

⑬



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

⑪

Veröffentlichungsnummer: **0 007 994**
B1

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift:
25.11.81

⑤① Int. Cl.³: **H 01 F 1/14, H 01 F 1/16,**
C 22 F 1/00

②① Anmeldenummer: **79102173.6**

②② Anmeldetag: **29.06.79**

⑤④ **Magnetkern aus einer weichmagnetischen amorphen Legierung.**

③③ Priorität: **26.07.78 DE 2832731**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.02.80 Patentblatt 80/4

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.11.81 Patentblatt 81/47

③④ Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL SE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE-A-1 514 333
DE-A-2 553 003
DE-A-2 605 615
DE-A-659 820
FR-A-2 236 944

⑦③ Patentinhaber: **VACUUMSCHMELZE GMBH, Bereich**
Verträge und Patente Grüner Weg 37 Postfach 2253,
D-6450 Hanau 1 (DE)

⑦② Erfinder: **Boll, Richard, Dr. Phys., Kreuzstrasse 25,**
D-6052 Mülheim (DE)

EP 0 007 994 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Magnetkern aus einer weichmagnetischen amorphen Legierung

Die Erfindung betrifft einen Magnetkern aus einer weichmagnetischen amorphen Legierung.

Elektromagnetische Bauelemente mit Kernen aus weichmagnetischen amorphen Legierungen sind bereits bekannt (DE-A-2 546 676 und 2 553 003).

Amorphe Metallegierungen lassen sich bekanntlich dadurch herstellen, daß man eine entsprechende Schmelze so rasch abkühlt, daß ein Erstarren ohne Kristallisation eintritt. Die Legierungen können dabei gleich bei ihrer Entstehung in Form dünner Bänder gewonnen werden, deren Dicke beispielsweise einige hundertstel mm und deren Breite einige mm bis mehrere cm betragen kann.

Von den kristallinen Legierungen lassen sich die amorphen Legierungen durch Röntgenbeugungsmessungen unterscheiden. Im Gegensatz zu kristallinen Materialien, die charakteristische scharfe Beugungslinien zeigen, verändert sich bei amorphen Metallegierungen die Intensität im Röntgenbeugungsbild nur langsam mit dem Beugungswinkel, ähnlich wie dies auch bei Flüssigkeiten oder gewöhnlichem Glas der Fall ist.

Je nach den Herstellungsbedingungen können die amorphen Legierungen vollständig amorph sein oder ein zweiphasiges Gemisch des amorphen und des kristallinen Zustandes umfassen. Im allgemeinen versteht man unter einer amorphen Metallegierung eine Legierung, die zu wenigstens 50%, vorzugsweise zu wenigstens 80%, amorph ist.

Für jede amorphe Metallegierung gibt es eine charakteristische Temperatur, die sogenannte Kristallisationstemperatur. Erhitzt man die amorphe Legierung auf oder über diese Temperatur, so geht sie in den kristallinen Zustand über, in dem sie auch nach Abkühlung verbleibt. Bei Wärmebehandlungen unterhalb der Kristallisationstemperatur bleibt dagegen der amorphe Zustand erhalten.

Die bislang bekannten weichmagnetischen amorphen Metallegierungen haben die Zusammensetzung M_yX_{1-y} , wobei M wenigstens eines der Metalle Eisen, Kobalt und Nickel, und X wenigstens eines der sogenannten glasbildenden Elemente Bor, Kohlenstoff, Silizium und Phosphor bedeutet und y zwischen etwa 0,60 und 0,95 liegt. Zusätzlich zu den Metallen M können die amorphen Legierungen auch noch weitere Metalle, insbesondere Titan, Zirkon, Hafnium, Vanadin, Niob, Tantal, Chrom, Molybdän, Wolfram, Mangan, Palladium, Platin, Kupfer, Silber oder Gold enthalten, während zusätzlich zu den glasbildenden Elementen X oder gegebenenfalls auch an Stelle von diesen die Elemente Aluminium, Gallium, Indium, Germanium, Zinn, Arsen, Antimon, Wismut oder Beryllium vorhanden sein können.

Für die Herstellung von Magnetkernen sind die amorphen weichmagnetischen Legierungen be-

sonders geeignet, da sie sich, wie bereits erwähnt, unmittelbar in Form dünner Bänder herstellen lassen, ohne daß, wie bei den bisher in der Technik üblichen kristallinen weichmagnetischen Metallegierungen, eine Vielzahl von Walzschriften mit zahlreichen Zwischenglühungen erforderlich ist.

