

(19)



(11)

**EP 1 918 407 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.05.2008 Patentblatt 2008/19**

(51) Int Cl.:  
**C22C 38/10<sup>(2006.01)</sup> H01F 1/147<sup>(2006.01)</sup>**  
**C21D 8/12<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **07113372.2**

(22) Anmeldetag: **27.07.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK RS**

(72) Erfinder:  
• **Dr. Gerster, Joachim**  
**63755, Alzenau (DE)**  
• **Dr. Pieper, Witold**  
**63450, Hanau (DE)**

(30) Priorität: **30.10.2006 DE 102006051715**

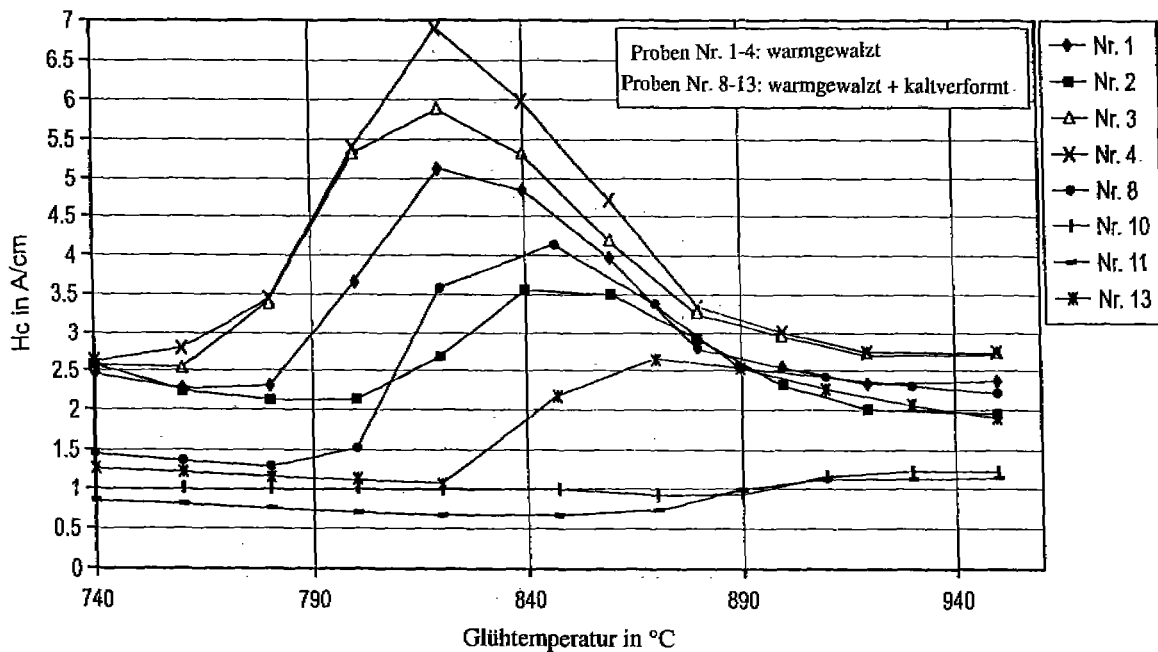
(74) Vertreter: **Schäfer, Horst**  
**Schweiger & Partner**  
**Karlstraße 35**  
**80333 München (DE)**

(71) Anmelder: **Vacuumschmelze GmbH & Co. KG**  
**63450 Hanau (DE)**

**(54) Weichmagnetische Legierung auf Eisen-Kobalt-Basis sowie Verfahren zu deren Herstellung**

(57) Eine weichmagnetische Legierung besteht im Wesentlichen aus 10 Gew.-% ≤ Co ≤ 22 Gew.-%, 0 Gew.-% ≤ V ≤ 4 Gew.-%, 1,5 Gew.-% ≤ Cr ≤ 5 Gew.-%, 1 Gew.-%

% ≤ Mn ≤ 2 Gew.-%, 0 Gew.-% ≤ Mo ≤ 1 Gew.-%, 0,5 Gew.-% ≤ Si ≤ 1,5 Gew.-%, 0,1 Gew.-% ≤ Al ≤ 1,0 Gew.-%, Rest Eisen.



**FIG. 4**

**EP 1 918 407 A1**

## Beschreibung

- 5 **[0001]** Die Erfindung betrifft eine weichmagnetische Legierung auf Eisen-Kobalt-Basis, die einen Kobaltgehalt von 10 Gewichtsprozent (Gew.-%) bis 22 Gew.-% aufweist, sowie ein Verfahren zur Herstellung der Legierung und ein Verfahren zur Herstellung von Halbzeug aus dieser Legierung, insbesondere von magnetischen Komponenten für Aktorsysteme.
- [0002]** Weichmagnetische Legierungen auf Eisen-Kobalt-Basis weisen eine hohe Sättigungsmagnetisierung auf und können daher dazu verwendet werden, elektromagnetische Aktorsysteme mit hohen Kräften und/oder kleinen Bauvolumen auszubilden. Eine typische Anwendung dieser Legierungen sind Magnetventile, wie zum Beispiel Magnetventile zur Kraftstoffeinspritzung in Verbrennungsmotoren.
- 10 **[0003]** Weichmagnetische Legierungen auf Eisen-Kobalt-Basis mit einem Kobaltgehalt von 10 Gew.-% bis 22 Gew.-% sind beispielsweise aus der US 7,128,790 bekannt. Bei der Verwendung dieser Legierungen bei schnell schaltenden Aktoren kann auf Grund der entstehenden Wirbelströme die Schaltfrequenz begrenzt werden. Ferner sind Verbesserungen in der Festigkeit der Magnetkerne bei Dauerbetrieb in Hochfrequenzaktorsystemen gewünscht.
- [0004]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Legierung vorzusehen, die zur Verwendung als Magnetkern bei schnell schaltenden Aktoren besser geeignet ist.
- 15 **[0005]** Gelöst wird dies erfindungsgemäß durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche. Weitere vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.
- [0006]** Erfindungsgemäß besteht eine weichmagnetische Legierung im Wesentlichen aus 10 Gew.-%  $\leq \text{Co} \leq 22$  Gew.-%, 0 Gew.-%  $\leq \text{V} \leq 4$  Gew.-%, 1,5 Gew.-%  $\leq \text{Cr} \leq 5$  Gew.-%, 1 Gew.-%  $\leq \text{Mn} \leq 2$  Gew.-%, 0 Gew.-%  $\leq \text{Mo} \leq 1$  Gew.-%, 0,5 Gew.-%  $\leq \text{Si} \leq 1,5$  Gew.-%, 0,1 Gew.-%  $\leq \text{Al} \leq 1,0$  Gew.-%, Rest Eisen.
- 20 **[0007]** Unter dem Begriff im Wesentlichen sind auch beiläufige Verunreinigungen eingeschlossen. Vorzugsweise weist die Legierung maximal 200ppm von Stickstoff, maximal 400ppm von Kohlenstoff und maximal 100ppm von Sauerstoff auf.
- [0008]** Die erfindungsgemäße Legierung weist gegenüber der binären Co-Fe-Legierung einen höheren spezifischen Widerstand auf, der zu einer Unterdrückung der Wirbelströme führt, bei einer möglichst geringen Absenkung der Sättigungspolarisation. Dies wird durch die Zulegierung der nichtmagnetischen Elemente erreicht. Ferner weist die Legierung auf Grund des Gehalts von Al und Si eine höhere Festigkeit auf. Diese Legierung eignet sich zur Verwendung als Magnetkern eines schnell schaltenden Aktorsystems, wie ein Kraftstoffeinspritzventil eines Verbrennungsmotors.
- 25 **[0009]** Cr und Mn zeigen eine starke Widerstandserhöhung bei einer geringen Sättigungsabsenkung. Gleichzeitig wird die Glühtemperatur, die die Obergrenze der ferritischen Phase entspricht, abgesenkt. Dies wird jedoch nicht gewünscht, da dies zu schlechteren weichmagnetischen Eigenschaften führt.
- 30 **[0010]** Al, V und Si erhöhen ebenfalls den elektrischen Widerstand und heben gleichzeitig die Glühtemperatur an. So kann eine Legierung mit hohem Widerstand, hoher Sättigung sowie mit hoher Glühtemperatur und damit guten weichmagnetischen Eigenschaften angegeben werden.
- [0011]** Ferner weist die Legierung auf Grund des Gehalts von Al und Si eine höhere Festigkeit auf. Die Legierung ist kaltverformbar und im schlussgeglühten Zustand duktil. Die Legierung kann eine Dehnung  $A_L$  von  $> 2\%$ , vorzugsweise  $A_L > 20\%$ . Die Dehnung  $A_L$  wird bei Zugversuchen gemessen. Diese Legierung eignet sich zur Verwendung als Magnetkern eines schnell schaltenden Aktorsystems, wie ein Kraftstoffeinspritzventil eines Verbrennungsmotors.
- 35 **[0012]** Die Anforderungen an eine weichmagnetische Legierung auf Kobalt-Eisen-Basis für ein Aktorsystem sind widersprüchlich. Ein höherer Kobaltgehalt führt in der binären Legierung zu einer höheren Sättigungsmagnetisierung  $J_s$  von ungefähr 9 mT pro 1 Gew.-% Co (ausgehend von 17 Gew.-% Co) und ermöglicht damit ein geringeres Bauvolumen und eine höhere Systemintegration oder höhere Aktorkräfte bei gleicher Baugröße. Gleichzeitig steigen aber die Kosten der Legierung. Mit wachsendem Co-Anteil verschlechtern sich die weichmagnetischen Eigenschaften, wie zum Beispiel Permeabilität. Oberhalb eines Kobaltgehalts von 22 Gew.-% wird die Sättigungszunahme durch weitere Co-Zulegierung geringer.
- 40 **[0013]** Die Legierung soll außerdem einen hohen spezifischen elektrischen Widerstand und gute weichmagnetische Eigenschaften haben.
- [0014]** Diese Legierung weist somit einen Kobaltgehalt von 10 Gew.-%  $\leq \text{Co} \leq 22$  Gew.-% auf. Ein niedriger Kobaltgehalt reduziert die Rohstoffkosten der Legierung, so dass diese für Anwendungen mit hohem Kostendruck, wie zum Beispiel im Automobilbereich geeignet ist. Die Maximalpermeabilität ist innerhalb dieses Bereichs hoch, was beim Einsatz als
- 50 **[0015]** In weiteren Ausführungsbeispielen weist die Legierung einen Kobaltgehalt von 14 Gew.-%  $\leq \text{Co} \leq 22$  Gew.-% und 14 Gew.-%  $\leq \text{Co} \leq 20$  Gew.-% auf.
- [0016]** Die weichmagnetische Legierung des Magnetkerns weist einen Gehalt von Chrom und Mangan auf, der zu einem höheren spezifischen elektrischen Widerstand  $p$  im geglühten Zustand bei geringer Abnahme der Sättigung führt. Dieser höhere spezifische Widerstand ermöglicht kleinere Schaltzeiten bei einem Aktor, da Wirbelströme reduziert werden. Gleichzeitig weist die Legierung eine hohe Sättigung und eine hohe Permeabilität  $\mu_{\text{max}}$  auf, so dass gute weichmagnetische Eigenschaften beibehalten werden.
- 55 **[0017]** Die Elemente Si und Al der Legierung sehen eine verbesserte Festigkeit der Legierung vor, ohne dass die

