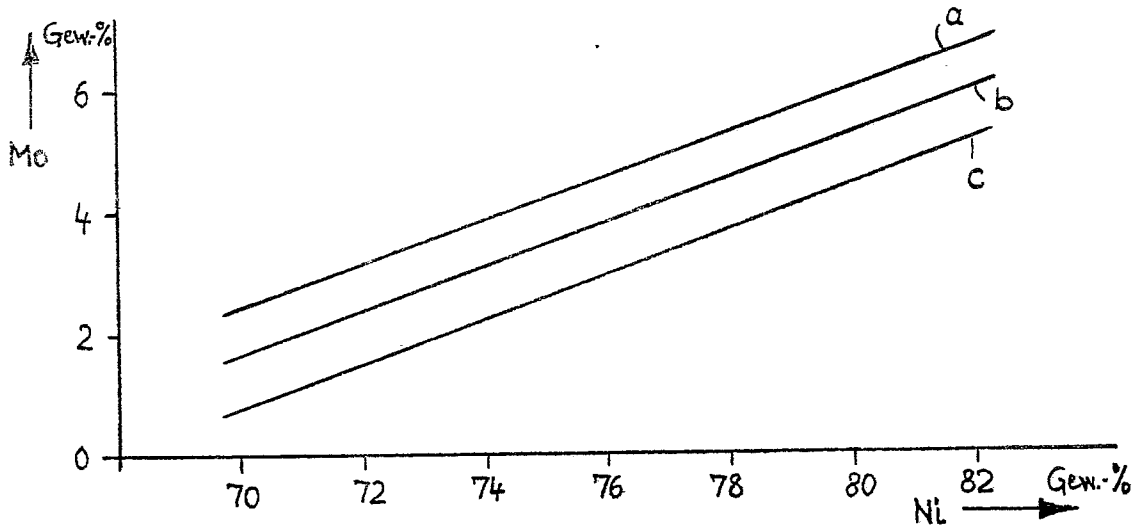
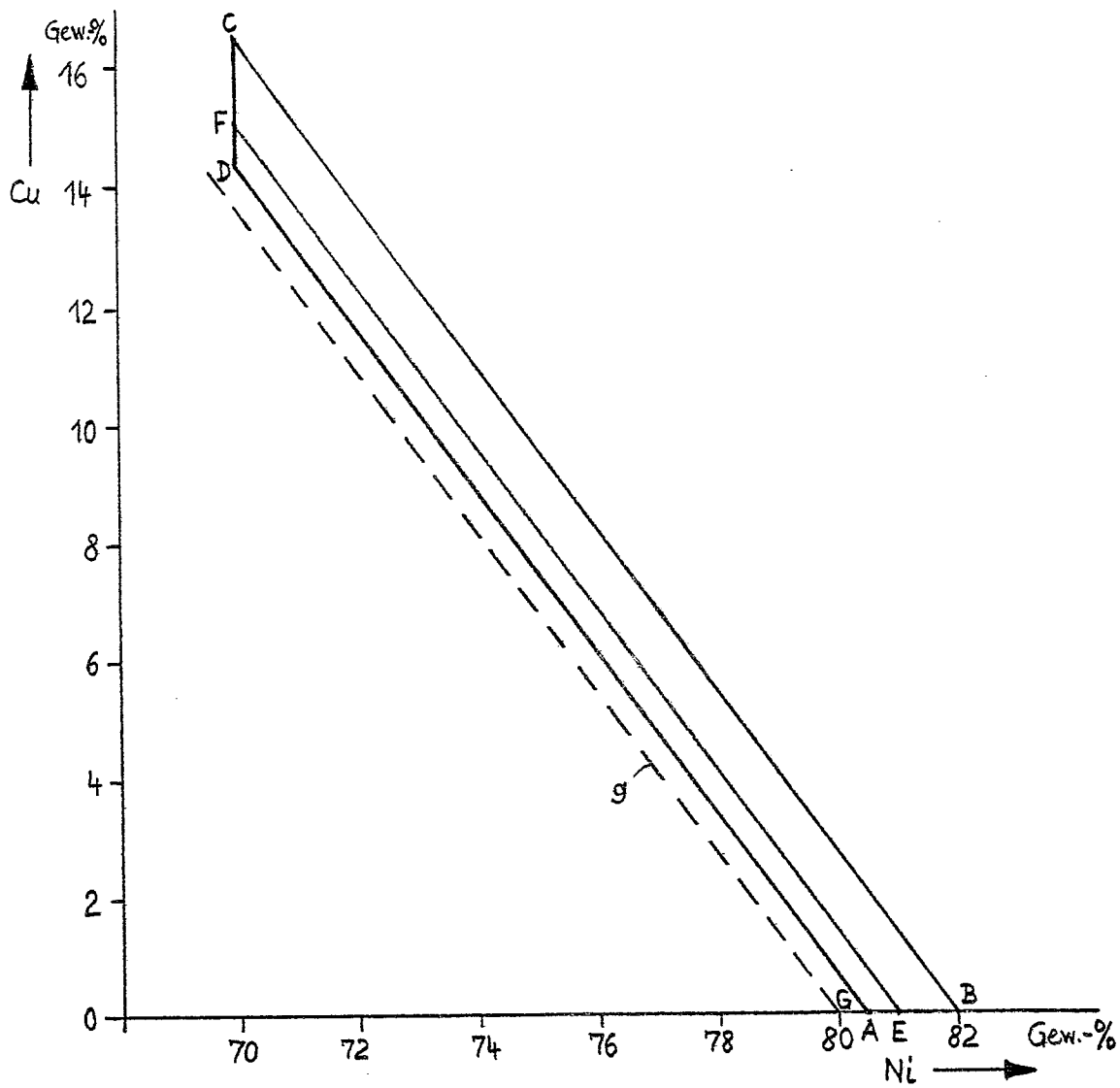
1. Verfahren zum Herstellen von Ringbandkernen für Fehlerstromschutzschalter, wobei ein aus einem 0,05 bis 0,3 mm
5 dicken Band aus einer Nickel-Molybdän-Kupfer-Eisen-Legierung gewickelter Ringbandkern verschiedenen Wärmebehandlungen unter nichtoxidierender Atmosphäre unterzogen wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine Legierung verwendet wird, deren Nickel- und Kupfer-
10 Gehalt im binären System Nickel-Kupfer in dem von dem Viereck A (80,5 Gew.-% Nickel, 0 Gew.-% Kupfer), B (82 Gew.-% Nickel, 0 Gew.-% Kupfer), C (70 Gew.-% Nickel, 16,5 Gew.-% Kupfer), D (70 Gew.-% Nickel, 14,4 Gew.-% Kupfer) begrenzten Gebiet liegt, deren Molybdän-Gehalt z
15 in Gew.-% bei gegebenem Nickel-Gehalt x in Gew.-% der Bedingung

