

(19)



(11)

EP 3 747 031 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
23.06.2021 Patentblatt 2021/25

(51) Int Cl.:
H01F 7/08 ^(2006.01) **H01F 7/11** ^(2006.01)
H01F 7/127 ^(2006.01) **H01F 41/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19700374.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2019/050548

(22) Anmeldetag: **10.01.2019**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2019/201479 (24.10.2019 Gazette 2019/43)

(54) UMGEFORMTER MAGNETKERN FÜR EINEN ELEKTROMAGNETISCHEN AKTUATOR UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG

SHAPED MAGNETIC CORE FOR AN ELECTROMAGNETIC ACTUATOR, AND METHOD FOR PRODUCING SAME

NOYAU MAGNÉTIQUE FAÇONNÉ POUR UN ACTIONNEUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **JOSEF, Olaf**
30989 Gehrden (DE)
- **BAYARD, Guido**
45731 Waltrop (DE)

(30) Priorität: **20.04.2018 DE 102018109516**

(74) Vertreter: **Kurig, Thomas**
Becker & Kurig Partnerschaft
Patentanwälte PartmbB
Bavariastrasse 7
80336 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.12.2020 Patentblatt 2020/50

(73) Patentinhaber: **Federal-Mogul Valvetrain GmbH**
30890 Barsinghausen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102013 017 259 DE-A1-102016 104 304
JP-A- S 556 818

(72) Erfinder:
• **KNUST, Johannes**
30449 Hannover (DE)

EP 3 747 031 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Magnetkern und ein Verfahren zur Herstellung eines Magnetkerns für einen elektromagnetischen Aktuator.

Stand der Technik

[0002] Für nockenwellenlose Ventiltriebe (bzw. Ventiltriebe) werden elektromagnetische Aktuatoren eingesetzt, die auf dem Prinzip eines Feder-Masse-Schwingers beruhen. Üblicherweise bestehen die hierfür verwendeten Aktuatoren mit linearem Aufbau im Wesentlichen aus einem Magnetanker, der zwischen zwei Elektromagneten bewegt wird, und zwei mit dem Anker (genauer einem Schaft des Ankers) bzw. dem Ventil verbundenen, zylindrischen Druckfedern. Wird einer der Elektromagneten bestromt, so wird das System zur entsprechenden Polfläche ausgelenkt und das dazugehörige Ventil in die geschlossene bzw. geöffnete Stellung gebracht.

[0003] Je nach Position ist hierbei immer eine Druckfeder voll belastet während die andere Feder nur teilweise gespannt ist. Somit wird in den Endlagen die kinetische Energie des Magnetankers als potenzielle Energie in den gespannten Federn gespeichert. Nach Abschalten des Stroms schwingt das System zur jeweils anderen Seite. Durch das Abschalten des Stroms entstehen im Magnetkern (Eisenkern) des Elektromagneten Wirbelströme, welche dazu führen, dass der Magnetanker eine kurze Zeit weiterhin am Magnetkern klebt. Diese Klebzeit ist unerwünscht, da Sie die maximale Drehzahl begrenzt und die Regelung erschwert.

[0004] Um die Wirbelströme zu reduzieren werden segmentierte Magnetkerne eingesetzt. Dazu werden in die Magnetkerne sehr feine Schlitze eingebracht, die dazu führen, dass die Wirbelströme reduziert werden. Die Leistungsaufnahme und die Klebzeit der elektromagnetischen Aktuatoren verringern sich dadurch. Die Schlitze müssen sehr fein sein, da möglichst wenig Oberfläche bzw. Volumen des Magnetkerns verloren gehen soll, um die Leistungsfähigkeit des Magneten zu erhalten.

[0005] Aktuell werden die Magnetkerne aus Vollmaterial spanend hergestellt. Die spanende Bearbeitung ist sehr aufwendig und führt zu einem hohen Stückpreis der Magnetkerne. Insbesondere der abschließende Prozessschritt des Erodierens der Schlitze ist zeitaufwendig und kostenintensiv. Ein weiterer Nachteil der spanenden Bearbeitung ist, die schlechte Materialeffizienz. Bedingt durch den hohen Materialpreis der verwendeten Legierungen, z.B. Kobalt-Eisen-Legierungen mit einem Kobaltanteil von bis zu 50%, ist eine spanende Bearbeitung besonders unwirtschaftlich.

[0006] JPS 556818 A offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Magnetkerns umfassend Stanzen einer Vorform mit sich radial erstreckenden Vorsprüngen und

Biegen der Vorsprünge, so dass ein tassenförmiger Körper gebildet wird, der in eine Öffnung gedrückt wird, um die Vorsprünge weiter zusammenzudrücken. DE 102016104304 A1 und DE 102013017259 A1 offenbaren jeweils ein Magnetventil umfassend einen Magnetkern, der aus einer U-förmigen äußeren Magnetflussführung und einem zylindrischen inneren Kern besteht.

[0007] Es besteht also Bedarf an einem weniger aufwendigen Herstellungsverfahren, welches die vorgenannten Probleme behebt, d.h. welches weniger zeitaufwendig und kostenintensiv ist und welches einen geringeren Materialverbrauch aufweist.