weichmagnetischen Eigenschaften wesentlich verschlechtert werden. Durch die Zulegierung von Si und Al lässt sich die Festigkeit der Legierung durch Mischkristallhärtung deutlich erhöhen, ohne eine deutliche Verschlechterung der weichmagnetischen Eigenschaften.

**[0018]** Der erfindungsgemäße Aluminiumgehalt und Vanadiumgehalt ermöglicht eine höhere Glühtemperatur, die zu guten weichmagnetischen Eigenschaften der Koerzitivfeldstärke  $H_c$  und der Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  führt. Eine hohe Permeabilität wird gewünscht, da dies zu niedrigeren Ansteuerströmen beim Einsatz der Legierung als Magnetkern oder Flussleiter eines Aktors führt.

**[0019]** In einer Ausführungsform weist die Legierung einen Siliziumgehalt von  $0,5 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 1,0 \text{ Gew.-%}$  auf.

**[0020]** Der Gehalt von Mo wurde niedrig gehalten, um die Bildung von Karbiden zu vermeiden, die zu einer Verschlechterung der magnetischen Eigenschaften führen können.

**[0021]** Neben Cr und Mn ist ein geringer Molybdängehalt günstig, da sich dieser Gehalt von Molybdän durch ein gutes Verhältnis von Widerstandszuwachs zu Sättigungsabnahme auszeichnet.

**[0022]** In einer Ausführungsform ist der Gehalt von Aluminium und Silizium von  $0,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} + \text{Si} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ , so dass Sprödigkeit und Verarbeitungsprobleme, die bei höheren Gesamtgehalten von Aluminium und Silizium auftreten können, vermieden werden.

**[0023]** In einer Ausführungsform ist der Gehalt der Elemente Chrom und Mangan und Molybdän und Aluminium und Silizium und Vanadium  $4,0 \text{ Gew.-%} \leq (\text{Cr} + \text{Mn} + \text{Mo} + \text{Al} + \text{Si} + \text{V}) \leq 9,0 \text{ Gew.-%}$ . Diese Legierung weist gegenüber der binären CoFe-Legierung einen noch höheren spezifischen Widerstand auf, der zu einer Unterdrückung der Wirbelströme führt, wobei gleichzeitig die Sättigungspolarisation möglichst wenig abgesenkt sowie die Koerzitivfeldstärke  $H_c$  noch weniger erhöht wird.

**[0024]** Der Gehalt von Chrom und Mangan und Molybdän und Aluminium und Silizium und Vanadium ist in einer Ausführungsform  $6,0 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} + \text{Mn} + \text{Mo} + \text{Al} + \text{Si} + \text{V} \leq 9,0 \text{ Gew.-%}$ .

**[0025]** In weiteren Ausführungsformen besteht die weichmagnetische Legierung, die im Wesentlichen aus  $10 \text{ Gew.-%} \leq \text{Co} \leq 22 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{V} \leq 1 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,5 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} \leq 3 \text{ Gew.-%}$ ,  $1 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mn} \leq 2 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mo} \leq 1 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,5 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,1 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 1,0 \text{ Gew.-%}$ , Rest Eisen. Sie kann einen Gehalt von Aluminium und Silizium von  $0,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} + \text{Si} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$  und/oder einen Gehalt von Chrom und Mangan und Molybdän und Aluminium und Silizium von  $4,5 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} + \text{Mn} + \text{Mo} + \text{Al} + \text{Si} \leq 6,0 \text{ Gew.-%}$  aufweisen.

**[0026]** In einer Ausführungsform besteht die Legierung im Wesentlichen aus  $\text{V} = 0 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} \leq 2,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,25 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mn} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mo} \leq 0,02 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 0,9 \text{ Gew.-%}$  und  $0,2 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 0,7 \text{ Gew.-%}$  ist.

**[0027]** In einer Ausführungsform besteht die Legierung im Wesentlichen aus  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{V} \leq 2,0 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} \leq 2,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,25 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mn} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mo} \leq 0,02 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 0,9 \text{ Gew.-%}$  und  $0,2 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 0,7 \text{ Gew.-%}$ .

**[0028]** In einer Ausführungsform besteht die Legierung im Wesentlichen aus  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{V} \leq 0,01 \text{ Gew.-%}$ ,  $2,3 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} \leq 3,0 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,25 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mn} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,75 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mo} \leq 1 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 0,9 \text{ Gew.-%}$  und  $0,1 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 0,2 \text{ Gew.-%}$  ist.

**[0029]** In einer Ausführungsform besteht die Legierung im Wesentlichen aus  $0,75 \text{ Gew.-%} \leq \text{V} \leq 2,75 \text{ Gew.-%}$ ,  $2,3 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} \leq 3,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,25 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mn} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mo} \leq 0,01 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 0,9 \text{ Gew.-%}$  und  $0,2 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 1,0 \text{ Gew.-%}$  ist.

**[0030]** Diese drei Legierungen weisen eine bevorzugte Kombination aus einem hohen elektrischen Widerstand, einer hohen Sättigung und einer niedrigen Koerzitivfeldstärke auf.

**[0031]** Legierungen mit den oben genannten Zusammensetzungen weisen einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho > 0,50 \mu\Omega\text{m}$  oder  $\rho > 0,55 \mu\Omega\text{m}$  oder  $\rho > 0,60 \mu\Omega\text{m}$  oder  $\rho > 0,65 \mu\Omega\text{m}$  auf. Dieser Wert sieht eine Legierung vor, so dass beim Einsatz als Magnetkern eines Aktorsystems niedrigere Wirbelströme entstehen. Dies ermöglicht die Verwendung der Legierung in Aktorsystemen mit höheren Schaltzeiten.

**[0032]** Der Anteil der Elemente Aluminium und Silizium bei der erfindungsgemäßen Legierung führt zu einer Legierung mit einer Streckgrenze von  $R_{p0,2} > 340 \text{ MPa}$ . Diese höhere Festigkeit der Legierung kann die Betriebsdauer der Legierung beim Einsatz als Magnetkern eines Aktorsystems verlängern. Dies ist attraktiv bei der Verwendung der Legierung in Hochfrequenzaktorsystemen, wie Kraftstoffeinspritzventilen in Verbrennungsmotoren.

**[0033]** Die erfindungsgemäße Legierung weist gute weichmagnetische Eigenschaften sowie eine gute Festigkeit und einen hohen spezifischen elektrischen Widerstand auf. In weiteren Ausführungsformen weist die Legierung eine Sättigung von  $J(400\text{A/cm}) > 2,00 \text{ T}$  oder  $> 1,90 \text{ T}$ , und/oder eine Koerzitivfeldstärke  $H_c < 3,5 \text{ A/cm}$  oder  $H_c < 2,0 \text{ A/cm}$  oder und/oder  $H_c < 1,0 \text{ A/cm}$  eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max} > 1000$  oder  $\mu_{max} > 2000$  auf.

**[0034]** Der erfindungsgemäße Gehalt von Chrom und Mangan und Molybdän und Aluminium und Silizium und Vanadium liegt zwischen  $4,0 \text{ Gew.-%}$  und  $9,0 \text{ Gew.-%}$ . Dieser höhere Gehalt ermöglicht eine Legierung vorzusehen, die einen höheren elektrischen Widerstand von  $\rho > 0,6 \mu\Omega\text{m}$  sowie eine niedrige Koerzitivfeldstärke  $H_c < 2,0 \text{ A/cm}$  aufweist. Diese Kombination von Eigenschaften ist besonders geeignet für Verwendung bei schnell schaltenden Aktoren.

