



(19) Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: AT 394 579 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1118/89

(51) Int.Cl.⁵ : C22C 19/03
C22F 1/10

(22) Anmeldetag: 10. 5.1989

(42) Beginn der Patentdauer: 15.10.1991

(45) Ausgabetag: 11. 5.1992

(30) Priorität:

13. 5.1988 JP 63-116549 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

US-A 3411960

(73) Patentinhaber:

NKK CORPORATION
TOKIO (JP).

(54) FERROMAGNETISCHE NI-FE-LEGIERUNG, UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES LEGIERUNGSGEGENSTANDES
MIT AUSGEZEICHNETER OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT AUS DIESER LEGIERUNG

(57) Eine ferromagnetische Ni-Fe-Legierung, bestehend im wesentlichen aus:

Nickel: 75 bis 82 Gew.-%,
Molybdän: 2 bis 6 Gew.-%,
Bor: 0,001 bis 0,005 Gew.-%,

Kalzium: innerhalb des Bereichs, der jeder der folgenden Formeln im Gewichtsverhältnis zu Schwefel als eine allfällige Verunreinigung genügt, abhängig vom Gehalt an Sauerstoff als eine allfällige Verunreinigung:

1,5 kleiner gleich Ca/S kleiner gleich 3,5,

oder

1,15 kleiner gleich Ca/S kleiner gleich 3,50,

und

Rest Eisen und allfällige Verunreinigungen. Die Legierung kann weiters zusätzlich 1 bis 5 Gew.-% Kupfer und/oder 0,1 bis 0,4 Gew.% Mangan enthalten. Eine Bramme ein Blech oder ein formgepreßter Gegenstand mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus dieser Legierung wird durch Erhitzen eines Materials mit der oben angeführten chemischen Zusammensetzung auf eine Temperatur von 1.100 bis 1.250 ° C und darauf folgende Warmbearbeitung des so erhitzten Materials bei einer Endbearbeitungstemperatur von 1.250 bis 800 ° C hergestellt.

AT 394 579 B

HINWEIS AUF PATENTE, PATENTANMELDUNGEN UND VERÖFFENTLICHUNGEN BETREFFEND DIE ERFINDUNG

Soweit bekannt ist, sind folgende Dokumente des Standes der Technik, die der vorliegenden Erfindung nahekommen, vorhanden:

5

- (1) Japanische Patentveröffentlichung Nr. 60-7,017 vom 21. Februar 1985;
- (2) Japanische provisorische Patentveröffentlichung Nr. 62-227,053 vom 6. Oktober 1987; und
- (3) Japanische provisorische Patentveröffentlichung Nr. 62-227,054 vom 6. Oktober 1987.

10

Der Inhalt des Standes der Technik, erläutert in den oben erwähnten Dokumenten des Standes der Technik, wird im folgenden unter dem Titel "HINTERGRUND DER ERFINDUNG" diskutiert.

ERFINDUNGSGEBIET

15

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine ferromagnetische Ni-Fe-Legierung und ein Verfahren zur Herstellung einer Bramme, eines Blechs oder eines preßgeformten Gegenstandes mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus dieser Legierung.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

20

Eine Ni-Fe-Legierung, entsprechend PC, wie in JIS spezifiziert (Abkürzung für Japanese Industrial Standards) (in der Folge als "PC Permalloy" bezeichnet), ist ein magnetisches Material, das weitverbreitet für ein Gehäuse und einen Kern eines Magnetkopfes, für Kerne verschiedener Transformatoren und für verschiedene magnetische Dichtungsmaterialien verwendet wird.

25

Ein Barren des oben erwähnten PC Permalloy hat schlechte Eigenschaften hinsichtlich der Warmbearbeitbarkeit. Wenn der Barren des PC Permalloy flachgewalzt wird, bilden sich daher auf der entstandenen Bramme viele Oberflächenfehler aus Gründen, die später beschrieben werden.

30

Die Warmbearbeitbarkeit des PC Permalloy-Barrens verändert sich in Abhängigkeit vom Nickelgehalt im Barren. Insbesondere führt ein höherer Nickelgehalt im Barren aus PC Permalloy zu einer schlechteren Warmbearbeitbarkeit des Barrens. In Folge hiervon ist ein PC Permalloy-Barren mit einem Nickelgehalt von ungefähr 80 Gew.-% in der Warmbearbeitbarkeit weit unterlegen einem Barren einer Ni-Fe-Legierung mit einem Nickelgehalt von ungefähr 35 bis 45 Gew.-%. Zur Herstellung einer Bramme mit wenigen Oberflächenfehlern wie Kantenrissen, d. h. mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit, aus einem PC Permalloy-Barren, konnte daher kein Flachwalzverfahren angewendet werden, sodaß unvermeidlich ein Schmiedeverfahren anzuwenden war. Die Gründe sind wie folgt: Beim Flachwalzverfahren wirken auf den Barren hauptsächlich mehrachsige und verschiebende Kräfte, wohingegen im Schmiedeverfahren hauptsächlich Stauchungskräfte auf den Barren wirken. Jedoch hat das Schmiedeverfahren eine geringere Wirksamkeit in der Warmbearbeitung als das Flachwalzverfahren, und das Entstehen von Oberflächenfehlern auf der Bramme kann selbst durch Anwendung des Schmiedeverfahrens nicht weitgehend verringert werden. Es ist daher auch beim Schmiedeverfahren notwendig, Oberflächenfehler auf der Bramme zu entfernen, und das erfordert zusätzlich Zeit und Arbeit bei der Herstellung einer Bramme.

40

Wenn aus einem beliebigen, auch nicht aus PC Permalloy bestehenden, Barren mit schlechter Warmbearbeitbarkeit durch Flachwalzung eine Bramme erzeugt oder wenn durch Warmwalzen einer solchen Bramme ein Band hergestellt wird, entstehen auf der Bramme oder dem Band viele Oberflächenfehler, wie Kantenrisse. Der Grund ist folgender: Wenn der Barren flachgewalzt oder die Bramme heißgewalzt wird, verformt sich der Barren oder die Bramme mit einer Dehnungsgeschwindigkeit von mindestens 1s^{-1} . Die Bereiche der Kanten und der Oberflächenschicht des Barrens oder der Bramme haben auf dieser Stufe eine um ungefähr 800°C geringere Temperatur als der Kernbereich des Barrens oder der Bramme. Wenn der Barren oder die Bramme mit diesem Temperaturunterschied einer Verformung durch Flachwalzen oder Warmwalzen unterworfen wird, bilden sich daher Oberflächenfehler wie z. B. Kantenrisse auf der entstandenen Bramme oder dem Band.

45

Im Besonderen bilden sich, wenn ein Barren aus PC Permalloy mit schlechter Warmbearbeitbarkeit einer Flachwalzung unterworfen wird, zahlreiche Oberflächenfehler auf der entstandenen Bramme. Der Grund ist folgender: Wenn der Barren aus PC Permalloy gewalzt wird, sondern sich beim Temperaturabfall des Barrens Verunreinigungselemente an den Korngrenzen des Austenits ab, wodurch die Korngrenzen spröder werden. Als Folge davon wird die Duktilität des Barrens bei einer Barrentemperatur von 800 bis 1.000°C ernsthaft verringert. Das verursacht das Entstehen zahlreicher Oberflächenfehler auf der Bramme.

55

Das oben erwähnte Problem stellt sich auch bei der Herstellung eines Legierungsbleches durch Warmwalzen der Bramme oder bei der Herstellung eines preßgeformten Gegenstandes durch Warmpressen des so gewalzten Legierungsbleches.

Zur Lösung dieses Problems wurden folgende ferromagnetische Ni-Fe-Legierungen vorgeschlagen.

60

(1) Eine ferromagnetische Ni-Fe-Legierung, wie in der Japanischen Patentveröffentlichung Nr. 60-7,017 vom 21. Februar 1985 geoffenbart, bestehend im wesentlichen aus:

5 Nickel : 75,0 bis 84,9 Gew.-%,
 Titan : 0,5 bis 5,0 Gew.-%,
 Magnesium : 0,0010 bis 0,0020 Gew.-%,

und

10 Rest Eisen und allfällige Verunreinigungen, wobei der jeweilige Gehalt an Kohlenstoff und Schwefel besagter allfälliger Verunreinigungen

bis zu 0,03 Gew.-% für Kohlenstoff,

und

bis zu 0,003 Gew.-% für Schwefel beträgt.