Zusammenfassung der Erfindung

[0008] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Magnetkerns für einen elektromagnetischen Aktuator für einen elektromagnetischen Ventiltrieb gemäß Anspruch 1 und einen damit hergestellten Magnetkern gemäß Anspruch 13.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0009] Im Folgenden werden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezug auf die Figuren genauer beschrieben, wobei

Fig. 1 eine Draufsicht auf einen Kernrohling nach dem Stanzen und vor dem Umformen zeigt;
Fig. 2A eine Schnittansicht des Kernrohlings nach dem Stanzen und vor dem Umformen zeigt;
Fig. 2B eine Schnittansicht nach dem Umformen des Kernrohlings zeigt;
Fig. 2C eine Schnittansicht nach dem Anbringen des Innenkerns zeigt;
Fig. 3A eine perspektivische Ansicht nach dem Umformen des Kernrohlings zeigt;
Fig. 3B eine perspektivische Ansicht nach dem Anbringen des Innenkerns zeigt; und
Fig. 4 eine Ansicht eines elektromagnetischen Ventiltriebs zeigt.

[0010] Im Folgenden werden sowohl in der Beschreibung als auch in der Zeichnung gleiche Bezugszeichen für gleiche oder ähnliche Elemente oder Komponenten verwendet. Es ist zudem eine Bezugszeichenliste angegeben, die für alle Figuren gültig ist. Die in den Figuren dargestellten Ausführungen sind lediglich schematisch und stellen nicht notwendigerweise die tatsächlichen Größenverhältnisse dar.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0011] Zunächst wird ein Kernrohling aus einem weichmagnetischen Blech, d.h. einem Blech aus einem weichmagnetischen Material, gestanzt. Ein solcher Kernrohling 2 ist in Fig. 1 in einer Draufsicht dargestellt. Der gestanzte Kernrohling 2 umfasst ein Bodensegment

4 mit einer Öffnung 8 und mehrere (mindestens zwei) Wandsegmente 6 (von denen in der Figur beispielhaft lediglich eines mit einem Bezugszeichen versehen ist), die sich ausgehend von einem Außenrand des Bodensegments 4 nach außen - d.h. vom Bodensegment weg - erstrecken. Die gestanzte Öffnung 8 bildet eine Durchgangsöffnung durch das Bodensegment; ein Rand der Öffnung ist entsprechend ein Innenrand des Bodensegments. Bevorzugt ist die Öffnung 8 mittig in dem Bodensegment 4 angeordnet. Weiterhin kann der Kernrohling 1 optional eine ebenfalls gestanzte Öffnung für eine spätere Stromleitungszuführung für eine im fertiggestellten elektromagnetischen Aktuator verwendete Magnetspule umfassen; d.h. eine Magnetspulen-Stromversorgungsleitung-Öffnung 12.

[0012] Beispielhaft weist das Bodensegment 4 in Fig. 1 in etwa die Form einer Kreisscheibe auf. Abweichend davon sind auch andere Formen möglich, z.B. eine ovale Form, dreieckig, viereckig, fünfeckig, oder allgemeiner n-eckig. Selbiges gilt für die Form der Öffnung, deren Form auch von der Form des Bodensegments verschieden sein kann. Die Form wird insbesondere durch die gewünschte Form des Magnetkerns mitbestimmt.

[0013] Ebenso beispielhaft umfasst das Bodensegment 4 in Fig. 1 acht Wandsegmente 6, die regelmäßig um den Außenrand bzw. Umfang des Bodensegments angeordnet sind, so dass zwischen zwei benachbarten Wandsegmenten 6 jeweils ein Winkel α von 45° besteht. Insgesamt ist der Kernrohling im Beispiel der Figur also sternförmig. Im Allgemeinen umfasst der Kernrohling bevorzugt mindestens 4, weiter bevorzugt 4 bis 20, am meisten bevorzugt 8 bis 16, Wandsegmente. Auch ist eine nicht regelmäßige Anordnung der Wandsegmente 6 entlang des Außenrandes des Bodensegments 4 denkbar.

[0014] Die Wandsegmente 8 weisen in der Figur (die eine bevorzugte Ausführungsform zeigt) im Wesentlichen eine Rechteckform (d.h. die Form eines Rechtecks) mit einer entlang des Außenrandes des Bodensegments 4 gemessenen Breite und einer senkrecht dazu, nach außen gemessenen Länge auf. "Im Wesentlichen eine Rechteckform" heißt hier, dass die Breite mit zunehmenden Abstand vom Bodensegment gleich bleibt, also parallele Seitenkanten in Längsrichtung, jedoch die Form der beiden anderen Seitenkanten des Rechtecks geringfügig von der exakten Rechteckform abweichen können, um z.B. an die Form des Außenrandes des Bodensegments angepasst zu sein. Bevorzugt (wie dargestellt) weisen die Wandsegmente alle die gleiche Breite auf; es sind jedoch auch unterschiedliche Breiten möglich. Auch die Längen der Wandsegmente sind bevorzugt gleich, d.h. in Richtung nach außen erstrecken sich die Wandsegmente gleich weit vom Bodensegment aus; wobei auch hier unterschiedliche Längen denkbar sind. Ebenso ist es möglich von der bevorzugten Rechteckform der Wandsegmente abzuweichen; z.B. ist eine Parallelogramm-Form oder eine gestufte Form (mehrere Rechtecke versetzt aneinandergereiht) möglich. Hier ist insbe-

sondere der spätere Verlauf der Magnetfeldlinien zu beachten.