$$\frac{11}{30} (x-68) \leq z \leq \frac{11}{30} (x-63,5)$$

- genügt und die, abgesehen von geringfügigen Verunreinigungen und den üblichen verarbeitungsfördernden und desoxidierenden Zusätzen, zum restlichen Teil aus Eisen besteht, und daß der Ringbandkern zunächst wenigstens 30
20 Minuten lang zwischen 900 und 1200°C geglüht und dann entsprechend dem Molybdän-Gehalt derart zwischen 450 und
25 550°C angelassen wird, daß die magnetische Anisotropie K_1 bei einer Temperatur zwischen -5° und +30°C gleich 0 wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
30 k e n n z e i c h n e t , daß der Ringbandkern bei einer Temperatur zwischen 900 und 1050°C geglüht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß der Ringbandkern
zwischen 470 und 520°C in Abhängigkeit vom Molybdän-
Gehalt derart angelassen wird, daß K_1 bei einer Tem-
5 peratur zwischen 0 und 20°C gleich 0 wird.
4. Verwendung eines nach einem der Ansprüche 1 bis 3
hergestellten Ringbandkerns als Summenstromwandlerkern
für pulssensitive Fehlerstromschutzschalter.
- 10 5. Verwendung eines nach einem der Ansprüche 1 bis 3
hergestellten Ringbandkerns als Summenstromwandlerkern
mit besonders hoher Temperaturkonstanz für wechsel-
stromfehlerstrom-sensitive Fehlerstromschutzschalter.
- 15 6. Verwendung eines nach einem der Ansprüche 1 bis 3
hergestellten Ringbandkerns für elektronische Schutz-
schalter.