15 (im Folgenden als "Stand der Technik 1" bezeichnet).

(2) Eine ferromagnetische Ni-Fe-Legierung, wie in der Japanischen provisorischen Patentveröffentlichung Nr. 62-227,053 vom 6. Oktober 1987 geoffenbart, bestehend im wesentlichen aus:

20 Nickel : 70 bis 85 Gew.-%,
 Mangan : 1,2 bis 10,0 Gew.-%,
 Molybdän : 1,0 bis 6,0 Gew.-%,
 Kupfer : 1,0 bis 6,0 Gew.-%,
 Chrom : 1,0 bis 5,0 Gew.-%,
 25 Bor : 0,0020 bis 0,0150 Gew.-%,

und

Rest Eisen und allfällige Verunreinigungen, wobei der jeweilige Gehalt an Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff besagter allfälliger Verunreinigungen

30 bis zu 0,005 Gew.-% für Schwefel,
 bis zu 0,01 Gew.-% für Phosphor,
 und

bis zu 0,01 Gew.-% für Kohlenstoff beträgt.

35 (im Folgenden als "Stand der Technik 2" bezeichnet).

(3) Eine ferromagnetische Ni-Fe-Legierung, wie in der japanischen provisorischen Patentveröffentlichung Nr. 62-227,054 vom 6. Oktober 1987 geoffenbart, bestehend im wesentlichen aus:

40 Nickel : 70 bis 85 Gew.-%,
 Mangan : bis zu 1,2 Gew.-%,
 Molybdän : 1,0 bis 6,0 Gew.-%,
 Kupfer : 1,0 bis 6,0 Gew.-%,
 Chrom : 1,0 bis 5,0 Gew.-%,
 45 Bor : 0,0020 bis 0,0150 Gew.-%,

und

Rest Eisen und allfällige Verunreinigungen, wobei der jeweilige Gehalt an Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff besagter allfälliger Verunreinigungen

50 bis zu 0,005 Gew.-% für Schwefel,
 bis zu 0,01 Gew.-% für Phosphor,
 und
 bis zu 0,01 Gew.-% für Kohlenstoff beträgt,

55 und wobei das Gewichtsverhältnis des Bor-Gehalts zum Gesamtgehalt an Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff als besagte Verunreinigungen im Bereich von 0,08 bis 7,0 liegt.
 (im Folgenden als "Stand der Technik 3" bezeichnet).

60 Der oben erwähnte Stand der Technik 1 beinhaltet folgende Probleme: Der Stand der Technik 1 ist dadurch gekennzeichnet, daß die Warmbearbeitbarkeit der Legierung durch Bindung des Schwefels, der eines der Verunreinigungselemente ist, mittels Magnesium, welches eine starke Tendenz zur Sulfidbildung aufweist, verbessert

ist. Jedoch ist der Betrag der Querschnittsverminderung bei einer Temperatur im Bereich von 800 bis 1.000 °C, welche besonders wichtig ist für die Warmbearbeitung, sehr niedrig, nämlich zwischen 40 bis 60 %, wie im Beispiel des Standes der Technik 1 erläutert wird. Als Folge davon verursacht die Anwendung der Warmbearbeitung am Legierungsmaterial nach dem Stand der Technik 1 die Bildung vieler Oberflächenfehler auf der erhaltenen Bramme.

- 5 Der oben erwähnte Stand der Technik 2 und 3 beinhaltet folgende Probleme: Der Stand der Technik 2 und 3 ist dadurch gekennzeichnet, daß die Warmbearbeitbarkeit der Legierung durch Verminderung des Gehalts an Schwefel, Phosphor und Kohlenstoff, welche die Verunreinigungselemente sind, und durch Zugabe von Bor zur Verhinderung der Ausseigerung der Verunreinigungselemente an den Korngrenzen der Austenite verbessert wird.
- 10 Die Legierungen des Standes der Technik 2 und 3 weisen jedoch, wie unten ausgeführt, eine sehr geringe Warmbearbeitbarkeit auf. Die im Beispiel des Standes der Technik 2 geöffnete Legierung Nr. 2 wurde in einem Vakuumschmelzofen erschmolzen und dann zu einem Barren gegossen. Dann wurde ein Teststück mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 100 mm aus dem so gegossenen Barren geschnitten. Das Teststück wurde auf eine Temperatur von 1.200 °C erhitzt und dann auf eine Temperatur von 900 °C abgekühlt.
- 15 Von dem so erhitzen und gekühlten Teststück wurde der Betrag der Querschnittsverminderung gemessen. Das Teststück zeigte eine Querschnittsverminderung von 20%.

Der Betrag der Querschnittsverminderung wird folgendermaßen definiert: Angenommen eine Zugkraft mit einer Dehnungsgeschwindigkeit von mindestens 1s^{-1} wirkt bei einem Dehnungstest auf ein Teststück ein, bis das Teststück reißt. Der Betrag der Querschnittsverminderung wird als Prozentsatz $((A-A')/A \times 100)$ aus der Differenz $(A-A')$ zwischen der ursprünglichen Querschnittsfläche (A) des Teststückes und der Mindestquerschnittsfläche (A') hiervon beim Bruch relativ zur ursprünglichen Querschnittsfläche (A) hiervon ausgedrückt. Dasselbe läßt sich auch im folgenden in allen Fällen auf die Bezeichnung "Betrag der Querschnittsverminderung" anwenden.

Ein Teststück wurde aus der Legierung Nr. 5, erläutert im Beispiel des Standes der Technik 3, in derselben Weise wie im oben erwähnten Stand der Technik 2 ausgeschnitten und der Betrag der Querschnittsverminderung für dieses Teststück unter denselben Bedingungen wie im Stand der Technik 2 gemessen. Das Teststück zeigte einen Betrag der Querschnittsverminderung von 25 %.

Sowohl beim Stand der Technik 2 als auch 3 ist, wie oben dargelegt, der Betrag der Querschnittsverminderung bei 900 °C, der bei der Warmbearbeitung besonders wichtig ist, niedrig. Als Folge davon verursacht die Anwendung der Warmbearbeitung bei den Legierungsmaterialien des Standes der Technik 2 und 3 die Bildung vieler Oberflächenfehler an den erzeugten Brammen.

Unter diesen Umständen ergibt sich eine starke Forderung nach der Entwicklung einer ferromagnetischen Ni-Fe-Legierung mit ausgezeichneter Warmbearbeitbarkeit, ausgedrückt durch einen Betrag der Querschnittsverminderung von über 60 % bei einer Temperatur im Bereich von 800 bis 1.000 °C, und nach einem Verfahren zur Herstellung einer Bramme mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus solch einer Legierung, aber so eine Legierung und ein Verfahren zur Herstellung solch einer Bramme aus der Legierung wurden bis jetzt nicht vorgeschlagen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

40 Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist demnach die Schaffung einer ferromagnetischen Ni-Fe-Legierung mit ausgezeichneter Warmbearbeitbarkeit, ausgedrückt durch einen Betrag der Querschnittsverminderung von über 60 % bei einer Temperatur im Bereich von 800 bis 1.000 °C, und eines Verfahrens zur Herstellung einer Bramme, eines Blechs oder eines preßgeformten Gegenstandes mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus besagter Legierung.

45 Gemäß einem der Merkmale der vorliegenden Erfindung wird eine ferromagnetische Ni-Fe-Legierung geschaffen, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus:

50 Nickel : 75 bis 82 Gew.-%,
 Molybdän : 2 bis 6 Gew.-%,
 Bor : 0,001 bis 0,005 Gew.-%,
 Kalzium : innerhalb des Bereichs, der folgender Formel im Gewichtsverhältnis zu Schwefel als eine allfällige Verunreinigung genügt, falls der Gehalt an Sauerstoff als eine allfällige Verunreinigung im Bereich von über 0,001 bis 0,003 Gew.-% liegt:

55

$1,5 \leq \text{Ca/S} \leq 3,5 \dots (1),$

60

oder

innerhalb des Bereichs, der folgender Formel im Gewichtsverhältnis zu Schwefel als eine allfällige Verunreinigung genügt, falls der Gehalt an Sauerstoff als eine allfällige Verunreinigung bis zu 0,001 Gew.-% beträgt:

5

$$1,15 \leq \text{Ca/S} \leq 3,50 \dots (2),$$

10

und

Rest Eisen und allfällige Verunreinigungen besteht, wobei der jeweilige Gehalt an Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff besagter allfälliger Verunreinigungen

15

bis zu 0,002 Gew.-% für Schwefel,
bis zu 0,006 Gew.-% für Phosphor,
bis zu 0,003 Gew.-% für Kohlenstoff,
bis zu 0,003 Gew.-% für Sauerstoff,
und
bis zu 0,0015 Gew.-% für Stickstoff

20

beträgt.