Für verschiedene Anwendungszwecke, beispielsweise für Drosseln, werden häufig Kerne mit gescherter Hystereseschleife verwendet. Bei Kernen aus üblichen kristallinen weichmagnetischen Legierungen erreicht man eine Scherung bekanntlich dadurch, daß man an wenigstens einer Stelle entlang des Kernes einen Luftspalt vorsieht, der sich über den gesamten Kernquerschnitt an dieser Stelle erstreckt.

Solche Luftspalte müssen oft in verhältnismäßig aufwendiger Weise eingeschliffen werden oder der Kern muß zur Erzeugung der Luftspalte völlig zerschnitten werden, wie dies beispielsweise bei Schnittbandkernen der Fall ist, so daß zusätzliche Teile zum Zusammenhalten des Kernes, beispielsweise Spannbänder, erforderlich werden.

Aus der DE-A-1 514 333 ist ferner ein Verfahren zur Gewinnung von spaltähnlichen Unterbrechungen in magnetischen Werkstoffen bekannt. Das bekannte Verfahren besteht insbesondere darin, das Gefüge des magnetischen Werkstoffs an der gewünschten Stelle durch Bestrahlen mit energiereicher Strahlung derart zu verändern, daß es keine ferro- oder ferrimagnetischen Eigenschaften mehr aufweist. Ein Hinweis auf amorphe Magnetlegierungen findet sich in der DE-A-1 514 333 nicht.

Aufgabe der Erfindung ist es, bei einem Magnetkern aus einer weichmagnetischen amorphen Legierung in einfacher Weise eine Scherung der Hystereseschleife zu erreichen.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die amorphe Legierung wenigstens an einer Stelle entlang des Kernes wenigstens über einen Teil des Kernquerschnitts an dieser Stelle durch lokale Erwärmung in den kristallinen Zustand übergeführt ist.

Während nämlich die amorphen weichmagnetischen Legierungen im amorphen Zustand eine verhältnismäßig hohe Permeabilität haben, wird durch den Übergang in den kristallinen Zustand durch lokale Überhitzung über die Kristallisationstemperatur die Permeabilität erheblich vermindert. Es entsteht somit dabei eine sich an der erhitzten Stelle wenigstens über einen Teil des Kernquerschnitts erstreckende kristalline Zone, die ähnlich wie ein Luftspalt wirkt.

Um einen möglichst großen Permeabilitätsunterschied zwischen der kristallinen Zone und den restlichen Teilen des Magnetkerns zu erreichen, kann vorzugsweise als Ausgangsmaterial eine vollständig amorphe weichmagnetische Legierung verwendet werden.

Je nach der vorgesehenen Anwendung des

Magnetkerns können eine oder mehrere über den Kern verteilte kristalline Zonen vorgesehen sein, deren Breite über den Kernquerschnitt gegebenenfalls auch variieren kann.

Besonders wirksam in Art eines Luftspaltes ist es, wenn man die amorphe Legierung wenigstens an einer Stelle des Magnetkerns über den gesamten Kernquerschnitt an dieser Stelle in den kristallinen Zustand überführt.

Man kann die anmeldungsgemäßen Magnetkerne beispielsweise dadurch herstellen, daß man ein amorphes Band zu einem Kern wickelt oder aus amorphem Band ausgestanzte Bleche zu einem Kern schichtet. Die lokale Erwärmung über die Kristallisationstemperatur zur Erzeugung der kristallinen Zone kann dann beispielsweise mittels einer an der entsprechenden Stelle um den Kern herumgelegten Induktionsschleife erfolgen. Vor der Erzeugung der kristallinen Zone können die Magnetkerne in an sich bekannter Weise beispielsweise bei einer Temperatur unterhalb der Kristallisationstemperatur in Gegenwart eines Magnetfeldes wärmebehandelt werden, das den Magnetkern annähernd bis zur Sättigung magnetisiert. Das Magnetfeld kann ein magnetisches Quersfeld oder ein magnetisches Längsfeld sein.