2/7

VP 80 P 8553
0046279

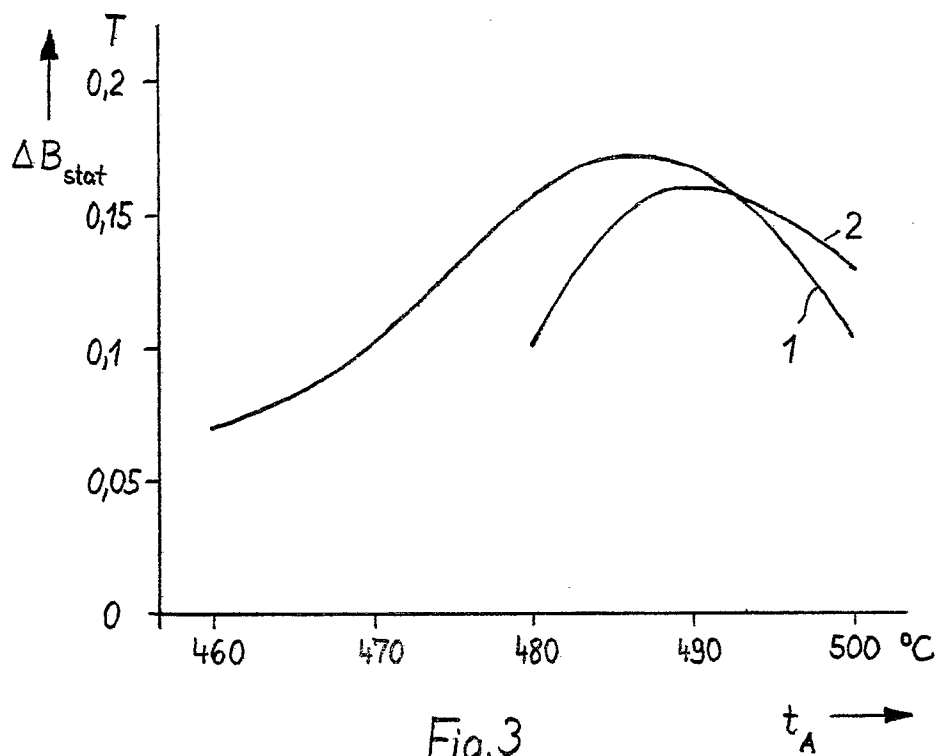


Fig. 3

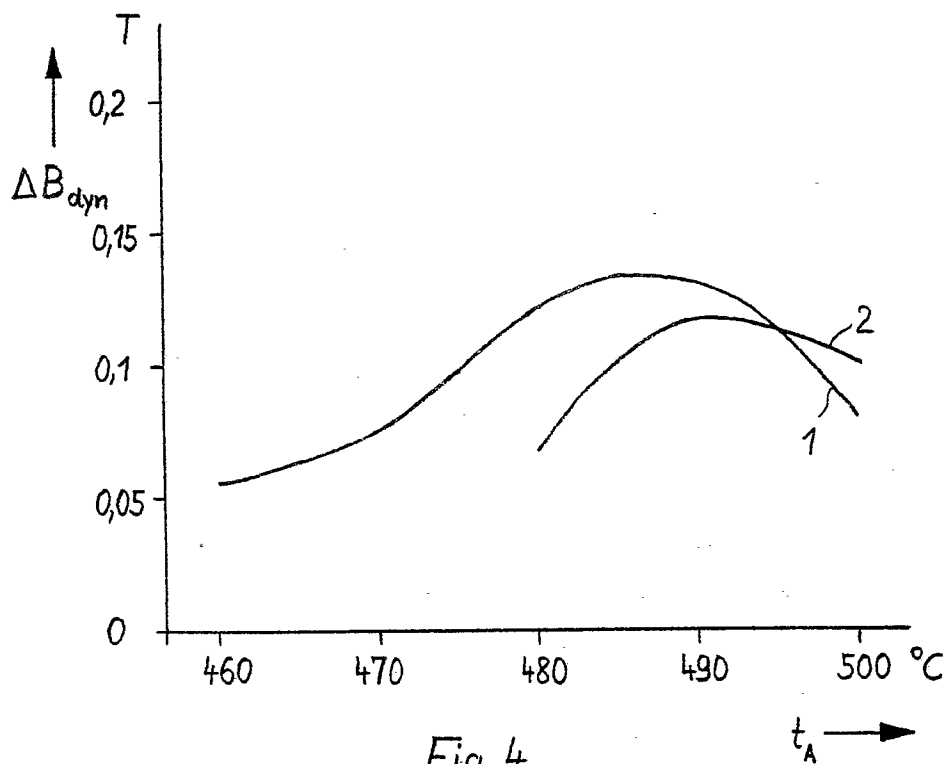