[0015] Die Summe der Breiten der Wandsegmente 6 gleicht bevorzugt im Wesentlichen der Länge des Außenrandes des Bodensegments 4, d.h. dem Umfang des Bodensegments. Dies führt dazu, dass nach dem weiter unten beschriebenen Umformschritt, bei dem die Wandsegmente 6 in eine Richtung im Wesentlichen senkrecht zum Bodensegment 4 umgebogen werden, zwischen den Wandsegmenten schmale Spalte verbleiben, die Wirbelströme unterbinden. "Im Wesentlichen" heißt hier also, dass die Summe der Breiten der Wandsegmente gleich oder etwas kleiner als der Umfang des Bodensegments ist. Z.B. beträgt die Differenz von Umfang des Bodensegments minus Summe der Breiten der Wandsegmente N mal d , wobei N die Anzahl der Wandsegmente ist und d ein vorgegebener Mindestabstand im Bereich von 0,05 mm bis 0,3 mm, weiter bevorzugt von 0,1 mm bis 0,2 mm, ist. Hier ist insbesondere auch die Ausgestaltung des Umformschrittes maßgeblich.

[0016] Das verwendete Blech besteht aus einem weichmagnetischen Material, d.h. einem ferromagnetischen Material mit geringer (kleiner als ca. 1000 A/m) Koerzitivfeldstärke, welches sich relativ leicht magnetisieren lässt. Bevorzugt findet eine Kobalt-Eisen-Legierung Verwendung. Weitere mögliche Materialien sind z.B. Weicheisen oder eine Nickel-Eisen-Legierung.

[0017] Um das spätere Umformen zu erleichtern können weiterhin kleine Löcher in den Ecken, an den zwei Wandsegmente aufeinandertreffen vorgesehen sein. Wie weiter unten beschrieben wird können diese Löcher auch dazu dienen, die zwischen den Wandsegmenten (nach dem Umformen) gebildeten Schlitzte in dem Bodensegment fortzusetzen.

[0018] Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 2C stellen Schnittansichten des Kernrohlings 2 bzw. Magnetkerns 1 während weiterer Verfahrensschritte dar.

[0019] Fig. 2A zeigt den Kernrohling 2, der das Bodensegment 4 mit der Öffnung 8 und die Wandsegmente 6 umfasst, nach dem Stanzen in einer Schnittansicht (z.B. ein Schnitt entlang der waagrechten Strichpunktlinie in Fig. 1). Zusätzlich ist hier zu erkennen, dass das Bodensegment 2 beispielhaft eine größere Dicke als die Wandsegmente 6 aufweist. Dies wird durch einen zusätzlichen optionalen Prägeschritt erreicht. Unter Prägen ist hier ein Umformverfahren zu verstehen, welches eine Dickenstrukturierung eines flachen Metallbauteils ermöglicht, wie z.B. Pressen, Fließpressen Ziehen, womit möglicherweise auch eine Änderung der Abmessungen des Metallbauteils in Richtungen senkrecht zur Dicke einhergeht. Insbesondere kann das Verfahren Prägen des weichmagnetischen Bleches vor dem Stanzen oder Prägen des Kernrohlings nach dem Stanzen umfassen. In letzterem Fall kann der Rohling z.B. zunächst aus einem dickeren Blech gestanzt werden und anschließend können durch den Prägeschritt die Wandsegmente verlängert und in ihren Dicken reduziert werden, um den letztendlichen Kernrohling zu erhalten. Allgemeiner kann durch Prägen

dem Kernrohling eine Dickenstrukturierung eingeprägt werden, um z.B. größere Dicken in Bereichen mit höherer Magnetfeldstärke zu erreichen. Als "Dicke" (des Kernrohlings) ist die Abmessung senkrecht zu der durch die von dem Bodensegment gebildete Ebene, die mit der durch das ursprüngliche Blech gebildeten Ebene übereinstimmt, definiert.

[0020] Nach dem Schritt des Ausstanzens und gegebenenfalls Prägens erfolgt ein Umformschritt, bei dem die mehreren Wandsegmente 6 in eine Richtung im Wesentlichen senkrecht zu der durch das Bodensegment 4 gebildeten, bzw. definierten, Ebene umgebogen werden. Fig. 2B zeigt den Magnetkern 1 nach diesem Umformen. "Im Wesentlichen senkrecht" ist hier so zu verstehen, dass es zu kleinen Abweichungen vom 90° Winkel kommen kann, d.h. der Winkel sollte zwischen 80° und 100°, bevorzugt zwischen 85° und 95°, liegen. Allgemeiner sind auch größere Winkel, etwa zwischen 70° und 110°, denkbar. Dies ist insbesondere auch von der letztendlich gewünschten Form des Magnetkerns abhängig.

[0021] Das Umformen erfolgt in einer Umformmaschine mittels eines geeigneten Werkzeugs, so dass eine äußere Wand (gebildet durch die umgebogenen Wandsegmente) des Magnetkerns erzeugt wird. Z.B. kann der Kernrohling durch einen Stempel in eine entsprechende Gegenform (eine topfförmige Negativ-Form) gedrückt werden, wobei die Abmessungen (z.B. der Durchmesser) des Stempels in etwa den Abmessungen des Bodensegments entsprechen oder etwas kleiner sind und wobei die größeren Abmessungen der Gegenform den gewünschten Abmessungen des herzustellenden Magnetkerns entsprechen, so dass beim Hineindrücken des Stempels in die Gegenform die Wandsegmente umgebogen werden.