Besagte ferromagnetische Ni-Fe-Legierung kann weiters zusätzlich Kupfer in einer Menge im Bereich von 1 bis 5 Gew.-% und/oder Mangan in einer Menge im Bereich von 0,1 bis 0,4 Gew.-% enthalten.

25

Gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung wird Verfahren zur Herstellung einer Bramme, eines Blechs oder eines preßgeformten Gegenstandes mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus der obigen ferromagnetischen Legierung geschaffen, dadurch gekennzeichnet, daß das Legierungsmaterial in Form eines Barrens, einer Bramme oder eines Blechs jeweils auf eine Temperatur im Bereich von 1.100 bis 1.250 °C erhitzt und daß das auf diese Weise erhitzte Legierungsmaterial bei einer Endbearbeitungstemperatur im Bereich von 1.250 bis 800 °C warmbearbeitet wird.

30

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem Betrag der Querschnittsverminderung und der Dehnungstesttemperatur für Ni-Fe-Legierungsmaterialien mit unterschiedlichen Borgehalten erläutert;

35

Fig. 2 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem Borgehalt und dem Minimalbetrag der Querschnittsverminderung in einem Dehnungstesttemperaturbereich von 800 bis 1.000 °C für ein Ni-Fe-Legierungsmaterial erläutert;

Fig. 3 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem Betrag der Querschnittsverminderung und der Dehnungstesttemperatur für Ni-Fe-Materialien mit unterschiedlichen Gewichtsverhältnissen von Kalzium und Schwefel erläutert;

40

Fig. 4 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel und dem Minimalbetrag der Querschnittsverminderung in einem Dehnungstesttemperaturbereich von 800 bis 1.000 °C für ein Ni-Fe-Legierungsmaterial mit einem Sauerstoffgehalt von über 0,001 Gew.-% erläutert;

Fig. 5 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel und dem Minimalbetrag der Querschnittsverminderung in einem Dehnungstesttemperaturbereich von 800 bis 1.000 °C für ein Ni-Fe-Legierungsmaterial mit einem Sauerstoffgehalt von bis zu 0,001 Gew.-% erläutert; und

Fig. 6 ist ein Graph, der die Beziehung zwischen dem Betrag der Querschnittsverminderung und der Erhitzungstemperatur eines Teststückes für ein Ni-Fe-Legierungsmaterial erläutert.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

50

Von den obigen Überlegungen ausgehend wurden ausführliche Untersuchungen durchgeführt, um eine ferromagnetische Ni-Fe-Legierung mit einer noch ausgezeichneteren Warmbearbeitbarkeit als derjenigen aus dem Stand der Technik 1 bis 3 und um ein Verfahren zur Herstellung einer Bramme mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus einer solchen Legierung zu entwickeln. Als Ergebnis hiervon wurde folgendes gefunden: Es ist möglich eine ferromagnetische Ni-Fe-Legierung mit bemerkenswert ausgezeichneter Warmbearbeitbarkeit zu erhalten, indem man das Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel als eine allfällige Verunreinigung innerhalb des vorgeschriebenen Bereichs hält, Bor in einer vorgeschriebenen Menge zusetzt und den jeweiligen Gehalt an Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff und Stickstoff als allfällige Verunreinigungen unter eine bestimmte Menge verringert.

55

Weiters wurde folgendes gefunden: Es ist möglich den Kalziumgehalt in der Ni-Fe-Legierung, welcher gegenläufig die magnetischen Eigenschaften der Legierung beeinträchtigt, ohne Verschlechterung der Warmbearbeitbarkeit der Legierung zu verringern, indem man den Gehalt an Sauerstoff als eine allfällige

Verunreinigung unter eine bestimmte Menge reduziert.

Außerdem wurde folgendes gefunden: Es ist möglich eine Bramme mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus einer ferromagnetischen Ni-Fe-Legierung herzustellen, indem man das oben erwähnte Legierungsmaterial auf eine Temperatur im Bereich von 1.100 bis 1.250 °C erhitzt und dann das so erhitze Material bei einer Bearbeitungstemperatur von mindestens 800 °C warmbearbeitet.

Die vorliegende Erfindung wurde auf der Basis der obgenannten Erkenntnisse gemacht, und die ferromagnetische Ni-Fe-Legierung gemäß der vorliegenden Erfindung weist folgende chemische Zusammensetzung auf:

10 Nickel : 75 bis 82 Gew.-%,
 Molybdän : 2 bis 6 Gew.-%,
 Bor : 0,001 bis 0,005 Gew.-%,
 15 Kalzium : innerhalb des Bereichs, der folgender Formel im Gewichtsverhältnis zu Schwefel als eine allfällige Verunreinigung genügt, falls der Gehalt an Sauerstoff als eine allfällige Verunreinigung im Bereich von über 0,001 bis 0,003 Gew.-% liegt:

$$1,5 \leq \text{Ca/S} \leq 3,5 \dots (1),$$

20 oder
 innerhalb des Bereichs, der folgender Formel im Gewichtsverhältnis zu Schwefel als eine allfällige Verunreinigung genügt, falls der Gehalt an Sauerstoff als eine allfällige Verunreinigung bis zu 0,001 Gew.-% beträgt:

25
 1,15 \leq \text{Ca/S} \leq 3,50 \dots (2),

30 und
 Rest Eisen und allfällige Verunreinigungen, wobei der jeweilige Gehalt an Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff besagter allfälliger Verunreinigungen

35 bis zu 0,002 Gew.-% für Schwefel,
 bis zu 0,006 Gew.-% für Phosphor,
 bis zu 0,003 Gew.-% für Kohlenstoff,
 bis zu 0,003 Gew.-% für Sauerstoff,
 und
 bis zu 0,0015 Gew.-% für Stickstoff

40
 45 beträgt.
 Die ferromagnetische Ni-Fe-Legierung der vorliegenden Erfindung kann weiters zusätzlich Kupfer in einer Menge im Bereich von 1 bis 5 Gew.-% und/oder Mangan in einer Menge im Bereich von 0,1 bis 0,4 Gew.-% enthalten.

Die chemische Zusammensetzung der ferromagnetischen Ni-Fe-Legierung der vorliegenden Erfindung ist aus den folgenden Gründen innerhalb der oben angeführten Bereiche begrenzt:

(1) Nickel:

Nickel ist ein Element mit bedeutendem Einfluß auf die magnetische Permeabilität der Legierung. Ein Nickelgehalt von unter 75 Gew.-% führt jedoch zu einer geringeren magnetischen Permeabilität. Ein Nickelgehalt von über 82 Gew.-% führt andererseits ebenfalls zu einer geringeren magnetischen Permeabilität. Der Nickelgehalt sollte daher auf einen Bereich von 75 bis 82 Gew.-% begrenzt sein.

(2) Molybdän:

Molybdän hat die Funktion, das Wachstum eines Ni_3Fe Überstrukturgitters in einer Ni-Fe-Legierung zu verhindern und somit die magnetische Permeabilität der Legierung zu verbessern. Jedoch kann der oben beschriebene erwünschte Effekt nicht mit einem Molybdängehalt von unter 2 Gew.-% erzielt werden. Ein Molybdängehalt von über 6 Gew.-% führt andererseits auch zu einer geringeren magnetischen Permeabilität. Der Molybdängehalt sollte demnach auf einen Bereich von 2 bis 6 Gew.-% begrenzt sein.