**[0035]** Die Erfindung sieht ferner einen weichmagnetischen Kern oder Flussleiter für einen elektromagnetischen Aktor

aus einer Legierung nach einem der vorhergehenden Ausführungsformen vor. Dieser weichmagnetische Kern ist in verschiedenen Ausführungsformen ein weichmagnetischer Kern für ein Magnetventil eines Verbrennungsmotors, ein weichmagnetischer Kern für ein Kraftstoffeinspritzventil eines Verbrennungsmotors, ein weichmagnetischer Kern für ein Direktkraftstoffeinspritzventil eines Ottomotors oder eines Dieselmotors oder eine weichmagnetische Komponente für elektromagnetische Ventilverstellung, wie Ein- und Auslassventile.

**[0036]** Die unterschiedlichen Aktorsysteme, wie Magnetventile und Kraftstoffeinspritzventile haben unterschiedliche Anforderungen an Festigkeit sowie magnetische Eigenschaften. Diese Anforderungen können durch die Auswahl einer Legierung mit einer Zusammensetzung, die innerhalb der oben beschriebenen Bereiche liegt, erfüllt werden.

**[0037]** Die Erfindung sieht auch ein Kraftstoffeinspritzventil eines Verbrennungsmotors mit einer Komponente aus einer weichmagnetischen Legierung nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele vor. In weiteren Ausführungsformen ist das Kraftstoffeinspritzventil ein Direktkraftstoffeinspritzventil eines Ottomotors und ein Direktkraftstoffeinspritzventil eines Dieselmotors.

**[0038]** In weiteren Ausführungsformen sieht die Erfindung ein Rückschlussteil für einen elektromagnetischen Aktor sowie einen weichmagnetischen Rotor und einen weichmagnetischen Stator für einen elektrischen Motor und eine weichmagnetische Komponente für einen elektromagnetische Ventilverstellung an einem Einlassventil oder einem Auslassventil, das in einem Motorraum von beispielsweise einem Kraftfahrzeug verwendet wird, aus einer Legierung nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele vor.

**[0039]** Die Erfindung sieht auch ein Verfahren zur Herstellung von Halbzeug aus einer Kobalt-Eisen-Legierung vor, bei dem durch Schmelzen und Warmverformung zunächst Werkstücke aus einer weichmagnetischen Legierung hergestellt werden, die im Wesentlichen aus  $10 \text{ Gew.-%} \leq \text{Co} \leq 22 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{V} \leq 4 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,5 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} \leq 5 \text{ Gew.-%}$ ,  $1 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mn} \leq 2 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mo} \leq 1 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,5 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,1 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 1,0 \text{ Gew.-%}$ , Rest Eisen besteht.

**[0040]** Die Legierung der Werkstücke kann auch eine Zusammensetzung nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele aufweisen.

**[0041]** Die Legierung kann mittels verschiedener Verfahren erschmolzen werden. Möglich sind theoretisch alle gängigen Techniken, wie ein Erschmelzen an Luft oder mittels VIM (Vacuum Induction Melting). Dazu können z.B. der Lichtbogenofen oder induktive Techniken genutzt werden. Eine Behandlung mit VOD (Vacuum Oxygen Decarburization) oder AOD (Argon Oxygen Decarburization) oder ESU (Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren) verbessert die Qualität des Produkts.

**[0042]** Zur Herstellung der Legierung wird das VIM-Verfahren bevorzugt, da sich damit die Gehalte der Legierungselemente exakter einstellen lassen und nichtmetallische Einschlüsse in der erstarrten Legierung besser vermieden werden können.

**[0043]** Dem Schmelzvorgang folgt je nach herzustellendem Halbzeug eine unterschiedliche Reihe von Verfahrensschritten.

**[0044]** Falls Bänder hergestellt werden sollen, aus denen später Teile gestanzte werden, wird der aus dem Schmelzvorgang hervorgegangene Gussblock durch Vorblocken in eine Bramme umgeformt. Unter Vorblocken wird das Umformen des Gussblocks in eine Bramme mit rechteckigem Querschnitt durch einen Warmwalzvorgang bei einer Temperatur von beispielsweise  $1250 \text{ °C}$  verstanden. Nach dem Vorblocken wird durch Schleifen der auf der Oberfläche der Bramme ausgebildete Zunder entfernt. Dem Schleifen folgt ein weiterer Warmwalzvorgang, durch den die Bramme bei einer Temperatur von beispielsweise  $1250 \text{ °C}$  in ein Band umgeformt wird. Anschließend werden die sich beim Warmwalzen auf der Oberfläche des Bands ausbildenden Verunreinigungen durch Schleifen oder Beizen entfernt, und das Band wird durch Kaltwalzen auf die endgültige Dicke umgeformt, die im Bereich von  $0,1 \text{ mm}$  bis  $2 \text{ mm}$  sein kann. Schließlich wird das Band einer Schlussglühung unterzogen. Während der Schlussglühung heilen die durch die Umformvorgänge entstandenen Gitterfehlstellen aus und kristalline Körner werden im Gefüge gebildet.

**[0045]** Ähnlich verläuft der Herstellungsvorgang, wenn Drehteile hergestellt werden. Auch hier werden durch Vorblocken des Gussblocks Knüppel mit einem quadratischen Querschnitt hergestellt. Das sogenannte Vorblocken erfolgt dabei bei einer Temperatur von beispielsweise  $1250 \text{ °C}$ . Anschließend wird der beim Vorblocken entstandene Zunder durch Schleifen entfernt. Dem folgt ein weiterer Warmwalzvorgang, durch den die Knüppel in Stangen oder Drähte bis zu einem Durchmesser von beispielsweise  $13 \text{ mm}$  umgeformt werden. Durch Richten und Schälen werden dann zum einen Verwerfungen des Materials korrigiert und zum anderen die sich während des Warmwalzvorgangs bildenden Verunreinigungen auf der Oberfläche entfernt. Abschließend wird auch hier das Material einer Schlussglühung unterzogen.

**[0046]** Die Schlussglühung kann in einem Temperaturbereich von  $700 \text{ °C}$  bis  $1100 \text{ °C}$  durchgeführt werden. In einer Durchführungsform wird die Schlussglühung im Temperaturbereich von  $750 \text{ °C}$  bis  $850 \text{ °C}$  durchgeführt. Die Schlussglühung kann unter Inertgas, Wasserstoff oder Vakuum durchgeführt werden.

**[0047]** Die Bedingungen wie Temperatur und Dauer der Schlussglühung können so ausgewählt werden, dass nach der Schlussglühung die Legierung Verformungsparameter im Zugversuch von einer Bruchdehnung  $A_L > 2\%$  oder  $A_L > 20\%$  aufweist.

**[0048]** In einer weiteren Durchführungsform wird die Legierung vor der Schlussglühung kaltverformt.

**[0049]** Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Figur 1 zeigt ein Magnetventil mit einem Magnetkern aus einer erfindungsgemäßen weichmagnetischen Legierung,

5 Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm des Herstellverfahrens für Halbzeug aus der Legierung gemäß der Erfindung, und

Figur 3 zeigt die Koerzitivfeldstärke  $H_c$  in Abhängigkeit von der Glühtemperatur für verschiedene erfindungsgemäße weichmagnetische Legierungen.

10 Figur 4 zeigt die Koerzitivfeldstärke  $H_c$  in Abhängigkeit von der Glühtemperatur für weitere erfindungsgemäße weichmagnetische Legierungen.

Figur 1 zeigt ein elektromagnetisches Aktorsystem 20 mit einem Magnetkern 21 aus einer erfindungsgemäßen weichmagnetischen Legierung, die in einer ersten Ausführungsform im Wesentlichen aus 18,3 Gew.-% Co, 2,62 Gew.-% Cr, 1,37 Gew.-% Mn, 0,85 Gew.-% Si, 0,01 Gew.-% Mo, 0,21 Gew.-% Al, Rest Eisen besteht. In einem weiteren nicht gezeigten Ausführungsbeispiel ist ein Rückschluss aus dieser Legierung angegeben.

15 **[0050]** Eine Spule 22 wird mit Strom von einer Stromquelle 23 versorgt, so dass bei der Erregung der Spule 22 ein Magnetfeld induziert wird. Die Spule 22 ist um den Magnetkern 21 so angeordnet, dass auf Grund des induzierten Magnetfelds sich der Magnetkern 21 von einer ersten Position 24 bewegt, die mit der gestrichelten Linie in der Figur 1 gezeigt ist, zu einer zweiten Position 25. In dieser Ausführungsform ist die erste Position 24 eine geschlossene Position und die zweite Position eine offene Position. Folglich ist der Strom 26 durch den Kanal 27 vom Aktorsystem 20 gesteuert.

**[0051]** In weiteren Ausführungsformen ist das Aktorsystem 20 ein Kraftstoffeinspritzventil eines Ottomotors oder eines Dieselmotors, oder ein Direktkraftstoffeinspritzventil eines Ottomotors oder eines Dieselmotors.