[0022] Durch das Umbiegen sind die im Stand der Technik mittels Erodieren eingebrachten Schlitzte bereits in der äußeren Wand des Magnetkerns enthalten. Die Summe der Breiten der Wandsegmente 6 sollte nach dem Umformen kleiner als ein Außenumfang des Magnetkerns sein, damit in jedem Fall Schlitzte erhalten werden. Weiterhin liegt der Abstand (gemessen in Umfangrichtung, also in Richtung des Außenrandes des Bodensegments) zwischen jeweils zwei Wandsegmenten nach dem Umformen im Bereich zwischen 0,05 mm und 0,3 mm, bevorzugt zwischen 0,1 mm und 0,2 mm. Dieser Abstand entspricht einer Breite der Schlitzte. Somit werden schmale Schlitzte erhalten, die einerseits die magnetischen Eigenschaften bzw. Leistungsfähigkeit des Magnetkerns nur wenig beeinträchtigen und andererseits Wirbelströme in Umfangrichtung unterbinden. Auf ein Erodieren von Schlitzten kann also verzichtet werden, was zu einer Zeit- und Kostenersparnis in der Fertigung führt und einer Verringerung der Taktzeiten ermöglicht. Gleichzeitig wird weniger Material benötigt, da der Kern nicht aus Vollmaterial spanend hergestellt wird.

[0023] Weiter wird ein Innenkern 10 (ein Art Dom) am Bodensegment 4 angebracht. Fig. 2C zeigt den Magnetkern 1 nach diesem optionalen Anbringen des Innen-

kerns 10. Der Innenkern 10 erstreckt sich in die gleiche Richtung, in die auch die Wandsegmente 6 gebogen sind; die entsprechende Seite des Bodensegments 4 wird auch als Oberseite des Bodensegments bezeichnet. Der Innenkern 10 besteht aus einem weichmagnetischen Material, wobei auch hier bevorzugt eine Kobalt-Eisen-Legierung, eine Nickel-Eisen-Legierung oder Weicheisen verwendet wird. Die Wicklungen einer anzubringenden Magnetspule (vgl. Fig. 4) verlaufen um den Innenkern 10 herum und innerhalb der durch die umgebogenen Wandsegmente 6 gebildeten äußeren Wand.

[0024] Der Innenkern 10 weist ein Durchgangsloch auf, das mit der Öffnung des Bodensegments 4 fluchtet; hier wird bei der späteren Verwendung in einem Ventiltrieb ein Ankerschaft (oder evtl. ein Ventilstamm) hindurchgeführt (vgl. Fig. 4). Der Innenkern kann bereits vor dem Anbringen am Bodensegment 4 eine Röhrenform aufweisen, d.h. das Durchgangsloch ist von vornherein vorhanden. Unter "Röhrenform" ist hier ein allgemeiner röhrenförmiger Körper zu verstehen, nicht unbedingt eine kreisförmige Röhre, letztere ist allerdings bevorzugt. Alternativ kann zunächst ein zylindrischer Innenkern am Bodensegment 4 angebracht werden und anschließend das Durchgangsloch durch den Innenkern in Richtung senkrecht zum Bodensegment eingebracht werden. Unter "Zylinder" ist hier ein allgemeiner Zylinder zu verstehen, d.h. ein Körper der durch Parallelverschieben einer nicht notwendigerweise kreisförmigen Grundfläche entlang einer Richtung senkrecht zur Grundfläche entsteht. Der zylinderförmige Innenkern wird an dieser Grundfläche am Bodensegment angebracht, so dass die Öffnung des Bodensegments überdeckt wird. Anschließend wird das Durchgangsloch z.B. durch Bohren eingebracht, so dass dieses durch die Öffnung verläuft. Bevorzugt ist ein Innenkern, der in einer Draufsicht eine Kreisform aufweist bzw. ein Kreiszylinder (die Grundfläche ist also ein Kreis). Allgemeiner kann die Grundfläche ein Oval, Dreieck, Rechteck, n-Eck, usw. sein. Selbiges gilt für das Durchgangsloch durch den Innenkern, die jedoch bevorzugt kreisrund ist, entsprechend der Form eines typischen Ankerschafts (evtl. Ventilstamms).

[0025] Das Anbringen bzw. Anfügen des Innenkerns 10 am Bodensegment 4 erfolgt beispielsweise durch Reibschweißen, Laserstrahlschweißen oder Elektronenstrahlschweißen. Die Kombination dieses Fügeprozesses mit dem vorhergehenden Umformprozess führt zu einer deutlich verbesserten Materialeffizienz im Vergleich zu einer spanenden Bearbeitung. Die zu Minimierung der Leistungsaufnahme erforderlichen Schlitzte sind durch die Rohlingsform bereits in dem umgeformten Kern enthalten.

[0026] Ein Rand der Öffnung des Bodensegments 4 kann an die Form und Abmessungen eines Außenrandes des Innenkerns angepasst sein, so dass der Innenkern bündig in die Öffnung eingesetzt und dort befestigt (z.B. durch eines der obigen Schweißverfahren) werden kann, wie in Fig. 2C dargestellt. Alternativ (nicht dargestellt) kann der Innenkern größer als die Öffnung im Boden-

segment sein und an einer Fläche an der Oberseite des Bodensegments befestigt werden, wobei hier Reibschweißen bevorzugt wird. In letzterem Fall stimmen bevorzugt Abmessungen parallel zum Bodensegment (z.B. ein Durchmesser) des Durchgangslochs des Innenkerns mit entsprechenden Abmessungen der Öffnung des Bodensegments überein, so dass die Öffnung des Bodensegments und das Durchgangsloch des Innenkerns stufenlos ineinander übergehen. Weiterhin ist es möglich, dass der Rand der Öffnung des Bodensegments und der Innenkern zueinander komplementäre umlaufende Stufen aufweisen, die beim Anbringen ineinander gesetzt werden.