Fig. 4

3/7

VP 80 P 8553 0046279

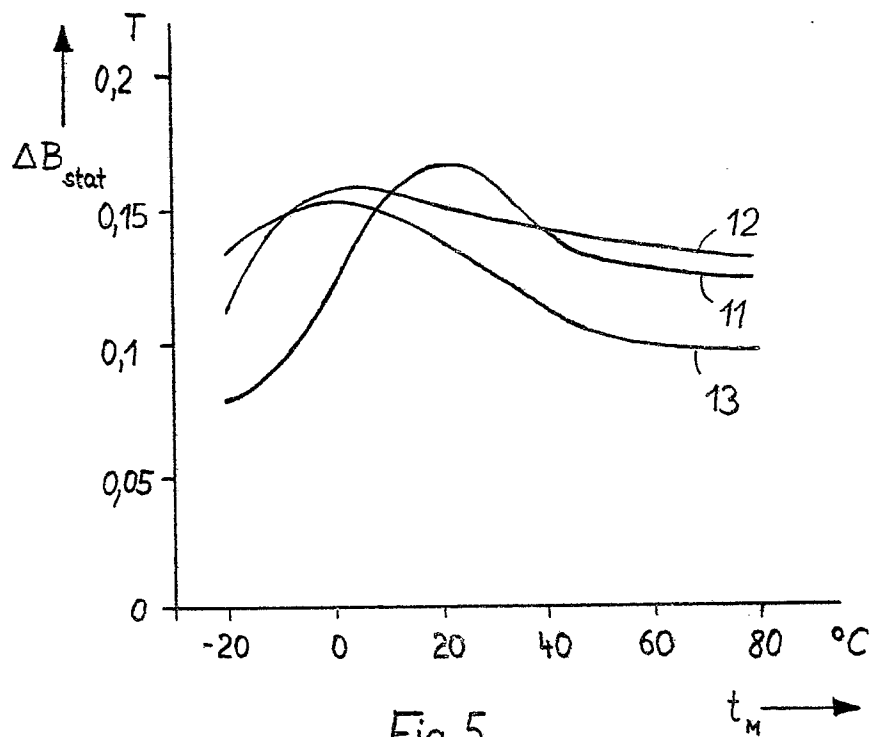


Fig. 5