(3) Bor:

Bor hat die Funktion, eine Ausseigerung an den Korngrenzen von Phosphor, eine der allfälligen Verunreinigungen in der Legierung, und eine Ausseigerung an den Korngrenzen von Schwefel, ebenfalls eine der allfälligen Verunreinigungen in der Legierung, welcher, wie später ausgeführt, nicht mit Kalzium gebunden werden konnte, zu verhindern und somit die Warmbearbeitbarkeit der Legierung zu verbessern. Mit einem Borgehalt von unter 0,001 Gew.-% kann jedoch der oben beschriebene erwünschte Effekt nicht erzielt werden. Ein Borgehalt von über 0,005 Gew.-% verursacht andererseits das Entstehen zwischenmetallischer Verbindungen von Bor, was zu einer Brüchigkeit der Korngrenzen und folglich zu einer geringeren Warmbearbeitbarkeit der Legierung führt. Der Borgehalt sollte daher auf einen Bereich von 0,001 bis 0,005 Gew.-% begrenzt sein.

Um die Auswirkung des Borzusatzes zu untersuchen, wurde folgender Test durchgeführt: Die erfindungsgemäße Legierung Nr. 7 und die Vergleichslegierungen Nr. 18 und 20, die in der später angeführten Tabelle 1 aufgezeigt sind, wurden in einem Vakumschmelzofen erschmolzen und darauf zu Barren gegossen. Aus den so gegossenen Barren wurden sodann Teststücke mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 100 mm ausgeschnitten. Diese Teststücke wurden dann auf eine Temperatur von 1.200 °C erhitzt. Anschließend wurden diese Teststücke auf unterschiedliche Dehnungstesttemperaturen abgekühlt, um die Beträge der Querschnittsverminderung bei den jeweiligen Dehnungstesttemperaturen zu messen. Das Ergebnis wird in Fig. 1 gezeigt. In Fig. 1 stellt die Marke "Δ" das Teststück der erfindungsgemäßen Legierung Nr. 7 dar; die Marke "□" repräsentiert das Teststück der Vergleichslegierung Nr. 18 mit einem Gehalt an Kalzium, Schwefel und Phosphor, der innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegt, aber ohne Zusatz von Bor; und die Marke "5" repräsentiert das Teststück der Vergleichslegierung Nr. 20 mit einem Gehalt an Kalzium, Schwefel und Phosphor, der innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegt, jedoch mit einem höheren, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegenden Borgehalt.

Wie aus Fig. 1 hervorgeht, sind die Beträge der Querschnittsverminderung für die Teststücke der erfindungsgemäßen Legierung Nr. 7 höher als jene für die Teststücke der Vergleichslegierungen Nr. 18 und 20 und sind beträchtlich hoch in dem Temperaturbereich von 800 bis 1.000 °C, was besonders wichtig für die Warmbearbeitbarkeit ist. Dies weist darauf hin, daß die Teststücke der erfindungsgemäßen Legierung Nr. 7 ausgezeichnet warmbearbeitbar sind und daß es somit erforderlich ist, Bor in einer vorgeschriebenen Menge zuzusetzen, um die Warmbearbeitbarkeit der Legierung zu verbessern.

Daraufhin wurde folgender Test durchgeführt, um den optimalen Bereich für den Borgehalt zu erforschen: Die Vergleichslegierung Nr. 18, wie in der später angeführten Tabelle 1 gezeigt, wurde in einem Vakumschmelzofen unter Zugabe von Bor erschmolzen und dann zu Barren gegossen. Dann wurden Teststücke mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 100 mm aus den so gegossenen Barren ausgeschnitten. Diese Teststücke wurden daraufhin auf eine Temperatur von 1.200 °C erhitzt. Anschließend wurden diese Teststücke auf eine Temperatur im Bereich von 800 bis 1.000 °C abgekühlt, um die Minimalbeträge der Querschnittsverminderung für diese Teststücke innerhalb dieses Temperaturbereichs zu messen. Das Ergebnis wird in Fig. 2 gezeigt.

Wie aus Fig. 2 hervorgeht, liegt bei einem Borgehalt innerhalb des Bereichs von 0,001 bis 0,005 Gew.-% der Minimalbetrag der Querschnittsverminderung über 60 %, was das Ziel der vorliegenden Erfindung ist.

(4) Kalzium:

Kalzium hat die Aufgabe, die Warmbearbeitbarkeit der Legierung zu verbessern, indem es Schwefel bindet, welcher eine der allfälligen Verunreinigungen ist und der sich an den Korngrenzen während der Erstarrung der Legierung anlagert. Bei einem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel von unter 1,5 kann jedoch der oben beschriebene erwünschte Effekt nicht erzielt werden, da Schwefel nicht ausreichend von Kalzium gebunden ist. Bei einem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel von über 3,5 bilden sich andererseits niedrigschmelzende zwischenmetallische Verbindungen durch das Vorhandensein von Kalziumüberschuß, was zu einer Brüchigkeit der Korngrenzen führt und in einer schlechteren Warmbearbeitbarkeit der Legierung resultiert. Das Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel sollte daher auf einen Bereich von 1,5 bis 3,5 begrenzt sein.

Der folgende Test wurde durchgeführt, um die Wirkung des Kalziumzusatzes zu erforschen: Die erfindungsgemäße Legierung Nr. 5 und die Vergleichslegierungen Nr. 15 und 17, wie in der später angeführten Tabelle 1 gezeigt, wurden in einem Vakumschmelzofen erschmolzen und dann zu Barren gegossen. Sodann wurden Teststücke mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 100 mm aus den so gegossenen Barren ausgeschnitten. Diese Teststücke wurden dann auf eine Temperatur von 1.200 °C erhitzt. Anschließend wurden diese Teststücke auf unterschiedliche Dehnungstesttemperaturen abgekühlt, um die Beträge der Querschnittsverminderung bei den jeweiligen Dehnungstesttemperaturen zu messen. Das Ergebnis ist in Fig. 3 gezeigt. In Fig. 4 stellt die Marke "Δ" das Teststück der erfindungsgemäßen Legierung Nr. 5 mit einem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel von 2,0 dar; die Marke "o" repräsentiert das Teststück der Vergleichslegierung Nr. 15 ohne Kalziumzusatz, d. h. mit einem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel von Null; und die Marke "□" repräsentiert das Teststück der Vergleichslegierung Nr. 17 mit einem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel von 4,6.

Wie aus Fig. 3 hervorgeht, sind die Beträge der Querschnittsverminderung für die Teststücke der erfindungs-

gemäßen Legierung Nr. 5 höher als jene für die Teststücke der Vergleichslegierungen Nr. 15 und 17 und sind beträchtlich hoch im Temperaturbereich von 800 bis 1.000 °C, was besonders wichtig für die Warmbearbeitbarkeit ist. Dies weist darauf hin, daß die Teststücke der erfundungsgemäßen Legierung Nr. 5 ausgezeichnet warmbearbeitbar sind und daß zur Verbesserung der Warmbearbeitbarkeit der Legierung der Zusatz von Kalzium erforderlich ist, sodaß das Gewichtsverhältnis hiervон zu Schwefel einen vorgeschriebenen Wert erreicht.

Daraufhin wurde der folgende Test durchgeführt, um das optimale Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel zu ermitteln: Die erfundungsgemäße Legierung Nr. 5, wie in der später angeführten Tabelle 1 gezeigt, wurde in einem Vakuumschmelzofen unter Veränderung des Kalziumgehaltes hiervон erschmolzen und dann zu Barren gegossen. Sodann wurden Teststücke mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 100 mm aus den so gegossenen Barren ausgeschnitten. Diese Teststücke wurden dann auf eine Temperatur von 1.200 °C erhitzt. Anschließend wurden diese Teststücke auf eine Temperatur im Bereich von 800 bis 1.000 °C abgekühlt, um die Minimalbeträge der Querschnittsverminderung dieser Teststücke innerhalb dieses Temperaturbereiches zu messen. Das Ergebnis ist in Fig. 4 gezeigt.

Wie aus Fig. 4 hervorgeht liegt bei einem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel im Bereich von 1,5 bis 3,5 der Minimalbetrag der Querschnittsverminderung über 60 %, was das Ziel der vorliegenden Erfindung ist.