[0027] Es sei noch angemerkt, dass auf den Innenkern 10 auch verzichtet werden kann. Eine derartige Anordnung ohne Innenkern 10 fällt jedoch nicht unter den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung. Der Ankerschaft (evtl. Ventilstamm) wird dann nur durch die Öffnung 8 des Bodensegments 4 geführt. Allerdings wird die Ausführung mit Innenkern bevorzugt, da dies zu einer Verbesserung der magnetischen Eigenschaften eines mit dem Magnetkern hergestellten Elektromagneten führt.

[0028] Weiter kann das Verfahren eine oder mehrere Wärmebehandlungen (z.B. Anlassen) des Magnetkerns umfassen, beispielsweise ein Temperieren bei geeigneter Temperatur. Damit kann einer Gefügeänderung aufgrund des Umformens entgegengewirkt und Spannungen abgebaut werden. Weiterhin kann ein Temperieren zum Einstellen der magnetischen Eigenschaften des verwendeten Materials hilfreich sein. Die Wärmebehandlung erfolgt also nach dem Schritt des Umformens und, falls ein Innenkern angebracht wird, nach dem Anbringen des Innenkerns.

[0029] Fig. 3A und Fig. 3B zeigen perspektivische Ansichten des Magnetkerns 1 nach dem Umformen des Kernrohlings bzw. ohne Innenkern (Fig. 3A) und nach dem Anbringen des Innenkerns 10 (Fig. 3B). In beiden Figuren sind die als Linien dargestellten Schlitz 22 zwischen den Wandsegmenten 6 zu erkennen. Der Magnetkern 1 weist also eine äußere Wand mit Schlitz 22 auf, welche durch die umgebogenen Wandsegmente 6 gebildet wird. Ebenso ist ein seitlicher Rand des Bodensegments 4 sichtbar, welches hier beispielhaft keine Schlitz aufweist. Abweichend davon ist es möglich, auch das Bodensegment 4 mit Schlitz zu versehen, welche die Schlitz zwischen den Wandsegmenten am Boden fortsetzen. Dies kann z.B. dadurch erfolgen, dass beim Stanzen entsprechende Bereiche mit ausgestanzt werden; vgl. Fig. 1, wo entsprechend kleine Löcher an den Ecken, an denen Wandsegmente aufeinandertreffen, vorgesehen sind. Ebenso ist es denkbar, dass der Innenkern 10, der in Fig. 3B keine Schlitz aufweist, mit Schlitz an der Außenseite versehen ist, die mit einem dem Fachmann bekannten Verfahren eingefügt werden, z.B. Erodieren. In den Raum entlang der Innenseite der durch die umgebogenen Wandsegmente gebildeten äußeren Wand kann eine Magnetspule eingebracht wer-

den, die um die Öffnung verläuft und die im Falle eines angebrachten Innenkerns zwischen Innenkern und Wand verläuft.

[0030] Fig. 4 stellt einen Ausschnitt aus einem Ventiltrieb, der einen elektromagnetischen Aktuator mit zwei Elektromagneten verwendet, bei denen jeweils ein Magnetkern zum Einsatz kommt, dar. Die Elektromagnete des elektromagnetischen Aktuators umfassen jeweils den Magnetkern 1 und eine Magnetspule 14, die in dem ringförmigen Raum des jeweiligen Magnetkerns angeordnet ist. Durch die Öffnungen der Magnetkerne 1 ist ein Ankerschaft 18 eines ferromagnetischen (Magnet-)Ankers 16 geführt. Ein nur teilweise dargestelltes Ventil ist (in der Figur) unterhalb des Ankerschafts 18 angeordnet, wobei sich ein Ventilstamm 24 des Ventils in Verlängerung des Ankerschafts 18 befindet. Der nicht dargestellte Ventilkopf würde sich unterhalb der Figur befinden. Der Ankerschaft 18 ist mit dem Anker 16 verbunden, also an diesem befestigt oder einstückig mit diesem gefertigt. Das System ist durch zwei (Druck-)Federn 20 schwingfähig gelagert, wobei eine Druckfeder am oberen Ende des Ankerschafts 18 wirkt und die andere am Ventilstamm 24. (Prinzipiell ist es auch möglich, dass der Ventilstamm gleichzeitig den Ankerschaft bildet, in diesem Fall erstreckt sich der Ventilstamm durch den Aktuator hindurch, der Anker 16 ist mit dem Ventilstamm verbunden und beide Druckfedern wirken am Ventilstamm.) Wird einer der Elektromagnete des elektromagnetischen Aktuators angeschaltet, d.h. fließt Strom durch die jeweilige Magnetspule 14, so wird der Anker 16 und der damit verbundene Ankerschaft 18 von diesem angezogen und mithin das Ventil betätigt.

[0031] Abschließend sei noch angemerkt, dass die Figuren eine besonders bevorzugte Ausführungsform darstellen, die eine Rotationssymmetrie aufweist. D.h. das Bodensegment und die Öffnung im Bodensegment sind kreisrund und die Wandsegmente weisen alle die gleiche Form auf und sind regelmäßig um das Bodensegment angeordnet. Ebenso hat der Innenkern die Form eines hohlen Kreiszylinders. Die Wandsegmente bilden entsprechend nach dem Umformen eine kreisringförmige äußere Wand, die durch das Bodensegment in Form einer Kreisscheibe mit dem Innenkern verbunden ist. Dem Fachmann ist jedoch klar, dass das Verfahren auch mit anderen Formen und Ausgestaltungen ausgeführt werden kann und der hergestellte Magnetkern so an vorgegebene Anforderung, wie etwa eine vorgegebene äußere Form, angepasst werden kann. Dabei ist es möglich die vorstehend in dieser Anmeldung beschriebenen Formen für Bodensegment, Öffnung im Bodensegment, Wandsegmente und gegebenenfalls Innenkern zu kombinieren. Beispielsweise kann das Bodensegment rechteckig mit einer runden Öffnung sein; nach dem Umformen wird dann ein an einer Seite offener Quader erhalten. Ein entsprechender Innenkern kann ebenfalls eine äußere Quaderform mit einem runden Durchloch aufweisen.