Insbesondere bei größeren Dimensionen, wenn sich der Kern nur schwer über den gesamten Querschnitt erhitzen läßt, oder in Fällen, wo man nur einen bestimmten Teil des Querschnitts in den kristallinen Zustand überführen will, kann der Kern beispielsweise auch aus Blechen geschichtet werden, die vorher an wenigstens einer Stelle über ihren gesamten Querschnitt oder einen Teil desselben in den kristallinen Zustand übergeführt wurden. Hierbei kann die Erwärmung beispielsweise durch Widerstandserhitzung zwischen zwei als Kontakte dienenden Metallschneiden oder auch durch Laserstrahlen erfolgen.

An Hand einiger Figuren soll die Erfindung noch näher erläutert werden.

Figuren 1 bis 4 zeigen jeweils in Draufsicht schematisch verschiedene Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Magnetkerns.

Der in Figur 1 dargestellte Magnetkern ist beispielsweise aus einer Anzahl aufeinanderge stapelter Scheiben 1 aus einer weichmagnetischen amorphen Legierung aufgebaut, in denen durch induktive Erhitzung jeweils eine Zone 2 in den kristallinen Zustand übergeführt wurde. Verwendet man beispielsweise Scheiben mit einem Innendurchmesser von 20 mm und einem Außendurchmesser von 30 mm aus einer weichmagnetischen amorphen Legierung der Zusammensetzung $\text{Fe}_{0,40}\text{Ni}_{0,40}\text{P}_{0,14}\text{B}_{0,06}$ und schichtet diese zu einem 10 mm hohen Kern auf, so kann man nach entsprechender Anlaßbehandlung im Magnetfeld im amorphen Material eine Permeabilität $\mu = 250\,000$ (gemessen als Gleichfeldpermeabilität bei 4 mA/cm) erreichen. Beim Übergang in den kristallinen Zustand durch lokale Erhitzung auf eine Temperatur oberhalb

der Kristallisationstemperatur von etwa 400°C wird diese Permeabilität in der kristallinen Zone auf etwa 500 herabgesetzt. Eine 5 mm breite kristalline Zone 2 entspricht demnach einem scheinbaren Luftspalt mit einer Länge von 0,01 mm. Da die mittlere Eisenweglänge des Kernes bei den obenerwähnten Abmessungen 78,5 mm beträgt, ergibt sich eine Permeabilität des gescherten Kreises von etwa 7630.

Figur 2 zeigt einen weiteren Kern, der beispielsweise aus Blechen aufgeschichtet oder in Form eines Ringbandkernes aus Band gewickelt sein kann. Im amorphen Material 11 sind an vier Stellen des Kernumfangs durch lokale Erwärmung kristalline Zonen 12 erzeugt, die sich über den gesamten Kernquerschnitt erstrecken.

Figur 3 zeigt einen entsprechend aufgebauten Magnetkern, bei dem im amorphen Material 21 an zwei Stellen kristalline Zonen 22 erzeugt sind, deren Begrenzungsflächen gekrümmt sind. Durch derartige kristalline Zonen, deren Breite über den Kernquerschnitt variiert, können beispielsweise nichtlineare Kennlinien erzielt werden.

Figur 4 zeigt einen Magnetkern, bei dem in der amorphen Legierung 31 an zwei Stellen kristalline Zonen 32 erzeugt sind, die sich jeweils nur über einen Teil des Kernquerschnitts erstrecken.

Wie die Ausführungsbeispiele zeigen, kann man durch unterschiedliche Wahl der kristallinen Zonen die Scherung in weiten Grenzen variieren. Dabei lassen sich beispielsweise flache Hystereseschleifen, perminvarähnliche Schleifen, stark gescherte lineare Schleifen oder auch nichtlineare Kennlinien erzielen.

Sieht man entlang des Kernumfangs mehrere kristalline Zonen vor, so läßt sich — ähnlich wie bei einem Pulverkern — eine gleichmäßige Scherung bei geringer magnetischer Ausbreitung erreichen.

Die Kerne können in üblicher Weise verklebt, in Schutztröge eingesetzt oder vergossen werden.

Patentansprüche

1. Magnetkern aus einer weichmagnetischen amorphen Legierung, dadurch gekennzeichnet, daß die amorphe Legierung (1) wenigstens an einer Stelle (2) entlang des Kerns wenigstens über einen Teil des Kernquerschnitts an dieser Stelle durch lokale Erwärmung in den kristallinen Zustand übergeführt ist.

2. Magnetkern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die amorphe Legierung (1) wenigstens an einer Stelle (2) entlang des Kernes über den gesamten Kernquerschnitt an dieser Stelle in den kristallinen Zustand übergeführt ist.