Sodann wurde die Wirkung von Sauerstoff als eine der in einer Legierung enthaltenen allfälligen Verunreinigungen auf das Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel untersucht. Insbesonders wurde die Beziehung zwischen dem Minimalbetrag der Querschnittsverminderung im Temperaturbereich von 800 bis 1.000 °C einerseits und dem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel andererseits unter denselben Testbedingungen wie oben unter Hinweis auf Fig. 4 beschrieben untersucht, da die Teststücke der Legierung dieselbe chemische Zusammensetzung wie jene der oben unter Hinweis auf Fig. 4 beschriebenen Legierung aufwiesen, außer daß der Sauerstoffgehalt der Legierung auf bis 0,001 Gew.-% festgesetzt wurde. Das Ergebnis ist in Fig. 5 gezeigt.

Wie aus Fig. 5 hervorgeht, liegt bei einem Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel im Bereich von 1,15 bis 3,50 der Minimalbetrag der Querschnittsverminderung über 60 %, was das Ziel der vorliegenden Erfindung ist, falls der Sauerstoffgehalt in der Legierung bis zu 0,001 Gew.-% beträgt. Wie ebenfalls aus Fig. 5 hervorgeht, wird bei einem Sauerstoffgehalt in der Legierung von bis zu 0,001 Gew.-% die Untergrenze des Gewichtsverhältnisses von Kalzium zu Schwefel zum Erreichen des Zielwertes der Querschnittsverminderung gemäß der vorliegenden Erfindung kleiner. Insbesonders kann die Menge des zugesetzten Kalziums, welche die magnetischen Eigenschaften der Legierung gegenläufig beeinträchtigt, innerhalb der Grenzen verringert werden, die nicht die Warmbearbeitbarkeit der Legierung durch Verminderung des Sauerstoffgehaltes in der Legierung auf bis zu 0,001 Gew.-% beeinträchtigen. Bei einem Sauerstoffgehalt in der Legierung von bis zu 0,001 Gew.-% sollte daher das Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel auf einen Bereich von 1,15 bis 3,50 begrenzt sein.

(5) Kupfer:

Kupfer hat wie Molybdän, welches oben beschrieben wurde, die Aufgabe, die magnetische Permeabilität der Legierung zu verbessern. In der vorliegenden Erfindung wird Kupfer daher gegebenenfalls zusätzlich beigefügt. Bei einem Kupfergehalt von unter 1 Gew.-% kann jedoch ein oben beschriebener erwünschter Effekt nicht erzielt werden. Ein Kupfergehalt von über 5 Gew.-% führt andererseits zu einer geringeren magnetischen Permeabilität. Der Kupfergehalt sollte daher auf einen Bereich von 1 bis 5 Gew.-% begrenzt sein.

(6) Mangan:

Mangan hat die Aufgabe, die Warmbearbeitbarkeit der Legierung zu verbessern. In der vorliegenden Erfindung wird daher Mangan gegebenenfalls zusätzlich beigefügt. Bei einem Mangangehalt von unter 0,1 Gew.-% kann jedoch ein oben beschriebener erwünschter Effekt nicht erzielt werden, und Schwefel, welcher eine der allfälligen Verunreinigungen ist, kann nicht gebunden werden. Bei einem Mangangehalt von über 0,4 Gew.-% wird andererseits die Festigkeit der Matrix der Legierung übermäßig hoch, was leicht zum Auftreten von Korngrenzbrüchen und zu einer schlechteren Warmbearbeitbarkeit führt. Daher sollte der Mangangehalt auf einen Bereich von 0,1 bis 0,4 Gew.-% begrenzt sein.

(7) Schwefel:

Schwefel ist eine der unvermeidbar in der Legierung eingeschlossenen Verunreinigungen. Obwohl der Schwefelgehalt vorzugsweise so gering wie möglich sein sollte, ist es, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, schwierig, den Schwefelgehalt in technischem Maßstab weitgehend zu reduzieren. Bei einem Schwefelgehalt von über 0,002 Gew.-% ist jedoch, selbst unter Zusatz von Kalzium und Bor, die Warmbearbeitbarkeit der Legierung nicht verbessert. Der Schwefelgehalt sollte daher auf bis zu 0,002 Gew.-% begrenzt sein.

(8) Phosphor:

Phosphor ist eine der unvermeidbar in der Legierung eingeschlossenen Verunreinigungen. Obwohl der Phosphorgehalt möglichst niedrig gehalten werden sollte, ist es, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, schwierig, den Phosphorgehalt in technischem Maßstab weitgehend zu reduzieren. Ein Phosphorgehalt von über

0,006 Gew.-% verschlechtert jedoch durch das Auftreten von Korngrenzbrüchigkeit die Warmbearbeitbarkeit der Legierung. Der Phosphorgehalt sollte daher auf bis zu 0,006 Gew.-% begrenzt sein.

(9) Kohlenstoff:

Kohlenstoff ist eine der unvermeidbar in der Legierung eingeschlossenen Verunreinigungen. Obwohl der Kohlenstoffgehalt möglichst niedrig gehalten werden sollte, ist es, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, schwierig, den Kohlenstoffgehalt in technischem Maßstab weitgehend zu reduzieren. Ein Kohlenstoffgehalt von über 0,003 Gew.-% verschlechtert jedoch die magnetischen Eigenschaften der Legierung. Der Kohlenstoffgehalt sollte daher auf bis zu 0,003 Gew.-% und vorzugsweise auf bis zu 0,002 Gew.-% begrenzt sein.

(10) Sauerstoff:

Sauerstoff ist eine der unvermeidbar in der Legierung eingeschlossenen Verunreinigungen. Obwohl der Sauerstoffgehalt möglichst niedrig gehalten werden sollte, ist es, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, schwierig, den Sauerstoffgehalt in technischem Maßstab weitgehend zu reduzieren. Ein Sauerstoffgehalt von über 0,003 Gew.-% verursacht jedoch die Bildung von Oxideinschlüssen in der Legierung, was zu einer schlechteren Warmbearbeitbarkeit der Legierung führt.

Der Sauerstoffgehalt sollte daher auf bis zu 0,003 Gew.-% und vorzugsweise auf bis zu 0,001 Gew.-% in Hinblick auf eine Verringerung der Menge an zugesetztem Kalzium, wie oben erläutert, begrenzt sein.

(11) Stickstoff:

Stickstoff ist eine der unvermeidbar in der Legierung eingeschlossenen Verunreinigungen. Obwohl der Stickstoffgehalt möglichst niedrig gehalten werden sollte, ist es, vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, schwierig, den Stickstoffgehalt in technischem Maßstab weitgehend zu reduzieren. Bei einem Stickstoffgehalt von über 0,0015 Gew.-% verbindet sich Stickstoff jedoch leicht mit Bor in der Legierung unter Bildung von Bornitrid (BN), wodurch die Menge an Bor im Zustand der Feststofflösung verringert wird. Zusätzlich verhindert das oben erwähnte Bornitrid (BN) die Übertragung der magnetischen Wände, was eine niedrigere magnetische Permeabilität der Legierung zur Folge hat. Der Stickstoffgehalt sollte daher auf bis zu 0,0015 Gew.-% und vorzugsweise auf bis zu 0,0010 Gew.-% begrenzt sein.

Im Verfahren gemäß vorliegender Erfindung wird das Legierungsmaterial mit der oben beschriebenen chemischen Zusammensetzung auf eine Temperatur im Bereich von 1.100 bis 1.250 °C erhitzt und sodann das so erhitzte Legierungsmaterial bei einer Bearbeitungstemperatur von mindestens 800 °C warmbearbeitet, um eine Bramme mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus der ferromagnetischen Ni-Fe-Legierung herzustellen.

Im Verfahren gemäß vorliegender Erfindung sollte aus dem folgenden Grund die Erhitzungstemperatur des Legierungsmaterials innerhalb eines Bereiches von 1.100 bis 1.250 °C begrenzt sein:

Die erfundungsgemäße Legierung Nr. 5, wie in der später angeführten Tabelle 1 gezeigt, wurde in einem Vakuumsschmelzofen erschmolzen und dann zu einem Barren gegossen. Sodann wurden Teststücke mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 100 mm aus dem so gegossenen Barren ausgeschnitten. Anschließend wurden diese Teststücke auf unterschiedliche Temperaturen erhitzt, um die Beträge der Querschnittsverminderung der Teststücke bei den jeweiligen Erhitzungstemperaturen zu messen. Das Ergebnis ist in Fig. 6 gezeigt.