Bezugszeichenliste**[0032]**

1	Magnetkern
2	Kernrohling
4	Bodensegment
6	Wandsegment
8	Öffnung im Bodensegment
10	Innenkern
12	Magnetspulen-Stromversorgungsleitung-Öffnung
14	Magnetspule
16	Anker
18	Ankerschaft
20	Feder
22	Schlitz
24	Ventilstamm

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Magnetkerns (1) für einen elektromagnetischen Aktuator für einen elektromagnetischen Ventiltrieb, umfassend Stanzen eines Kernrohlings (2) aus einem weichmagnetischen Blech, wobei der Kernrohling (2) umfasst:

ein Bodensegment (4) mit einer Öffnung (8) und mehrere Wandsegmente (6), die sich von einem Außenrand des Bodensegments (4) nach außen erstrecken;

Umformen des Kernrohlings (2), wobei die mehreren Wandsegmente (6) in eine Richtung im Wesentlichen senkrecht zu dem Bodensegment (4) umgebogen werden, wobei der Abstand zwischen jeweils zwei Wandsegmenten (6) nach dem Umformen im Bereich zwischen 0,05 mm und 0,3 mm liegt; und Anbringen eines röhrenförmigen weichmagnetischen Innenkerns (10) an dem Bodensegment (4), oder Anbringen eines zylindrischen weichmagnetischen Innenkerns (10) an dem Bodensegment (4) und Einbringen eines sich senkrecht zu dem Bodensegment (4) erstreckenden Durchgangslochs durch den Innenkern (10).

2. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei das Anbringen des Innenkerns (10) mittels Reibschweißen, Laserstrahlschweißen oder Elektronenstrahlschweißen erfolgt.
3. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, weiterhin umfassend ein Prägen des weichmagnetischen Blechs vor dem Schritt des Stanzens oder ein Prägen des Kernrohlings (2) nach dem Schritt des Stanzens.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, wobei durch das Prägen dem Kernrohling eine Dickenstrukturierung eingeprägt wird, so dass das Bodensegment (4) eine größere Dicke aufweist als die Wandsegmente (6).

5. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Kernrohling (2) mindestens 4 Wandsegmente (6), bevorzugt 8 bis 16 Wandsegmente (8), umfasst.

6. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Wandsegmente (6) im Wesentlichen die Form eines Rechtecks aufweisen.

7. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Summe von Breiten der Wandsegmente (6) nach dem Umformen kleiner als ein Außenumfang des Magnetkerns (1) ist.

8. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Abstand zwischen jeweils zwei Wandsegmenten (6) nach dem Umformen im Bereich zwischen 0,1 mm und 0,2 mm liegt.

9. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei sich die Wandsegmente (6) vom Bodensegment (4) aus gleich weit in Richtung nach außen erstrecken.

10. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, weiterhin umfassend eine Wärmebehandlung des Magnetkerns (1) nach dem Umformen des Kernrohlings (2).

11. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Bodensegment (4) die Form einer Kreistringscheibe aufweist.

12. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Stanzen weiterhin ein Stanzen einer Magnetspulen-Stromversorgungsleitung-Öffnung (12) in den Kernrohling umfasst.

13. Magnetkern (1) für einen elektromagnetischen Aktuator für einen elektromagnetischen Ventiltrieb, umfassend ein Bodensegment (4) mit einer Öffnung, eine äußere Wand mit Schlitz (22) und einen am Bodensegment angebrachten weichmagnetischen Innenkern (10) mit einem Durchgangsloch, das mit der Öffnung des Bodensegments fluchtet, wobei der Magnetkern (1) mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1-12 hergestellt ist, wobei eine Breite der Schlitz (22) im Bereich zwischen 0,05 mm und 0,3 mm liegt.

14. Magnetkern (1) gemäß Anspruch 13, wobei eine Breite der Schlitz (22) im Bereich zwischen 0,1 mm und 0,2 mm liegt.

Claims

1. A method for producing a magnetic core (1) for an electromagnetic actuator for an electromagnetic valve train, comprising punching a core blank (2) from a soft magnetic metal sheet, the core blank (2) comprising: a base segment (4) having an opening (8) and a plurality of wall segments (6) extending outwardly from an outer edge of the base segment (4); reshaping the core blank (2), the plurality of wall segments (6) being bent in a direction substantially perpendicular to the base segment (4), the distance between two respective wall segments (6) being in the range between 0.05 mm and 0.3 mm after the reshaping; and affixing a tubular soft magnetic inner core (10) to the base segment (4), or affixing a cylindrical soft magnetic inner core (10) to the floor segment (4) and introducing a through hole extending perpendicular to the base segment (4) through the inner core (10).
2. The method according to any one of claims 2 or 3, wherein the inner core (10) is affixed by means of friction welding, laser beam welding or electron beam welding.
3. The method according to any one of the preceding claims, further comprising a stamping of the soft magnetic metal sheet before the step of punching or a stamping of the core blank (2) after the step of punching.
4. The method according to claim 3, wherein a thickness structuring is impressed on the core blank by the stamping, so that the bottom segment (4) has a greater thickness than the wall segments (6).
5. The method according to any one of the preceding claims, wherein the core blank (2) comprises at least 4 wall segments (6), preferably 8 to 16 wall segments (8).
6. The method according to any one of the preceding claims, wherein the wall segments (6) substantially have the shape of a rectangle.
7. The method according to any one of the preceding claims, wherein the sum of widths of the wall segments (6) after the reshaping is smaller than an outer circumference of the magnetic core (1).
8. The method according to any one of the preceding claims, wherein the distance between two wall segments (6) after reshaping is in the range between 0.1 mm and 0.2 mm.
9. The method according to any one of the preceding

claims, wherein the wall segments (6) extend by the same distance in an outward direction from the base segment (4).