20 **[0052]** Die weichmagnetische Legierung des Magnetkerns 21 weist einen Gehalt von Chrom und Mangan auf, der zu einem spezifischen elektrischen Widerstand  $p$  im geglühten Zustand von  $0,572 \mu\Omega m$  führt. Dieser höhere spezifische Widerstand ermöglicht kleinere Schaltzeiten bei dem Aktor, da Wirbelströme reduziert werden. Gleichzeitig weist die Legierung eine hohe Sättigung  $J(400 A/cm)$ , gemessen bei einer Magnetfeldstärke von  $400 A/cm$ , von  $2,137 T$  und eine Permeabilität  $\mu_{max}$  von 1915 auf, so dass gute weichmagnetische Eigenschaften beibehalten werden.

30 **[0053]** Die Elemente Si und Al der Legierung sehen eine verbesserte Festigkeit des Magnetkerns 21 vor, ohne dass die weichmagnetischen Eigenschaften wesentlich verschlechtert werden. Die Streckgrenze  $R_{p0,2}$  dieser Legierung ist  $402 Mpa$ . Der Aluminiumgehalt ermöglicht eine höhere Glühtemperatur, die zu guten weichmagnetischen Eigenschaften einer Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von nur  $2,57 A/cm$  und einer Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 1915 führt. Eine hohe Permeabilität wird gewünscht, da diese zu niedrigeren Ansteuerströmen beim Einsatz der Legierung als Magnetkern eines Aktors führt.

35 **[0054]** Der Gehalt von Mo wurde niedrig gehalten, um die Bildung von Karbiden zu vermeiden, die zu einer Verschlechterung der magnetischen Eigenschaften führen können.

**[0055]** Tabelle 1 zeigt Zusammensetzungen von verschiedenen Legierungen entsprechend der Erfindung.

**[0056]** Halbzeuge wurden aus diesen Legierungen durch ein Verfahren hergestellt, dessen Ablauf in der Figur 2 dargestellt ist.

40 **[0057]** In dem in Fig. 2 dargestellten Ablaufdiagramm wird zunächst in einem Schmelzvorgang 1 die Legierung erschmolzen.

**[0058]** Die Legierung kann mittels verschiedener Verfahren erschmolzen werden. Möglich sind theoretisch alle gängigen Techniken, wie ein Erschmelzen an Luft oder mittels VIM (Vacuum Induction Melting). Dazu können z.B. der Lichtbogenofen oder induktive Techniken genutzt werden. Eine Behandlung mit VOD (Vacuum Oxygen Decarburization) oder AOD (Argon Oxygen Decarburization) oder ESU (Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren) verbessert die Qualität des Produkts.

45 **[0059]** Zur Herstellung der Legierung wird das VIM-Verfahren bevorzugt, da sich damit der Gehalt der Legierungselemente exakter einstellen lässt und nichtmetallische Einschlüsse in der erstarrten Legierung besser vermieden werden können.

50 **[0060]** Dem Schmelzvorgang 1 folgen je nach herzustellendem Halbzeug eine unterschiedliche Reihe von Verfahrensschritten.

**[0061]** Falls Bänder hergestellt werden sollen, aus denen später Teile gestanzt werden, wird der aus dem Schmelzvorgang 1 hervorgegangene Gussblock durch Vorblocken 2 in eine Bramme umgeformt. Unter Vorblocken wird das Umformen des Gussblocks in eine Bramme mit rechteckigem Querschnitt durch einen Warmwalzvorgang bei einer Temperatur von  $1250 \text{ }^\circ C$  verstanden. Nach dem Vorblocken wird durch Schleifen 3 der auf der Oberfläche der Bramme ausgebildete Zunder entfernt. Dem Schleifen 3 folgt ein weiterer Warmwalzvorgang 4, durch den die Bramme bei einer Temperatur von  $1250 \text{ }^\circ C$  in ein Band mit einer Dicke von beispielsweise  $3,5 \text{ mm}$  umgeformt wird. Anschließend werden die sich beim Warmwalzen auf der Oberfläche des Bandes ausbildenden Verunreinigungen durch Schleifen oder Beizen

5 entfernt, und das Band wird durch Kaltwalzen 6 auf die endgültige Dicke im Bereich von 0,1 bis 2 mm umgeformt. Schließlich wird das Band einer Schlussglühung 7 bei einer Temperatur von > 700 °C unterzogen. Während der Schlussglühung heilen die durch die Umformvorgänge entstandenen Gitterfehlstellen aus und kristalline Körner werden im Gefüge gebildet.

5 **[0062]** Ähnlich verläuft der Herstellungsvorgang, wenn Drehteile hergestellt werden. Auch hier werden durch Vorblo-  
cken 8 des Gussblocks Knüppel mit einem quadratischen Querschnitt hergestellt. Das sogenannte Vorblo-  
cken erfolgt dabei bei einer Temperatur von 1250 °C. Anschließend wird der beim Vorblo-  
cken 8 entstandene Zunder durch Schleifen 9 entfernt. Dem folgt ein weiterer Warmwalzvorgang 10, durch den die Knüppel in Stangen oder Drähte bis zu einem  
10 Durchmesser von 13 mm umgeformt werden. Durch Richten und Schälen 11 werden dann zum einen Verwerfungen  
des Materials korrigiert und zum anderen die sich während des Warmwalzvorgangs 10 bildenden Verunreinigungen auf  
der Oberfläche entfernt. Abschließend wird auch hier das Material einer Schlussglühung 12 unterzogen.

15 **[0063]** Die Koerzitivfeldstärke  $H_c$  wurde in Abhängigkeit von der Glüh-temperatur für die Legierungen der Tabelle 1  
gemessen. Die Ergebnisse sind in der Figur 3 dargestellt. Aus der Figur 3 ist zu entnehmen, dass bei steigender  
Temperatur die Koerzitivfeldstärke zunächst sinkt und bei noch höheren Temperaturen, die an der Grenze zum Zwei-  
phasengebiet liegen, steigt.

15 **[0064]** Die Glüh-temperatur wird je nach Zusammensetzung ausgewählt, so dass die Koerzitivfeldstärke niedrig bleibt.  
Für die Legierung 3, die in Zusammenhang mit der Figur 1 beschrieben wird, wurde die Glühung bei einer Temperatur  
von 760 °C durchgeführt.

20 **[0065]** Figur 4 zeigt die Koerzitivfeldstärke für die Legierungen 1 bis 4, 8, 10, 11 und 13. Die Legierungen 8, 10, 11 und  
13 wurden nach Warmwalzen auch kaltverformt. Die Legierungen 1 bis 4 wurden nur warmgewalzt. Die Figur 4 zeigt  
den Einfluss verschiedener Zulegierungselemente auf  $H_c$  bei verschiedenen Glüh-temperaturen. Der Anstieg von  $H_c$   
zeigt die Obergrenze der ferritischen Phase.

25 **[0066]** Die Legierungen 2, 10, 11 und 13 mit einen niedrigeren  $H_c$  bei höheren Glüh-temperaturen weisen einen Gehalt  
von Aluminium von mindestens 0,68 Gew.-% auf. Die Legierungen 10 und 11 weisen eine besonders niedrige Koerzi-  
tivfeldstärke  $H_c$  von weniger als 1,5 A/cm bei Glüh-temperaturen oberhalb von 850°C auf. Diese Legierungen weisen  
einen Gehalt von Aluminium von 0,84 Gew.-% bzw. 0,92 Gew.-% sowie einen Vanadiumgehalt von 2,51 Gew.-% bzw.  
1,00 Gew.-% auf.

30 **[0067]** Bei diesen Legierungen ist die Phasenübergan-temperatur noch weiter nach oben verschoben. Dies hat den  
Vorteil, dass die magnetischen Eigenschaften durch die Verwendung einer höheren Glüh-temperatur weiter verbessert  
werden können.

30 **[0068]** Die Eigenschaften des spezifischen elektrischen Widerstands im geglühten Zustand,  $\rho_{el}$ , der Koerzitivfeldstärke  
 $H_c$ , der Sättigung  $J$  bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm,  $J(160 \text{ A/cm})$ , sowie bei einer Magnetfeldstärke von 400  
A/cm,  $J(400 \text{ A/cm})$ , der Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$ , der Streckgrenze  $R_m$ ,  $R_{p0,2}$ , der Bruchdehnung  $AL$  sowie des E-  
Moduls wurden für die Legierungen der Tabelle 1 gemessen und sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

35 **[0069]** Der spezifische elektrische Widerstand  $\rho$  jeder Legierung liegt oberhalb 0,5  $\mu\Omega m$ . Dies führt zu einer Unter-  
drückung der Wirbelströme, so dass die Legierungen sich für Aktoranwendungen mit kurzen Schaltzeiten eignen. Die  
Streckgrenze wurde für die Legierungen 1 bis 7 im magnetisch schlussgeglühten Zustand gemessen und liegt für jede  
Legierung oberhalb 340 MPa. Diese Legierungen können somit bei Anwendungen eingesetzt werden, bei denen höhere  
mechanische Belastungen entstehen.

40 **[0070]** Aus der Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass trotz des hohen Zulegierungsanteils an nicht magnetischen Elementen  
die Legierungen eine hohe Sättigung  $J(400 \text{ A/cm}) > 2,0 \text{ T}$ , einen hohen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho > 0,5$   
 $\mu\Omega m$  sowie eine hohe Streckgrenze  $R_{p0,2} > 340 \text{ MPa}$  aufweisen. Folglich sind diese Legierungen besonders geeignet  
für Magnetkerne in schnell schaltenden Aktorsystemen, wie Kraftstoffeinspritzventilen.