3. Magnetkern nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der kristallinen Zone (22) über den Kernquerschnitt variiert.

Claims

1. A magnet core consisting of a soft-magnetic amorphous alloy, characterised in that the amorphous alloy (1) is converted by local heating into the crystalline state at at least one point (2) along the core over at least a part of the cross-section of the core at this point.

2. A magnet core as claimed in Claim 1, characterised in that the amorphous alloy (1) is converted into the crystalline state at at least one point (2) along the core over the entire cross-section of the core at this point.

3. A magnet core as claimed in Claim 2, characterised in that the width of the crystalline zone (22) varies over the cross-section of the core.

Revendications

1. Noyau magnétique constitué par un alliage amorphe magnétique doux, caractérisé en ce que l'alliage amorphe (1) se trouve amené, par échauffement local, à l'état cristallin au moins en un endroit (2) situé le long du noyau, sur au moins une partie de la section transversale du noyau à cet endroit.

2. Noyau magnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'alliage amorphe (1) se trouve amené à l'état cristallin au moins en un endroit (2) le long du noyau sur toute la section transversale du noyau à cet endroit.

3. Noyau magnétique selon la revendication 2, caractérisé en ce que la largeur de la zone cristalline (22) varie sur la section transversale du noyau.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

4

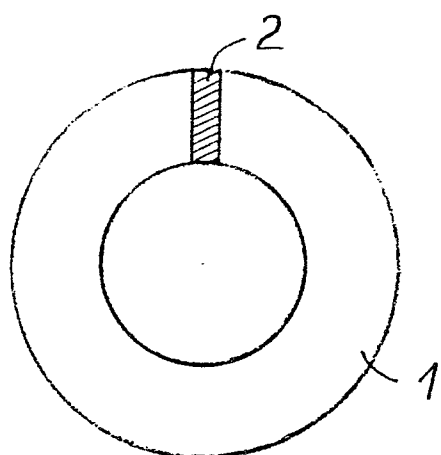


Fig. 1

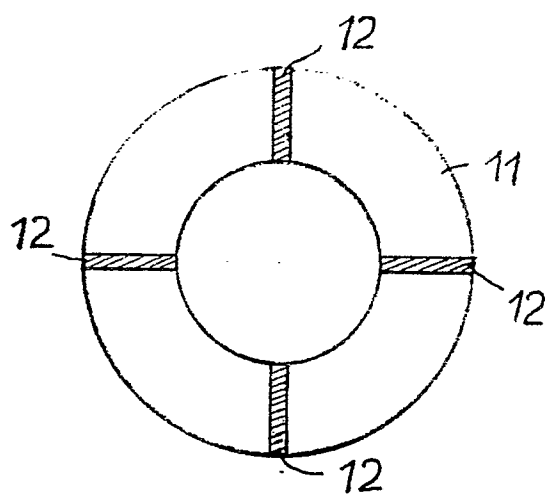


Fig. 2

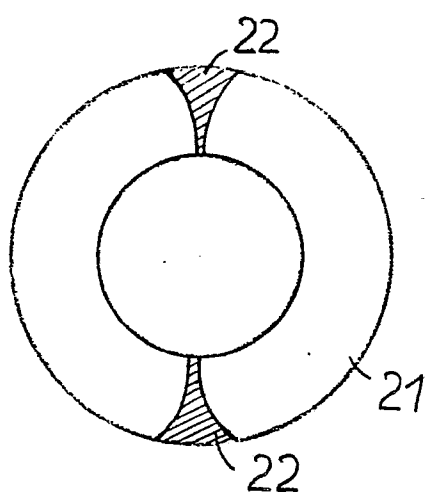


Fig. 3

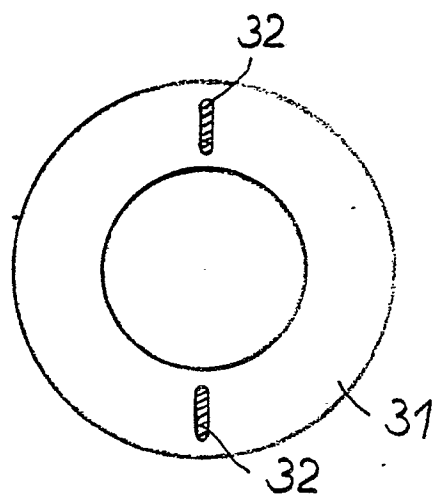


Fig. 4