10. The method according to any one of the preceding claims, further comprising a heat treatment of the magnetic core (1) after the reshaping of the core blank (2).
11. The method according to any one of the preceding claims, wherein the base segment (4) has the shape of an annular disk.
12. The method according to any one of the preceding claims, wherein the punching further comprises a punching of a solenoid power supply line opening (12) in the core blank.
13. A magnetic core (1) for an electromagnetic actuator for an electromagnetic valve train, comprising a base segment (4) having an opening, an outer wall having slots (22) and a soft magnetic inner core (10) affixed to the base segment, the soft magnetic inner core having a through hole that is aligned with the opening of the base segment, the magnetic core (1) being produced by a method according to any one of claims 1-12, a width of the slots (22) being in the range between 0.05 mm and 0.3 mm.
14. The magnetic core (1) according to claim 13, wherein a width of the slots (22) is in the range between 0.1 mm and 0.2 mm.

Revendications

1. Procédé de production d'un noyau magnétique (1) pour un actionneur électromagnétique destiné à un train de soupapes électromagnétiques, comprenant le poinçonnage d'une ébauche de noyau (2) à partir d'une tôle magnétique douce, dans lequel l'ébauche de noyau (2) comprend :

un segment de fond (4) avec une ouverture (8) et une pluralité de segments de paroi (6) qui s'étendent vers l'extérieur à partir d'un bord extérieur du segment de fond (4) ;

le façonnage de l'ébauche de noyau (2), dans lequel les multiples segments de paroi (6) sont pliés dans une direction essentiellement perpendiculaire au segment de fond (4), dans lequel la distance entre deux segments de paroi (6) après façonnage est comprise dans la plage entre 0,05 mm et 0,3 mm ; et la fixation d'un noyau intérieur magnétique doux tubulaire (10) au segment de fond (4), ou la fixation d'un noyau intérieur magnétique doux cylindrique (10) sur le segment de fond (4) et la réalisation d'un

trou traversant s'étendant perpendiculairement au segment de fond (4) à travers le noyau intérieur (10).

2. Procédé selon une quelconque des revendications 2 ou 3, dans lequel la fixation du noyau intérieur (10) se fait au moyen de soudage par friction, soudage par faisceau laser ou soudage par faisceau d'électrons. 5
3. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre un gaufrage de la feuille magnétique douce avant l'étape de poinçonnage ou un gaufrage de l'ébauche de noyau (2) après l'étape de poinçonnage. 10
4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel une structuration en épaisseur est imprimée sur l'ébauche de noyau par gaufrage, de sorte que le segment de fond (4) présente une épaisseur plus importante que les segments de paroi (6). 15 20
5. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ébauche de noyau (2) comprend au moins 4 segments de paroi (6), de préférence 8 à 16 segments de paroi (8). 25
6. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les segments de paroi (6) ont substantiellement la forme d'un rectangle. 30
7. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la somme des largeurs des segments de paroi (6) après le façonnage est inférieure à une circonférence extérieure du noyau magnétique (1). 35
8. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la distance entre deux segments de paroi (6) après le façonnage est comprise entre 0,1 mm et 0,2 mm. 40
9. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les segments de paroi (6) s'étendent à égale largeur du segment de fond (4) vers l'extérieur. 45
10. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre un traitement thermique du noyau magnétique (1) après façonnage de l'ébauche de noyau (2). 50
11. Procédé selon une des revendications précédentes, dans lequel le segment de fond (4) a la forme d'un disque annulaire. 55
12. Procédé selon une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le poinçonnage comprend en outre le poinçonnage d'une ouverture de ligne

d'alimentation de bobine magnétique (12) dans l'ébauche de noyau.

13. Noyau magnétique (1) pour un actionneur électromagnétique destiné à un train de soupapes électromagnétique, comprenant un segment de fond (4) avec une ouverture, une paroi extérieure avec des fentes (22) et un noyau intérieur (10) fixé au segment de fond avec un trou traversant, qui s'aligne avec l'ouverture du segment de fond, dans lequel le noyau magnétique (1) est fabriqué avec un procédé selon une des revendications 1 à 12, dans lequel une largeur des fentes (22) est comprise entre 0,05 mm et 0,3 mm.
14. Noyau magnétique (1) selon la revendication 13, dans lequel une largeur des fentes (22) est comprise dans la plage entre 0,1 mm et 0,2 mm.