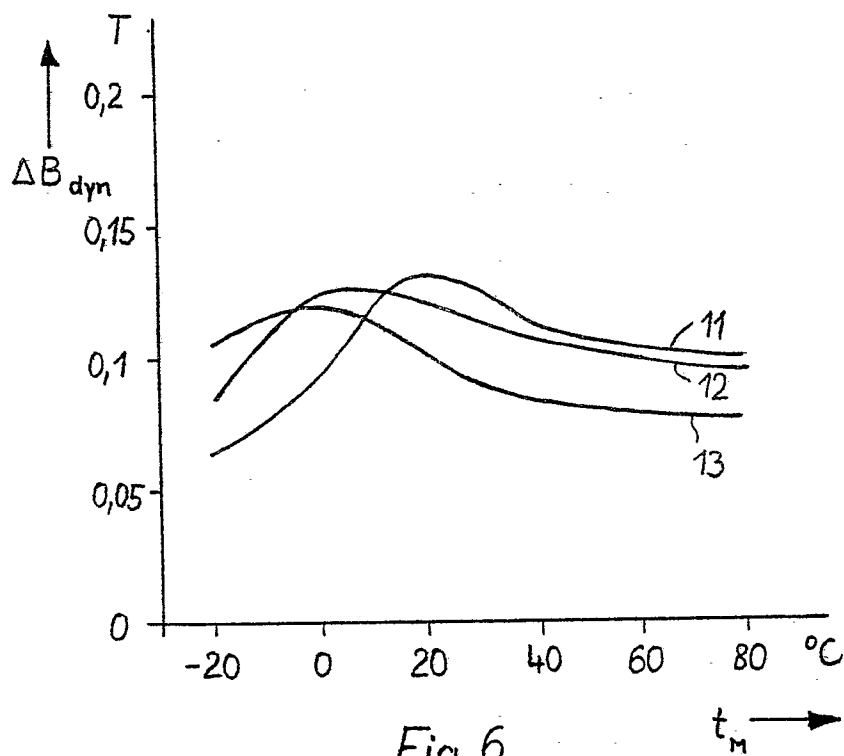
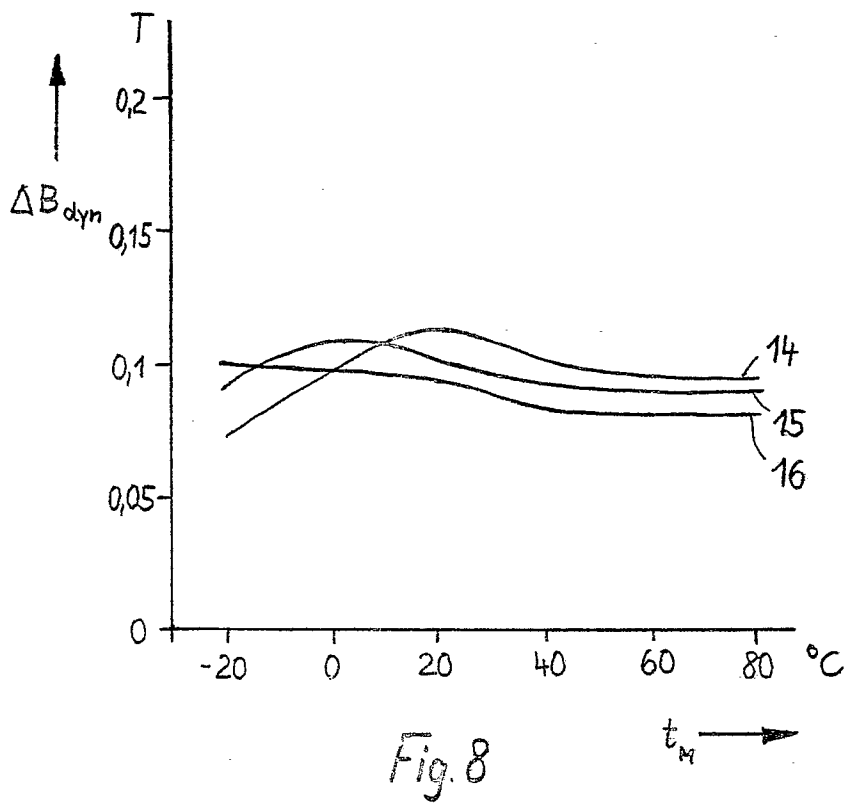
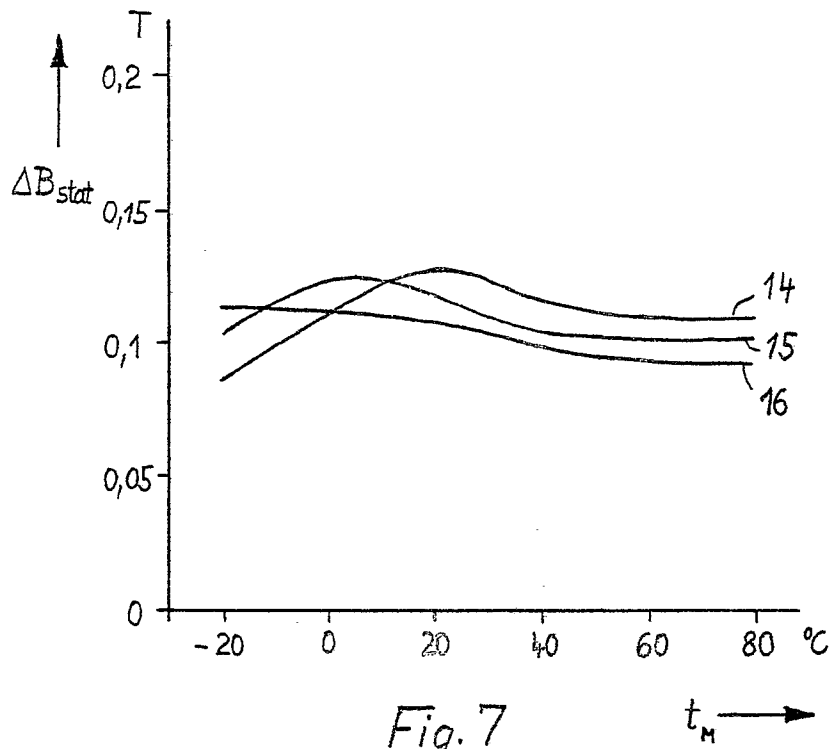