#### 45 1. Ausführungsbeispiel

50 **[0071]** Eine Legierung nach einem ersten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 18,1 Gew.-% Co, 2,24  
Gew.-% Cr, 1,40 Gew.-% Mn, 0,01 Gew.-% Mo, 0,83 Gew.-% Si, 0,24 Gew.-% Al, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben  
hergestellt. Die Legierung wurde bei 760 °C geglüht und weist im geglühten Zustand einen spezifischen elektrischen  
Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,542  $\mu\Omega m$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 2,34 A/cm, eine Sättigung  $J$  bei einer Magnetfeldstärke  
von 160 A/cm,  $J(160 \text{ A/cm})$ , von 2,029 T, eine Sättigung  $J$  bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm,  $J(400 \text{ A/cm})$ , von  
2,146 T, eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 2314, eine Streckgrenze  $R_m$  von 623 MPa,  $R_{p0,2}$  von 411 MPa, eine  
Bruchdehnung  $AL$  von 29,6% und ein E-Modul von 220 GPa auf.

#### 55 2. Ausführungsbeispiel

**[0072]** Eine Legierung nach einem zweiten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 18,2 Gew.-% Co, 1,67  
Gew.-% Cr, 1,39 Gew.-% Mn, 0,01 Gew.-% Mo, 0,82 Gew.-% Si, 0,68 Gew.-% Al, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben

## EP 1 918 407 A1

hergestellt. Die Legierung wurde bei 800 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,533  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 1,94 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm,  $J(160 \text{ A/cm})$ , von 2,019 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm,  $J(400 \text{ A/cm})$ , von 2,151 T, eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 1815, eine Streckgrenze  $R_m$  von 661MPa,  $R_{p0,2}$  von 385 MPa, eine Bruchdehnung AL von 25,4% und ein E-Modul von 221 GPa auf.

### 3. Ausführungsbeispiel

**[0073]** Eine Legierung nach einem dritten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 18,3 Gew.-% Co, 2,62 Gew.-% Cr, 1,37 Gew.-% Mn, 0,01 Gew.-% Mo, 0,85 Gew.-% Si, 0,21 Gew.-% Al, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt. Die Legierung wurde bei 760 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,572  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 2,57 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm,  $J(160 \text{ A/cm})$ , von 2,021 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm,  $J(400 \text{ A/cm})$ , von 2,137 T, eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 1915, eine Streckgrenze  $R_m$  von 632 MPa,  $R_{p0,2}$  von 402 MPa, eine Bruchdehnung AL von 28,0% und ein E-Modul von 217 GPa auf.

### 4. Ausführungsbeispiel

**[0074]** Eine Legierung nach einem vierten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 18,3 Gew.-% Co, 2,42 Gew.-% Cr, 1,45 Gew.-% Mn, 0,01 Gew.-% Mo, 0,67 Gew.-% Si, 0,23 Gew.-% Al, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt. Die Legierung wurde bei 730 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,546  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 2,73 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm,  $J(160 \text{ A/cm})$ , von 2,037 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm,  $J(400 \text{ A/cm})$ , von 2,156T, eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 2046, eine Streckgrenze  $R_m$  von 615 MPa,  $R_{p0,2}$  von 395 MPa, eine Bruchdehnung AL von 29,5% und ein E-Modul von 223 GPa auf.

### 5. Ausführungsbeispiel

**[0075]** Eine Legierung nach einem fünften Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 15,40 Gew.-% Co, 2,34 Gew.-% Cr, 1,27 Gew.-% Mn, 0,85 Gew.-% Si, 0,23 Gew.-% Al, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt. Die Legierung wurde bei 760 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,5450  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 1,30 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm,  $J(160 \text{ A/cm})$ , von 1,986 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm,  $J(400 \text{ A/cm})$ , von 2,105T und eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 3241 auf.

### 6. Ausführungsbeispiel

**[0076]** Eine Legierung nach einem sechsten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 18,10 Gew.-% Co, 2,30 Gew.-% Cr, 1,37 Gew.-% Mn, 0,83 Gew.-% Si, 0,24 Gew.-% Al, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt. Die Legierung wurde bei 760 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,5591  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 1,39 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm,  $J(160 \text{ A/cm})$ , von 2,027 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm,  $J(400 \text{ A/cm})$ , von 2,138 T und eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 2869 auf.

### 7. Ausführungsbeispiel

**[0077]** Eine Legierung nach einem siebten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 21,15 Gew.-% Co, 2,31 Gew.-% Cr, 1,38 Gew.-% Mn, 0,84 Gew.-% Si, 0,23 Gew.-% Al, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt. Die Legierung wurde bei 760 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,5627  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 1,93 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm,  $J(160 \text{ A/cm})$ , von 2,066 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm,  $J(400 \text{ A/cm})$ , von 2,165 T und eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 1527 auf.

**[0078]** Bei dem achten bis dreizehnten Ausführungsbeispiele ist die Summe der Zulegerungen etwas höher und liegt zwischen 6 Gew.-% und 9 Gew.-%. Diese Legierungen weisen jeweils im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el} \geq 0,60 \mu\Omega\text{m}$  auf.

8. Ausführungsbeispiel

**[0079]** Eine Legierung nach einem achten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 18,0 Gew.-% Co, 2,66 Gew.-% Cr, 1,39 Gew.-% Mn, < 0,01 Gew.-% Mo, 0,87 Gew.-% Si, 0,17 Gew.-% Al, 1,00 Gew.-% V, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt. Diese Legierung wurde auch nach dem Warmwalzen kaltverformt. Die Legierung wurde bei 780 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,627  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 1,40 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm, J(160 A/cm), von 1,977 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm, J(400 A/cm), von 2,088 T, eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 2862, eine Streckgrenze  $R_m$  von 605 MPa,  $R_{p0,2}$  von 374 MPa, eine Bruchdehnung AL von 29,7% und ein E-Modul von 222 GPa auf.

9. Ausführungsbeispiel

**[0080]** Eine Legierung nach einem neunten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 18,0 Gew.-% Co, 2,60 Gew.-% Cr, 1,35 Gew.-% Mn, 0,99 Gew.-% Mo, 0,84 Gew.-% Si, 0,17 Gew.-% Al, < 0,01 Gew.-% V, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt. Zusätzlich wurde diese Legierung kaltverformt. Die Legierung wurde bei 780 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,604  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 2,13 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm, J(160 A/cm), von 21,969 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm, J(400 A/cm), von 2,092 T, eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 1656, eine Streckgrenze  $R_m$  von 636 MPa,  $R_{p0,2}$  von 389 MPa, eine Bruchdehnung AL von 29,2% und ein E-Modul von 222 GPa auf.

10. Ausführungsbeispiel

**[0081]** Eine Legierung nach einem zehnten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 18,0 Gew.-% Co, 1,85 Gew.-% Cr, 1,33 Gew.-% Mn, < 0,01 Gew.-% Mo, 0,86 Gew.-% Si, 0,84 Gew.-% Al, 2,51 Gew.-% V, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt. Danach wurde die Legierung kaltverformt. Die Legierung wurde bei 870 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,716  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 0,95 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm, J(160 A/cm), von 1,920 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm, J(400 A/cm), von 2,015 T, eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 4038 auf. Diese Legierung des zehnten Ausführungsbeispiel weist eine besonders vorteilhafte Kombination von einem hohen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,716  $\mu\Omega\text{m}$ , einer niedrigen Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 0,95 A/cm, und einer hohen Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm, J(160 A/cm), von 1,920 T auf.

11. Ausführungsform

**[0082]** Eine Legierung nach einem elften Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 12,0 Gew.-% Co, 2,65 Gew.-% Cr, 1,38 Gew.-% Mn, < 0,01 Gew.-% Mo, 0,85 Gew.-% Si, 0,92 Gew.-% Al, 1,00 Gew.-% V, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt und zusätzlich klarverformt. Die Legierung wurde bei 820 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,658  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 0,72 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm, J(160 A/cm), von 1,880 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm, J(400 A/cm), von 2,008 T, eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$  von 5590, eine Streckgrenze  $R_m$  von 525 MPa,  $R_{p0,2}$  von 346 MPa, eine Bruchdehnung AL von 33,5 % und ein E-Modul von 216 GPa auf.

**[0083]** Die Legierung nach dem elften Ausführungsbeispiel weist eine besonders vorteilhafte Kombination von einem hohen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,658  $\mu\Omega\text{m}$ , einer niedrigen Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 0,72 A/cm, und einer hohen Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm, J(160 A/cm), von 1,880 T auf.

12. Ausführungsbeispiel

**[0084]** Die zwölfte Legierung ist nicht erfindungsgemäß, da der Co-Gehalt größer als 22 Gew.-% ist.

13. Ausführungsbeispiel

**[0085]** Eine Legierung nach einem dreizehnten Ausführungsbeispiel besteht im Wesentlichen aus 18,0 Gew.-% Co, 3,00 Gew.-% Cr, 1,32 Gew.-% Mn, < 0,01 Gew.-% Mo, 0,86 Gew.-% Si, 0,84 Gew.-% Al, 2,01 Gew.-% V, Rest Fe und wurde wie oben beschrieben hergestellt und nach dem Warmwalzen kaltverformt. Die Legierung wurde bei 820 °C gegläht und weist im geglähten Zustand einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho_{el}$  von 0,769  $\mu\Omega\text{m}$ , eine Koerzitivfeldstärke  $H_c$  von 1,14 A/cm, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 160 A/cm, J(160 A/cm), von 1,896 T, eine Sättigung J bei einer Magnetfeldstärke von 400 A/cm, J(400 A/cm), von 1,985 T, eine Maximalpermeabilität  $\mu_{max}$

## EP 1 918 407 A1

von 3499, eine Streckgrenze  $R_m$  von 674 MPa,  $R_{p0,2}$  von 396 MPa, eine Bruchdehnung AL von 33,3% und ein E-Modul von 218 GPa auf.