Wie aus Fig. 6 hervorgeht, liegen bei einer Erhitzungstemperatur des Teststückes im Bereich von 1.100 bis 1.250 °C die Beträge der Querschnittsverminderung der Teststücke über 60 %, was das Ziel der Erfindung ist. Diese Tatsache erklärt sich folgendermaßen: Bis die Erhitzungstemperatur 1.150 °C erreicht, steigt der Betrag der Querschnittsverminderung auf Grund der Wiederauflösung von Schwefel und Phosphor, die sich an den Korngrenzen abgesondert hatten, an. Nachdem die Erhitzungstemperatur 1.150 °C überschritten hat, überwiegt jedoch die Wiederausseigerung des wiederaufgelösten Schwefels und Phosphors an den Korngrenzen die Ausseigerung von Bor an den Korngrenzen, was zu einem geringeren Betrag der Querschnittsverminderung führt. Die Erhitzungstemperatur des Legierungsmaterials sollte daher auf den Bereich von 1.100 bis 1.250 °C begrenzt sein.

Im Verfahren gemäß vorliegender Erfindung sollte die Bearbeitungstemperatur des Legierungsmaterials aus dem folgenden Grund auf mindestens 800 °C begrenzt sein.

Wie aus Fig. 1 hervorgeht, führt eine Dehnungstesttemperatur von unter 800 °C zu einem scharfen Abfall im Betrag der Querschnittsverminderung des Teststückes der erfundungsgemäßen Legierung Nr. 7. Das ist der Festigkeit im Kristallkorn zuzuschreiben, die größer ist, als die an der Korngrenze bei einer Temperatur von unter 800 °C. Diese Tatsache geht auch aus Fig. 3 hervor. Zur Herstellung einer Bramme mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus der ferromagnetischen Ni-Fe-Legierung sollte daher das Legierungsmaterial bei einer Temperatur von mindestens 800 °C warmbearbeitet werden.

Die ferromagnetische Ni-Fe-Legierung gemäß vorliegender Erfindung wird nun in den Beispielen ausführlicher beschrieben.

Beispiel 1

Die Ni-Fe-Legierungen mit einer chemischen Zusammensetzung innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung, wie in Tabelle 1 gezeigt, und die Ni-Fe-Legierungen mit einer chemischen Zusammensetzung außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung, wie in Tabelle 1 gezeigt, wurden in einem Vakumschmelzofen erschmolzen und dann zu Barren gegossen. Anschließend wurden aus den jeweiligen so gegossenen Barren Teststücke mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 100 mm aus der im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegenden Legierung Nr. 1 bis 12 (im folgenden als "erfindungsgemäße Teststücke" bezeichnet) und Teststücke, ebenfalls mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 100 mm, aus der außerhalb des Rahmens der Erfindung liegenden Legierung Nr. 13 bis 23 (im folgenden als "Vergleichsteststücke" bezeichnet) ausgeschnitten. Diese Teststücke wurden sodann auf eine Temperatur von 1.200 °C erhitzt und dann auf eine Temperatur im Bereich von 800 bis 1.000 °C abgekühlt, um den Minimalbetrag der Querschnittsverminderung dieser Teststücke innerhalb dieses Temperaturbereiches zu messen. Das Ergebnis ist ebenfalls in Tabelle 1 gezeigt.

15

(Es folgt Tabelle 1)

20

25

30

35

40

45

50

55

60

Tabelle 1

5	Nr.	chemische Zusammensetzung (Gew.-%)										Ca/S	Minimalbetrag der Querschnittsverminderung im Temperaturbereich von 800 bis 1.000 °C (%)	
		Ni	Mo	Cu	B	Ca	Mn	S	P	C	O			
10	1	80.50	4.30	-	0.0025	0.0012	-	0.0004	0.001	0.0016	0.0015	0.0004	-	3.00
	2	79.30	4.56	-	0.0012	0.0016	0.35	0.0010	0.003	0.0020	0.0011	0.0005	-	1.60
	3	79.39	4.65	-	0.0046	0.0028	0.30	0.0008	0.002	0.0009	0.0014	0.0007	-	3.50
	4	80.56	4.24	2.27	0.0040	0.0010	-	0.0005	0.001	0.0012	0.0014	0.0005	-	2.00
15	5	79.01	4.29	2.18	0.0014	0.0022	0.38	0.0011	0.004	0.0018	0.0013	0.0010	-	2.00
	6	79.10	4.26	2.12	0.0042	0.0046	0.35	0.0016	0.003	0.0015	0.0011	0.0003	-	2.70
	7	79.50	4.05	2.50	0.0030	0.0030	0.36	0.0010	0.005	0.0017	0.0012	0.0003	-	3.00
	8	81.13	5.50	-	0.0034	0.0011	-	0.0007	0.002	0.0014	0.0005	0.0002	-	1.57
20	9	80.42	4.15	-	0.0040	0.0013	0.38	0.0007	0.002	0.0018	0.0008	0.0007	-	1.86
	10	77.94	4.18	2.13	0.0045	0.0010	-	0.0004	0.003	0.0015	0.0009	0.0006	-	2.50
	11	78.32	4.03	2.27	0.0044	0.0016	0.31	0.0013	0.001	0.0014	0.0006	0.0006	-	1.23
	12	78.88	4.12	2.27	0.0045	0.0017	0.30	0.0011	0.001	0.0018	0.0002	0.0004	-	1.55
25	13	79.35	3.92	2.60	0.0020	0.0038	0.35	0.0015	0.009	0.0012	0.0005	0.0008	-	2.00
	14	78.52	4.03	2.61	0.0012	0.0059	0.30	0.0033	0.004	0.0015	0.0005	0.0002	-	1.60
	15	79.30	4.05	2.02	0.0031	-	0.32	0.0018	0.005	0.0052	0.0003	0.0011	-	2.0
	16	79.41	4.63	1.90	0.0020	0.0012	0.30	0.0015	0.003	0.0013	0.0012	0.0006	-	0.00
30	17	79.37	4.32	-	0.0025	0.0041	0.37	0.0009	0.004	0.0020	0.0013	0.0013	-	4.00
	18	79.96	4.27	2.20	-	0.0027	0.32	0.0015	0.002	0.0016	0.0004	0.0002	-	1.70
	19	79.20	4.35	-	0.0006	0.0020	0.35	0.0010	0.004	0.0011	0.0008	0.0006	-	2.00
	20	79.08	4.30	2.23	0.0060	0.0021	0.30	0.0007	0.003	0.0008	0.0002	0.0011	-	3.57
35	21	79.00	3.88	2.76	0.0030	-	0.35	0.0016	0.006	0.0014	0.0007	0.0012	Ti: 0.10	-
	22	79.36	4.07	-	-	-	0.25	0.0015	0.006	0.0010	0.0005	0.0007	-	2.2
	23	78.98	3.98	2.56	-	-	0.30	0.0013	0.003	0.0010	0.0003	0.0010	-	1.9

- Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, liegt für alle erfindungsgemäßen Teststücke Nr. 1 bis 12 der Minimalbetrag der Querschnittsverminderung weit über 60 %, was das Ziel der vorliegenden Erfindung ist und was auf eine ausgezeichnete Warmbearbeitbarkeit hinweist. Ein Vergleich zwischen den erfindungsgemäßen Teststücken Nr. 12 und 2 zeigt, daß, obgleich diese Teststücke im wesentlichen dasselbe Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel aufweisen, der Sauerstoffgehalt im erfindungsgemäßen Teststück Nr. 12 geringer ist als jener im erfindungsgemäßen Teststück Nr. 2, und der Minimalbetrag der Querschnittsverminderung für das erfindungsgemäße Teststück Nr. 12 höher ist als einer für das erfindungsgemäße Teststück Nr. 2. Dadurch wird nahegelegt, daß es möglich ist, die Warmbearbeitbarkeit entsprechend einem geringeren Sauerstoffgehalt, selbst bei einem im wesentlichen gleichen Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel, weiter zu verbessern.
- Aus den erfindungsgemäßen Legierungen Nr. 1 bis 12, wie in Tabelle 1 gezeigt, wurden Legierungsbleche mit einer Dicke von 0,1 mm hergestellt, um die gleichstrommagnetischen Eigenschaften dieser Legierungsbleche zu untersuchen. Als Ergebnis zeigten diese Legierungsbleche eine anfängliche magnetische Permeabilität, eine maximale magnetische Permeabilität, eine magnetische Sättigungsflußdichte und eine Koerzitivkraft, die im wesentlichen gleich wie bei einem PC Permalloy sind.
- Im Gegensatz dazu enthalten die beiden Vergleichsteststücke Nr. 22 und 23 weder Bor noch Kalzium. In der Absicht, die Warmbearbeitbarkeit zu verbessern, enthält das Vergleichsteststück Nr. 21 Titan, jedoch nicht Kalzium. Das Vergleichsteststück Nr. 15 enthält kein Kalzium. Das Vergleichsteststück Nr. 13 weist einen hohen, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegenden Phosphorgehalt auf. Das Vergleichsteststück Nr. 14 weist einen hohen, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegenden Schwefelgehalt auf. Das Vergleichsteststück Nr. 16 weist ein niedriges, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegendes Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel auf. Das Vergleichsteststück Nr. 17 weist ein hohes, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegendes Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel auf. Das Vergleichsteststück Nr. 18 enthält kein Bor. Das Vergleichsteststück Nr. 19 hat einen geringen, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegenden Borgehalt. Das Vergleichsteststück Nr. 20 weist einen hohen, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegenden Borgehalt auf. Folglich liegt bei allen Vergleichsteststücken Nr. 13 bis 23 der Minimalbetrag der Querschnittsverminderung weit unter 60 %, was das Ziel in der vorliegenden Erfindung ist.

Beispiel 2

- Ni-Fe-Legierungen mit einer innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegenden chemischen Zusammensetzung, wie in Tabelle 2 gezeigt, und Ni-Fe-Legierungen mit einer außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegenden chemischen Zusammensetzung, wie ebenfalls in Tabelle 2 gezeigt, wurden in einem Vakuumschmelzofen erschmolzen und dann zu Barren gegossen. Anschließend wurden die erhaltenen Barren auf unterschiedliche Temperaturen, wie in Tabelle 2 gezeigt, erhitzt, und dann dem Flachwalzen bei den, ebenfalls in Tabelle 2 gezeigten Bearbeitungstemperaturen unterworfen, um Brammen aus der innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegenden Legierung (im folgenden als "erfindungsgemäße Brammen" bezeichnet) Nr. 1 und 2, und Brammen aus der außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfindung liegenden Legierung (im folgenden als "Vergleichsbrammen" bezeichnet) Nr. 3 bis 6 zu erzeugen. Die Oberflächenfehler wurden bei den so hergestellten Brammen untersucht. Das Ergebnis ist ebenfalls in Tabelle 2 gezeigt.
- Die Oberflächenfehler an den Brammen wurden folgendermaßen untersucht: Da infolge der Belastungsverteilung während des Flachwalzens, die Oberflächenfehler an einer Bramme bevorzugt an der Brammenkante auftreten, wurden die Oberflächenfehler an der Brammenkante untersucht. Die quantitative Bestimmung der Oberflächenfehler an der Brammenkante wurde durch Summierung der Längen der Risse, die eine Tiefe von über 2 mm hatten und welche sich an einer Einheitsquerschnittsfläche der Brammenkante in Querrichtung zur Bramme gebildet hatten durchgeführt. Wenn die Bramme einer Ni-Fe-Legierung auf eine Temperatur von über 1.100 °C erhitzt wird, tritt Korngrenzoxydation auf und diese Korngrenzoxydation wird zugleich mit dem Ansteigen der Heiztemperatur ausgeprägter. Die Korngrenzoxydation tritt jedoch kaum auf, wenn ein oxydationsverhinderndes Mittel verwendet wird und die Erhitzungstemperatur auf bis zu 1.250 °C gesenkt wird. In diesem Beispiel waren daher die durch die Korngrenzoxydation verursachten Oberflächenfehler beinahe vernachlässigbar, da, in Hinblick auf die oben beschriebenen Fakten, oxydationsverhindrende Mittel angewendet und die Barren auf eine Temperatur von bis zu 1.250 °C erhitzt wurden.

(Es folgt Tabelle 2)

55

60

Tabelle 2

Nr.	chemische Zusammensetzung (Gew.-%)										Ca/S	Erhitzungs-temp. (°C)	Bearbei-tungs-temp. (°C)	Oberfl.-fehler (cm/cm ²)	
	Ni	Mo	Cu	B	Ca	Mn	S	P	C	O					
1	78.50	3.90	2.50	0.0014	0.0028	0.40	0.0012	0.002	0.0013	0.0014	0.0005	2.3	1,230	880	0.02
2	78.88	4.12	2.27	0.0045	0.0017	0.30	0.0011	0.001	0.0018	0.0002	0.0004	1.6	1,200	900	0.005
3	78.35	4.00	2.60	0.0025	0.0019	0.35	0.0009	0.003	0.0010	0.0007	0.0007	2.1	1,300	920	2.00
4	79.55	4.20	-	0.0020	0.0019	0.35	0.0010	0.003	0.0011	0.0003	0.0010	1.9	1,180	750	3.50
5	78.60	4.02	2.10	0.0025	0.0010	0.37	0.0018	0.005	0.0015	0.0013	0.0008	0.6	1,230	880	3.80
6	79.01	3.80	2.70	0.0005	0.0033	0.25	0.0013	0.005	0.0009	0.0005	0.0003	2.5	1,240	890	3.46

Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, weist jede der erfundungsgemäßen Brammen 1 und 2 nur wenige Oberflächenfehler auf.

Im Gegensatz dazu hat die Vergleichsbramme Nr. 3 eine hohe, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfahrung liegende Erhitzungstemperatur des Barrens, obgleich die chemische Zusammensetzung hiervon innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfahrung liegt. Die Vergleichsbramme Nr. 4 hat eine niedrige, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfahrung liegende Bearbeitungstemperatur der Bramme, obgleich die chemische Zusammensetzung hiervon innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfahrung liegt. Die Vergleichsbramme Nr. 5 hat ein niedriges, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfahrung liegendes Gewichtsverhältnis von Kalzium zu Schwefel, obgleich die Erhitzungstemperatur des Barrens und die Bearbeitungstemperatur der Bramme innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfahrung liegen. Die Vergleichsbramme Nr. 6 hat einen niedrigen, außerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfahrung liegenden Borgehalt, obgleich die Heiztemperatur des Barrens und die Bearbeitungstemperatur der Bramme innerhalb des Rahmens der vorliegenden Erfahrung liegen. Als Folge davon weisen die Vergleichsbrammen Nr. 3 bis 6 weit mehr Oberflächenfehler auf als die erfundungsgemäßen Brammen Nr. 1 und 2.

Aus den erfundungsgemäßen, in Tabelle 1 gezeigten Legierungen Nr. 1 bis 12 wurden Brammen gemäß den Verfahren der vorliegenden Erfahrung hergestellt und Oberflächenfehler an diesen Brammen in derselben Weise wie in Beispiel 2 untersucht. Das Ergebnis zeigt, daß alle Brammen nur wenige Oberflächenfehler aufweisen.

Wie aus dem oben erwähnten Beispiel 2 hervorgeht, ist es gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfahrung möglich, eine Bramme mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit herzustellen. Weiters ist es möglich, durch Erhitzen obgenannter Bramme auf eine Temperatur im Bereich von 1.100 bis 1.250 °C und dann Warmwalzen der so erhitzenen Bramme bei einer Bearbeitungstemperatur von mindestens 800 °C, ein ferromagnetisches Ni-Fe-Legierungsblech mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit herzustellen. Zusätzlich ist es möglich, durch Erhitzen des obgenannten Legierungsbleches auf eine Temperatur im Bereich von 1.100 bis 1.250 °C und dann Warmpressen des so erhitzenen Legierungsbleches bei einer Bearbeitungstemperatur von zumindest 800 °C, einen preßgeformten Gegenstand mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit herzustellen.

Gemäß der vorliegenden Erfahrung ist es, wie oben im einzelnen beschrieben, möglich, eine ferromagnetische Ni-Fe-Legierung mit ausgezeichneter Warmbearbeitbarkeit und eines Legierungsgegenstandes mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus der obgenannten Legierung herzustellen, womit ein industriell nützlicher Effekt geschaffen wird.