Fig. 6

4/7

VP 80 P 8553

0046279



5/7

VP 80 P 8553

0046279

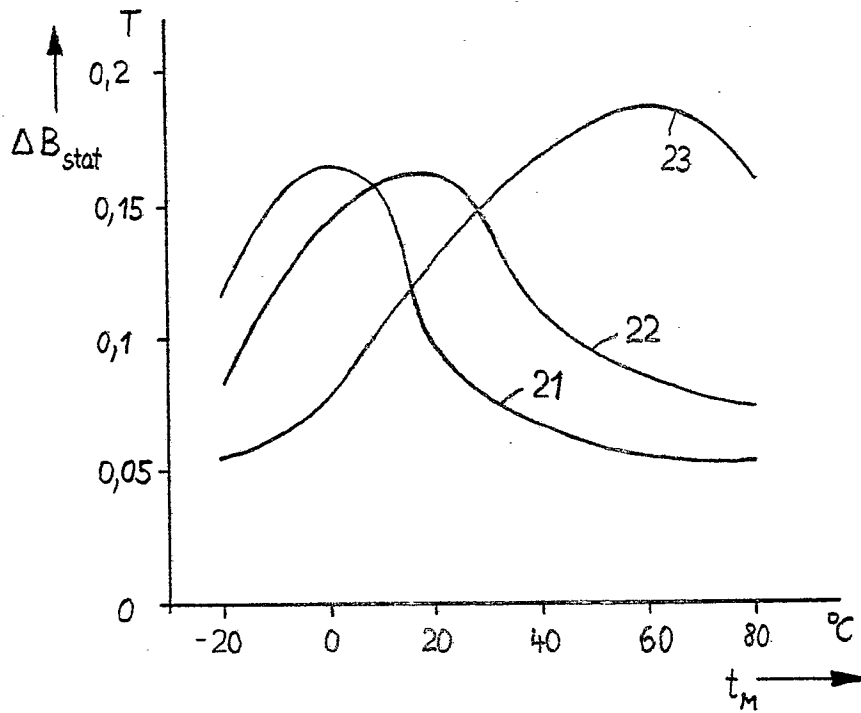


Fig. 9

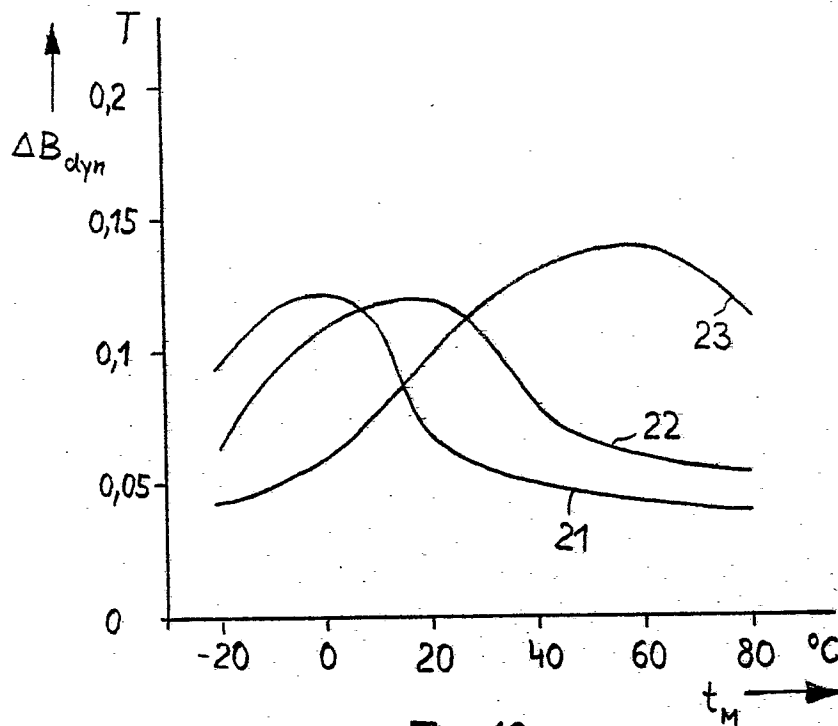