**[0086]** Bezugszeichenliste

- 5 20 Aktorsystem
- 21 Magnetkern
- 22 Spule
- 23 Stromquelle
- 24 erste Position des Magnetkerns
- 10 25 zweite Position des Magnetkerns
- 26 Strom
- 27 Kanal

Tabelle 1

Legierung	Fe	Co (Gew.- %)	Summe Zulegierungen	Cr (Gew.- %)	Mn (Gew.- %)	Si (Gew.- %)	Mo (Gew.- %)	Al (Gew.- %)	V (Gew.- %)
1	Rest	18,1	4,73	2,24	1,40	0,83	0,01	0,24	<0,01
2	Rest	18,2	4,58	1,67	1,39	0,82	0,01	0,68	<0,01
3	Rest	18,3	5,09	2,62	1,37	0,85	0,01	0,21	<0,01
4	Rest	18,3	4,78	2,42	1,45	0,67	0,01	0,23	<0,01
5	Rest	15,40	4,69	2,34	1,27	0,85	0,001	0,23	<0,01
6	Rest	18,10	4,74	2,30	1,37	0,83	0,001	0,24	<0,01
7	Rest	21,15	4,76	2,31	1,38	0,84	0,001	0,23	<0,01
8	Rest	18,0	6,18	2,66	1,39	0,87	<0,01	0,17	1,00
9	Rest	18,0	6,18	2,60	1,35	0,84	0,99	0,17	<0,01
10	Rest	18,0	7,38	1,85	1,33	0,86	<0,01	0,84	2,51
11	Rest	12,0	6,78	2,65	1,38	0,85	<0,01	0,92	1,00
12*	Rest	25,0	5,58	1,57	0,96	0,93	<0,01	1,02	1,00
13	Rest	18,0	8,18	3,00	1,32	0,86	<0,01	0,84	2,01

\*nicht erfindungsgemäß

Tabelle 2

Legierung	Glüh- temperatur (°C)	ρ (μΩm)	H <sub>c</sub> (A/cm)	J (160) (T)	J (400) (T)	μ <sub>max</sub>	R <sub>m</sub> (Mpa)	R <sub>p0,2</sub> (Mpa)	AL (%)	E- Modul (Gpa)
1	760	0,542	2,34	2,029	2,146	2314	623	411	29,6	220
2	800	0,533	1,94	2,019	2,151	1815	661	385	25,4	221
3	760	0,572	2,57	2,021	2,137	1915	632	402	28,0	217
4	730	0,546	2,73	2,037	2,156	2046	615	395	29,5	223
5	760	0,545	1,30	1,986	2,105	3241	-	-	-	-
6	760	0,559	1,39	2,027	2,138	2869	-	-	-	-
7	760	0,563	1,93	2,066	2,165	1527	-	-	-	-
8	780	0,627	1,40	1,977	2,088	2862	605	374	29,7	222

# EP 1 918 407 A1

(fortgesetzt)

Legierung	Glühtemperatur (°C)	$\rho$ ( $\mu\Omega\text{m}$ )	$H_c$ (A/cm)	J (160) (T)	J (400) (T)	$\mu_{\text{max}}$	$R_m$ (Mpa)	$R_{p0,2}$ (Mpa)	AL (%)	E-Modul (Gpa)
9	780	0,604	2,13	1,969	2,092	1656	636	389	29,2	222
10	870	0,716	0,95	1,920	2,015	4038	-	-	-	-
11	820	0,658	0,72	1,880	2,008	5590	525	346	33,5	216
12*	870	0,628	1,25	1,989	2,075	1793	-	-	-	-
13	820	0,769	1,14	1,896	1,985	3499	674	396	33,3	218
*nicht erfindungsgemäß										

## Patentansprüche

1. Weichmagnetische Legierung, die im Wesentlichen aus 10 Gew.-%  $\leq$  Co  $\leq$  22 Gew.-%, 0 Gew.-%  $\leq$  V  $\leq$  4 Gew.-%, 1,5 Gew.-%  $\leq$  Cr  $\leq$  5 Gew.-%, 1 Gew.-%  $\leq$  Mn  $\leq$  2 Gew.-%, 0 Gew.-%  $\leq$  Mo  $\leq$  1 Gew.-%, 0,5 Gew.-%  $\leq$  Si  $\leq$  1,5 Gew.-%, 0,1 Gew.-%  $\leq$  Al  $\leq$  1,0 Gew.-%, Rest Eisen besteht.
2. Weichmagnetische Legierung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** einen Kobaltgehalt von 14 Gew.-%  $\leq$  Co  $\leq$  22 Gew.-%.
3. Weichmagnetische Legierung nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch** einen Kobaltgehalt von 14 Gew.-%  $\leq$  Co  $\leq$  20 Gew.-%.
4. Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Vanadiumgehalt von 0 Gew.-%  $\leq$  V  $\leq$  2 Gew.-%.
5. Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Molybdängehalt von 0 Gew.-%  $<$  Mo  $\leq$  0,5 Gew.-%.
6. Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Mangangehalt von 1,25 Gew.-%  $\leq$  Mn  $\leq$  1,5 Gew.-%.
7. Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Siliziumgehalt von 0,5 Gew.-%  $\leq$  Si  $\leq$  1,0 Gew.-%.
8. Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Gehalt von Aluminium und Silizium von 0,6 Gew.-%  $\leq$  Al+Si  $\leq$  2 Gew.-%.
9. Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** einen Gehalt von Chrom und Mangan und Molybdän und Aluminium Silizium und Vanadium von 4,0 Gew.-%  $\leq$  Cr+Mn+Mo+Al+Si+V  $\leq$  9,0 Gew.-%.
10. Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** 0 Gew.-%  $\leq$  V  $\leq$  2,0 Gew.-%, 1,6 Gew.-%  $\leq$  Cr  $\leq$  2,5 Gew.-%, 1,25 Gew.-%  $\leq$  Mn  $\leq$  1,5 Gew.-%, 0 Gew.-%  $\leq$  Mo  $\leq$

## EP 1 918 407 A1

0,02 Gew.-%,  $0,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 0,9 \text{ Gew.-%}$  und  $0,2 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 0,7 \text{ Gew.-%}$  ist.

- 5 **11.** Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{V} \leq 0,01 \text{ Gew.-%}$ ,  $2,3 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} \leq 3,0 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,25 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mn} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,75 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mo} \leq 1 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 0,9 \text{ Gew.-%}$  und  $0,1 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 0,2 \text{ Gew.-%}$  ist.
- 10 **12.** Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 $0,75 \text{ Gew.-%} \leq \text{V} \leq 2,75 \text{ Gew.-%}$ ,  $2,3 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} \leq 3,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,25 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mn} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mo} \leq 0,01 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,6 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 0,9 \text{ Gew.-%}$  und  $0,7 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 1,0 \text{ Gew.-%}$  ist.
- 15 **13.** Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet dass**  
im schlussgeglühten Zustand die Legierung im Zugversuch eine Bruchdehnung  $A_L > 2 \%$  aufweist.
- 20 **14.** Weichmagnetische Legierung nach Anspruch 13,  
**dadurch gekennzeichnet dass**  
im schlussgeglühten Zustand die Legierung im Zugversuch eine Bruchdehnung  $A_L > 20\%$  aufweist.
- 25 **15.** Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**gekennzeichnet durch**  
einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho > 0,50 \mu\Omega\text{m}$ .
- 30 **16.** Weichmagnetische Legierung nach Anspruch 15,  
**gekennzeichnet durch**  
einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho > 0,55 \mu\Omega\text{m}$ .
- 35 **17.** Weichmagnetische Legierung nach Anspruch 16,  
**gekennzeichnet durch**  
einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho > 0,60 \mu\Omega\text{m}$ .
- 40 **18.** Weichmagnetische Legierung nach Anspruch 17,  
**gekennzeichnet durch**  
einen spezifischen elektrischen Widerstand  $\rho > 0,65 \mu\Omega\text{m}$ .
- 45 **19.** Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**gekennzeichnet durch**  
eine Streckgrenze  $R_{p0,2} > 340 \text{ MPa}$ .
- 50 **20.** Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**gekennzeichnet durch**  
eine Sättigung mit  $J(400\text{A/cm}) > 1,90 \text{ T}$ .
- 55 **21.** Weichmagnetische Legierung nach Anspruch 20,  
**gekennzeichnet durch**  
eine Sättigung mit  $J(400\text{A/cm}) > 2,00 \text{ T}$ .
- 22.** Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**gekennzeichnet durch**  
eine Koerzitivfeldstärke  $H_c < 3,5 \text{ A/cm}$ .
- 23.** Weichmagnetische Legierung nach Anspruch 22,  
**gekennzeichnet durch**  
eine Koerzitivfeldstärke  $H_c < 2,0 \text{ A/cm}$ .
- 24.** Weichmagnetische Legierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**gekennzeichnet durch**

## EP 1 918 407 A1

eine Maximalpermeabilität  $\mu_{\max} > 1000$ .