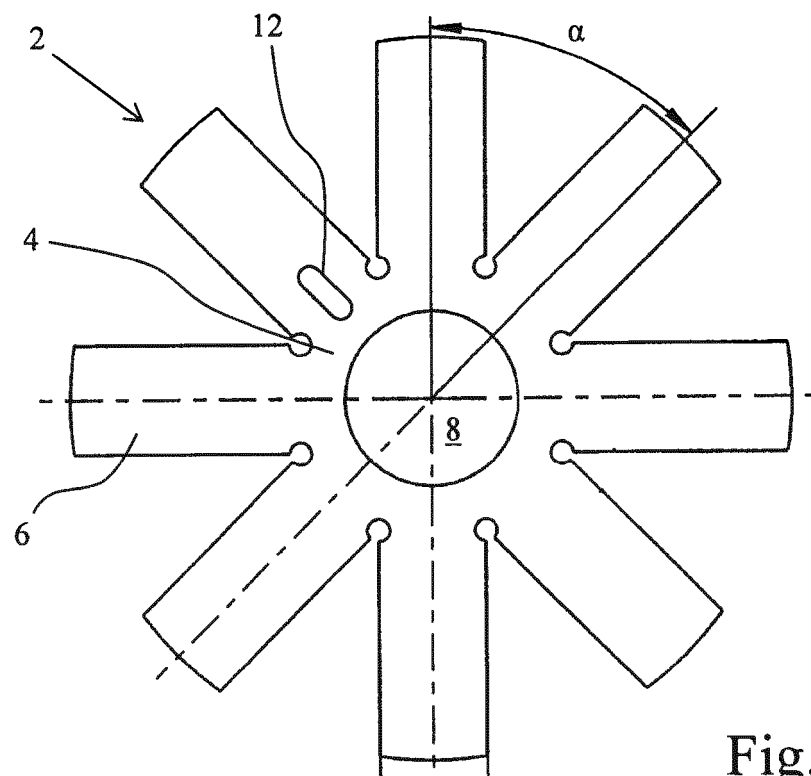


Fig. 1

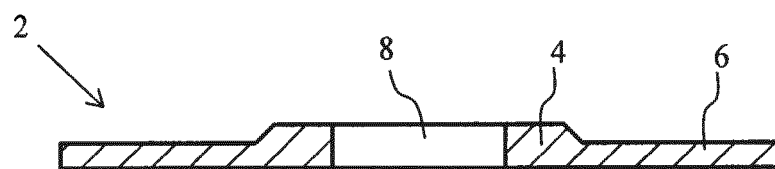


Fig. 2A

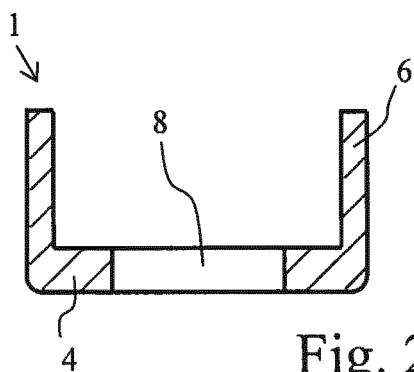


Fig. 2B

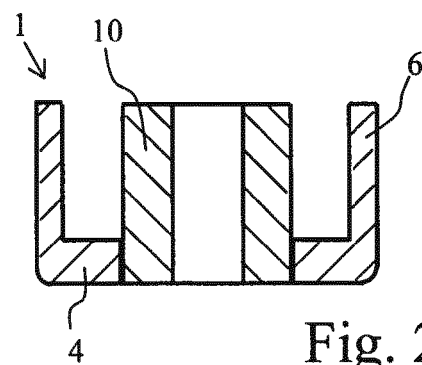


Fig. 2C

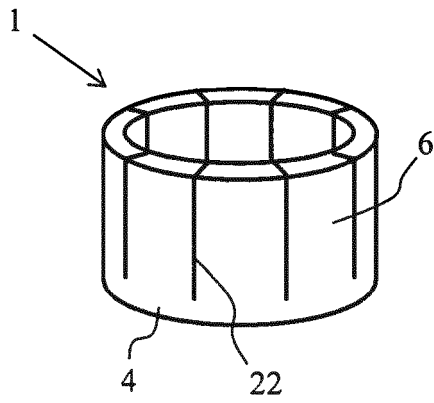


Fig. 3A

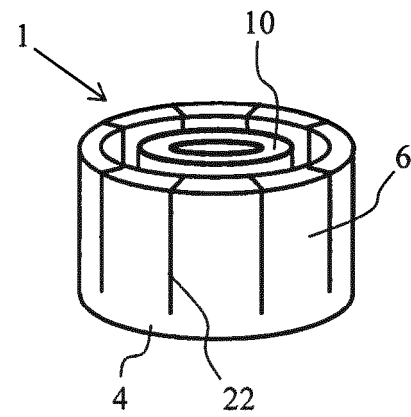


Fig. 3B

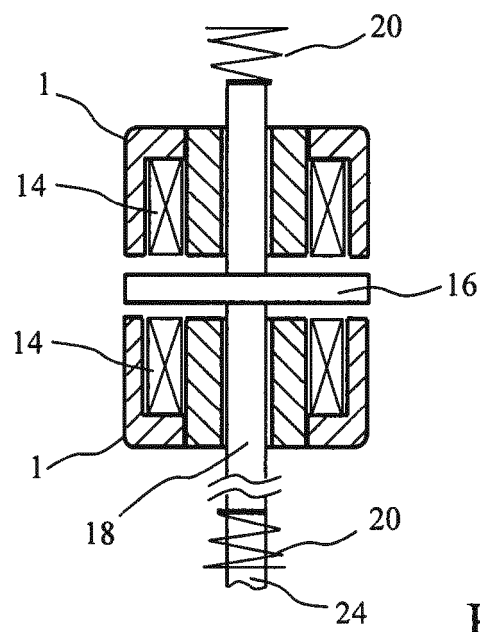


Fig. 4

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

- JP S556818 A [0006]
- DE 102016104304 A1 [0006]
- DE 102013017259 A1 [0006]