Fig. 10

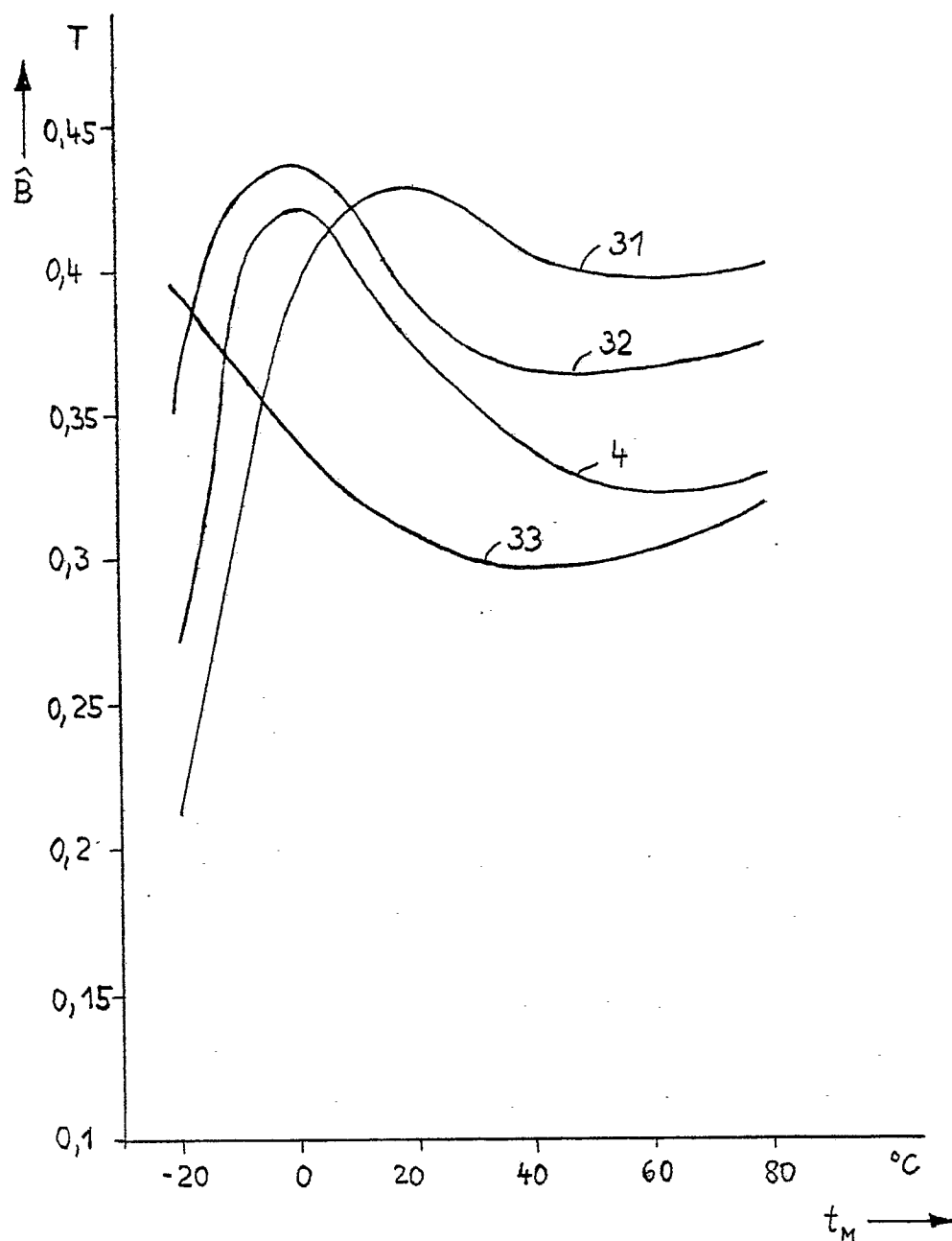


Fig. 11

7/7

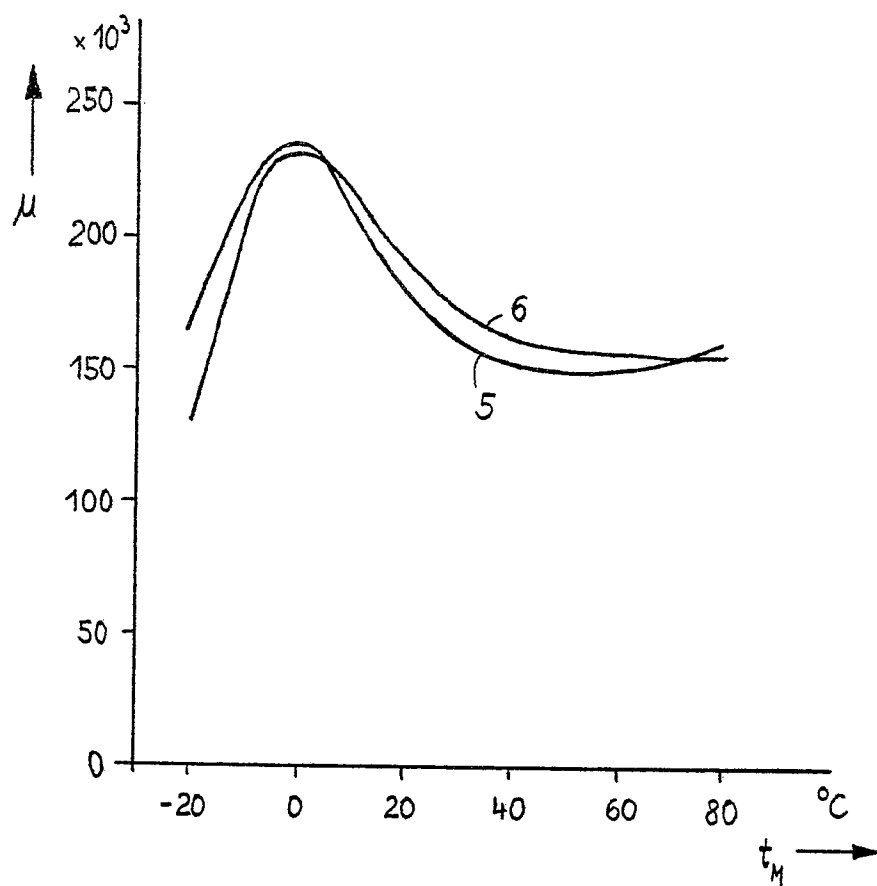


Fig. 12