- 5 25. Weichmagnetische Legierung nach Anspruch 24,  
**gekennzeichnet durch**  
eine Maximalpermeabilität  $\mu_{\max} > 2000$ .
- 10 26. Weichmagnetischer Kern für einen elektromagnetischen Aktor aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 10 27. Weichmagnetischer Kern für ein Magnetventil eines Verbrennungsmotors aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 15 28. Weichmagnetischer Kern für ein Kraftstoffeinspritzventil eines Verbrennungsmotors aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 15 29. Weichmagnetischer Kern für ein Direktkraftstoffeinspritzventil eines Ottomotors aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 20 30. Weichmagnetischer Kern für ein Direktkraftstoffeinspritzventil eines Dieselmotors aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 20 31. Kraftstoffeinspritzventil eines Verbrennungsmotors mit einer Komponente aus einer weichmagnetischen Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 25 32. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 31,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Kraftstoffeinspritzventil ein Direktkraftstoffeinspritzventil eines Ottomotors ist.
- 30 33. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 31,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Kraftstoffeinspritzventil ein Direktkraftstoffeinspritzventil eines Dieselmotors ist.
- 35 34. Weichmagnetischer Rotor für einen elektrischen Motor aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 35 35. Weichmagnetischer Stator für einen elektrischen Motor aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 35 36. Weichmagnetischer Rotor für einen elektrischen Motor aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 40 37. Weichmagnetische Komponente für einen elektromagnetische Ventilverstellung an einem Einlassventil oder einem Auslassventil, das in einem Motorraum verwendet wird, aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 40 38. Rückschlussstück für einen elektromagnetischen Aktor aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 45 39. Rückschlussstück für ein Magnetventil aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 25.
- 45 40. Verfahren zur Herstellung von Halbzeug aus einer Kobalt-Eisen-Legierung, bei dem durch Schmelzen (1) und Warmverformung (4, 10) zunächst Werkstücke aus einer weichmagnetischen Legierung hergestellt werden, die im Wesentlichen aus  $10 \text{ Gew.-%} \leq \text{Co} \leq 22 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{V} \leq 4 \text{ Gew.-%}$ ,  $1,5 \text{ Gew.-%} \leq \text{Cr} \leq 5 \text{ Gew.-%}$ ,  $1 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mn} \leq 2 \text{ Gew.-%}$ ,  $0 \text{ Gew.-%} \leq \text{Mo} \leq 1 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,5 \text{ Gew.-%} \leq \text{Si} \leq 1,5 \text{ Gew.-%}$ ,  $0,1 \text{ Gew.-%} \leq \text{Al} \leq 1,0 \text{ Gew.-%}$ , Rest Eisen besteht,  
wobei eine Schlussglühung (7, 12) durchgeführt wird.
- 50 41. Verfahren nach Anspruch 40,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Schlussglühung (7, 12) im Temperaturbereich von 700 °C bis 1100 °C durchgeführt wird.
- 55 42. Verfahren nach Anspruch 41,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**

## EP 1 918 407 A1

die Schlussglühung (7, 12) im Temperaturbereich von 750 °C bis 850 °C durchgeführt wird.

43. Verfahren nach einem der Ansprüche 40 bis 42,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

5 die Schlussglühung so durchgeführt wird, dass nach der Schlussglühung die Legierung Verformungsparameter im Zugversuch von einer Bruchdehnung  $A_L > 2\%$  aufweist.

44. Verfahren nach Anspruch 43,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

10 die Schlussglühung so durchgeführt wird, dass nach der Schlussglühung die Legierung Verformungsparameter im Zugversuch von einer Bruchdehnung  $A_L > 20\%$  aufweist.

45. Verfahren nach einem der Ansprüche 40 bis 44,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

15 die Legierung vor der Schlussglühung (7, 12) kaltverformt wird.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 40 bis 45,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

20 die Legierung unter Inertgas, Wasserstoff oder Vakuum schlussgeglüht wird.

25

30

35

40

45

50

55

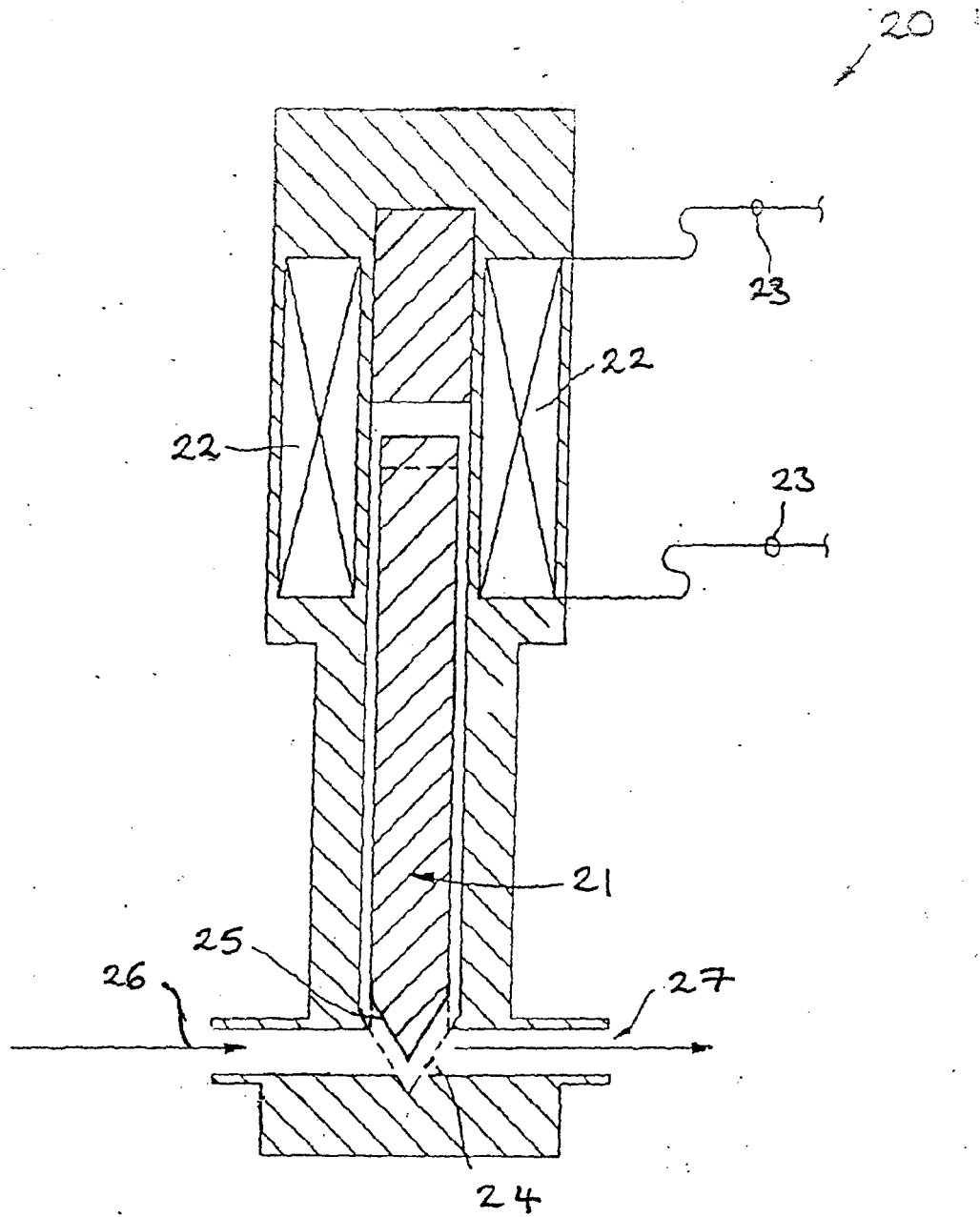
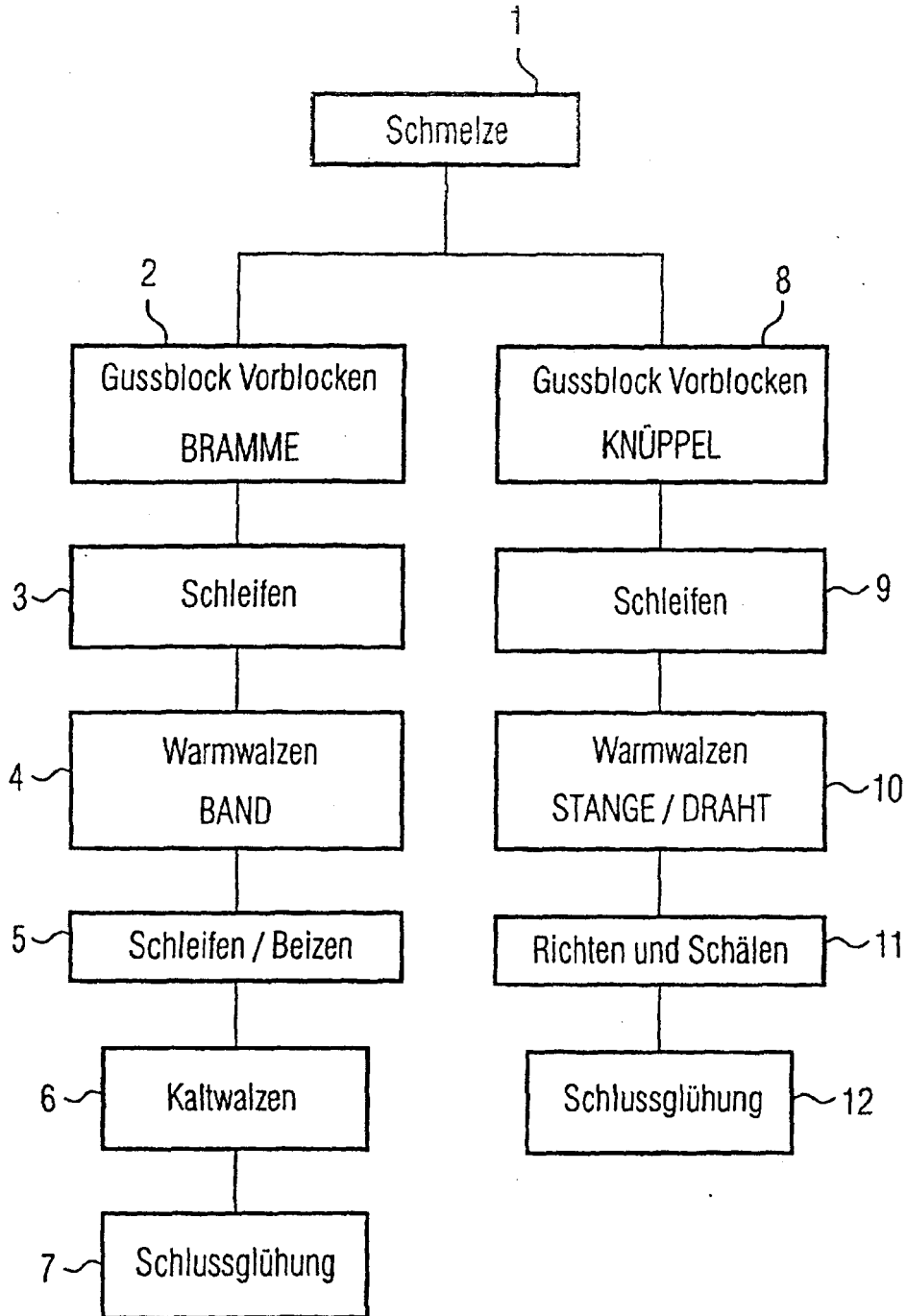