30

PATENTANSPRÜCHE

35

1. Ferromagnetische Ni-Fe-Legierung, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus:

Nickel : 75 bis 82 Gew.-%,
 Molybdän : 2 bis 6 Gew.-%,
 Bor : 0,001 bis 0,005 Gew.-%,
 Kalzium : innerhalb des Bereichs, der folgender Formel im Gewichtsverhältnis zu Schwefel als eine allfällige Verunreinigung genügt, falls der Gehalt an Sauerstoff als eine allfällige Verunreinigung im Bereich von über 0,001 bis 0,003 Gew.-% liegt:

50

$$1,5 \leq \text{Ca/S} \leq 3,5 \dots (1),$$

55

oder

innerhalb des Bereichs, der folgender Formel im Gewichtsverhältnis zu Schwefel als eine allfällige Verunreinigung genügt, falls der Gehalt an Sauerstoff als eine allfällige Verunreinigung bis zu 0,001 Gew.-% beträgt:

$$1,15 \leq \text{Ca/S} \leq 3,50 \dots (2),$$

60

und

Rest Eisen und allfällige Verunreinigungen besteht, wobei der jeweilige Gehalt an Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff besagter allfälliger Verunreinigungen

- 5 bis zu 0,002 Gew.-% für Schwefel,
bis zu 0,006 Gew.-% für Phosphor,
bis zu 0,003 Gew.-% für Kohlenstoff,
bis zu 0,003 Gew.-% für Sauerstoff,
und
10 bis zu 0,0015 Gew.-% für Stickstoff beträgt.

2. Ni-Fe-Legierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ni-Fe-Legierung weiters zusätzlich Kupfer in einer Menge im Bereich von 1 bis 5 Gew.-% enthält.

15 3. Ni-Fe-Legierung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ni-Fe-Legierung weiters zusätzlich Mangan in einer Menge im Bereich von 0,1 bis 0,4 Gew.-% enthält.

20 4. Verfahren zur Herstellung einer Bramme, eines Blechs oder eines preßgeformten Gegenstandes mit ausgezeichneter Oberflächenbeschaffenheit aus einer Legierung nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Legierungsmaterial in Form eines Barrens, einer Bramme oder eines Blechs jeweils auf eine Temperatur im Bereich von 1.100 bis 1.250 °C erhitzt und daß das auf diese Weise erhitzte Legierungsmaterial bei einer Endbearbeitungstemperatur im Bereich von 1.250 bis 800 °C warmbearbeitet wird.

25

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

Ausgegeben

11. 5.1992

Int. Cl.⁵: C22C 19/03

Blatt 1

C22F 1/10

FIG. 1

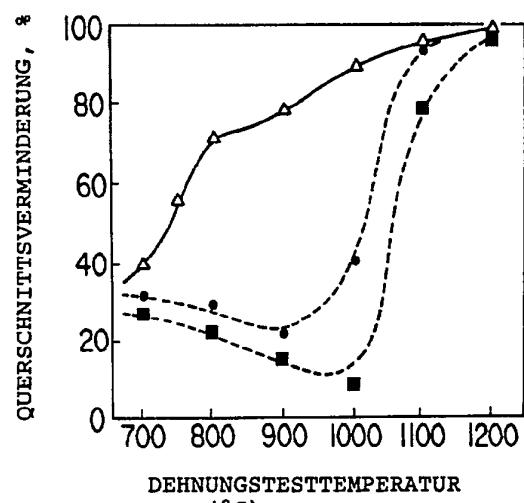
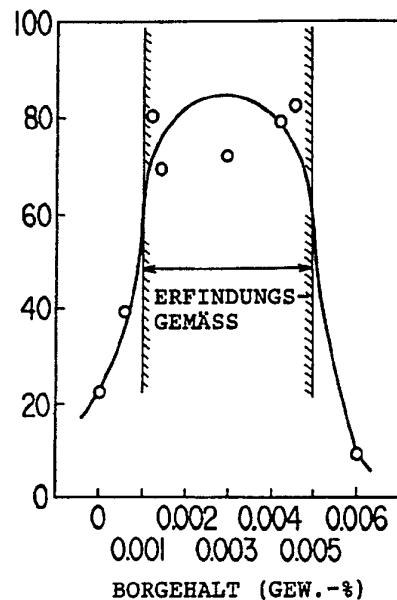


FIG. 2

MINIMALBETRAG DER QUERSCHNITTSVERMINDERUNG IM TEMPERATURBEREICH VON 800 BIS 1.000 °C



Ausgegeben

11. 5.1992

Int. Cl.⁵: C22C 19/03

Blatt 2

C22F 1/10

FIG. 3

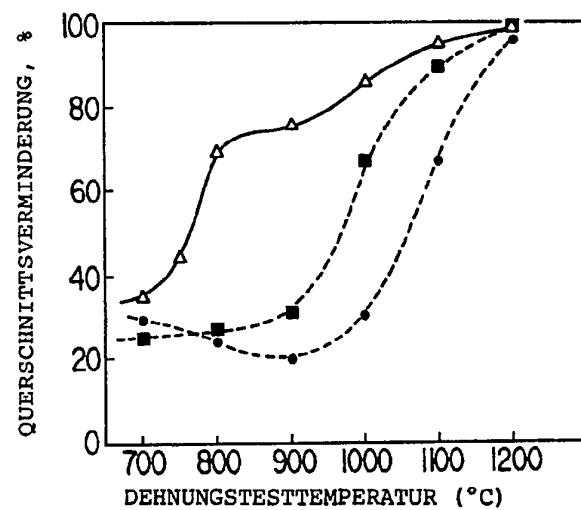
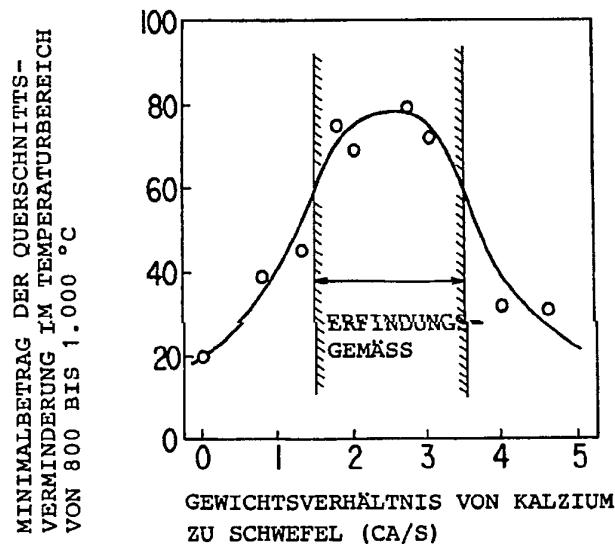


FIG. 4



Ausgegeben

11. 5.1992

Int. Cl.⁵: C22C 19/03

Blatt 3

C22F 1/10

FIG. 5

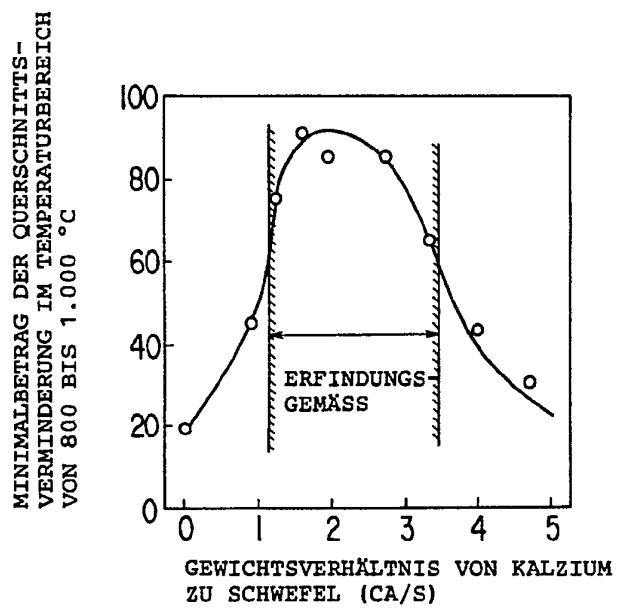


FIG. 6