FIG. 1

FIG 2



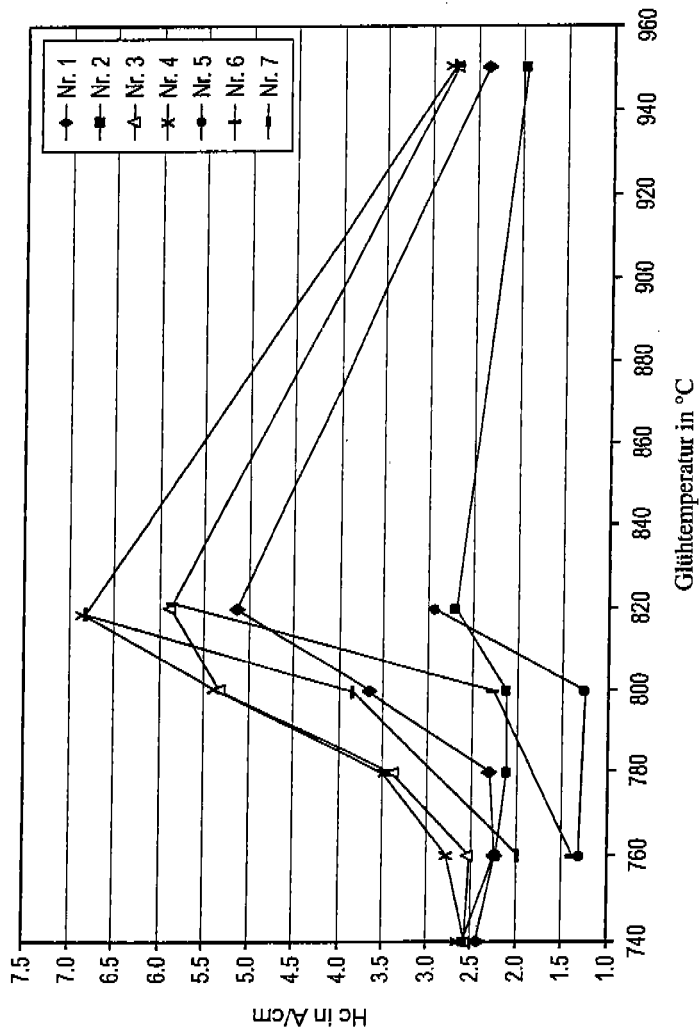


FIG. 3

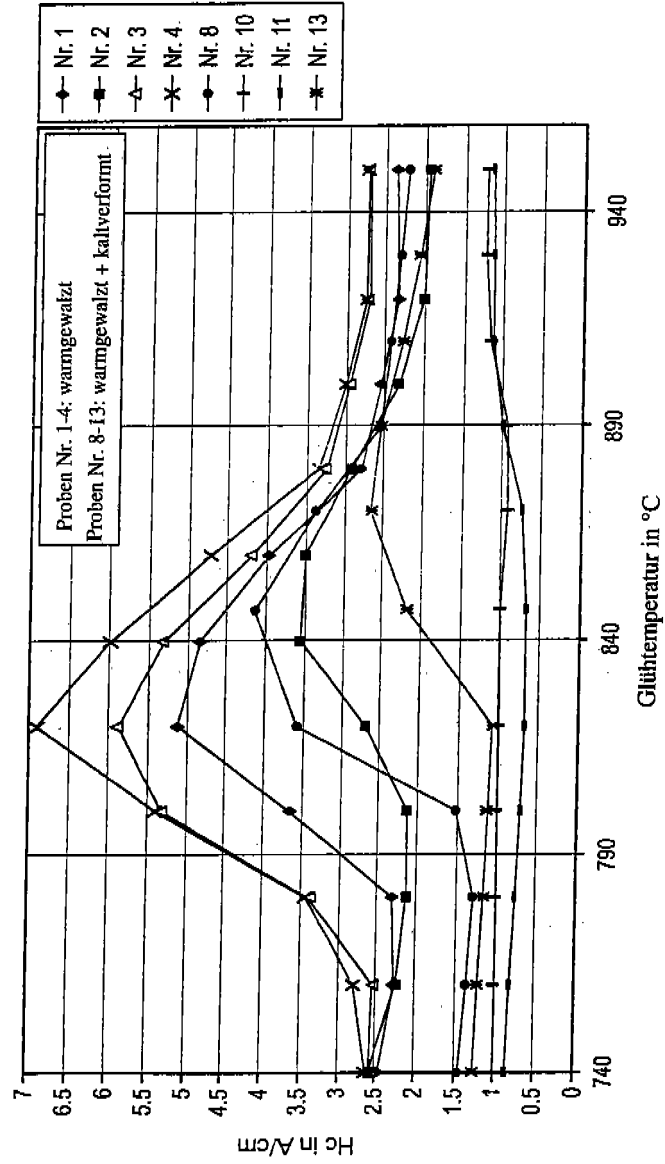


FIG. 4



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 07 11 3372

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 0 715 320 A (VACUUMSCHMELZE GMBH [DE]) 5. Juni 1996 (1996-06-05) * das ganze Dokument *	1	INV. C22C38/10 H01F1/147
A	DE 44 44 482 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27. Juni 1996 (1996-06-27) * Spalte 1, Zeile 45 - Spalte 2, Zeile 29 *	1	ADD. C21D8/12
D,A	US 2004/099347 A1 (WAECKERLE THIERRY [FR] ET AL) 27. Mai 2004 (2004-05-27) * Tabelle *	1	
A	JP 62 093342 A (DAIDO STEEL CO LTD) 28. April 1987 (1987-04-28) * Zusammenfassung * * Beispiel 13; Tabelle 1 *	1	
A	JP 61 253348 A (DAIDO STEEL CO LTD) 11. November 1986 (1986-11-11) * Zusammenfassung * * Beispiel 2; Tabelle 1 *	1	
A	WO 01/00895 A (VACUUMSCHMELZE GMBH [DE]; TENBRINK JOHANNES [DE]; VAERST GERNOT [DE];) 4. Januar 2001 (2001-01-04) * Anspruch 1 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 20. Februar 2008	Prüfer Lilimpakis, Emmanuel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1

EPO FORM 1503\_03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 11 3372

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-02-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0715320	A	05-06-1996	DE 4442420 A1	30-05-1996
DE 4444482	A1	27-06-1996	WO 9619001 A1	20-06-1996
			EP 0804796 A1	05-11-1997
			JP 11503873 T	30-03-1999
US 2004099347	A1	27-05-2004	AU 6041201 A	20-11-2001
			EP 1281182 A1	05-02-2003
			FR 2808806 A1	16-11-2001
			WO 0186665 A1	15-11-2001
			JP 2004515644 T	27-05-2004
			US 2007029013 A1	08-02-2007
JP 62093342	A	28-04-1987	KEINE	
JP 61253348	A	11-11-1986	JP 2615543 B2	28-05-1997
WO 0100895	A	04-01-2001	DE 19928764 A1	04-01-2001
			EP 1124999 A1	22-08-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 7128790 B [0003]