



(11) **EP 4 376 031 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.05.2024 Patentblatt 2024/22

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01F 13/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23209974.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01F 13/006

(22) Anmeldetag: **15.11.2023**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

• **Geiger, Jens**
91362 Pretzfeld (DE)

(72) Erfinder:
• **Rohner, Marek**
76530 Baden-Baden (DE)
• **Geiger, Jens**
91362 Pretzfeld (DE)

(30) Priorität: **28.11.2022 DE 102022131395**

(74) Vertreter: **LBP Lemcke, Brommer & Partner**
Patentanwälte mbB
Siegfried-Kühn-Straße 4
76135 Karlsruhe (DE)

(71) Anmelder:
• **Rohner, Marek**
76530 Baden-Baden (DE)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ENTMAGNETISIERUNG EINES BAUTEILS**

(57) Vorgeschlagen wird eine Vorrichtung (1) zur Entmagnetisierung eines Bauteils (2), umfassend mindestens eine Entmagnetisierungsspule (3, 4, 5) (3, 4, 5, 3', 4', 5'), und eine Stromquelle (6, 7), die zusammenwirkend angeordnet und ausgebildet sind, um in einem Wechselwirkungsbereich der Entmagnetisierungsspule (3, 4, 5) (3, 4, 5, 3', 4', 5') ein Magnetfeld (9) auszubilden. Es ist wesentlich, dass die Vorrichtung (1) zumindest drei Entmagnetisierungsspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') umfasst, welche in einer gemeinsamen Spulenebene (8) jeweils an einem Eckpunkt eines Vielecks angeordnet sind, und die Stromquelle dazu ausgebildet ist, um die Entmagnetisierungsspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') jeweils mit einem periodischen Wechselstrom (I1, I2, I3, I1', I2', I3') zu beaufschlagen, wobei die Wechselströme (I1, I2, I3, I1', I2', I3') in den Entmagnetisierungsspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') zueinander phasenverschoben sind, um das Magnetfeld (9) örtlich und zeitlich veränderlich auszubilden.

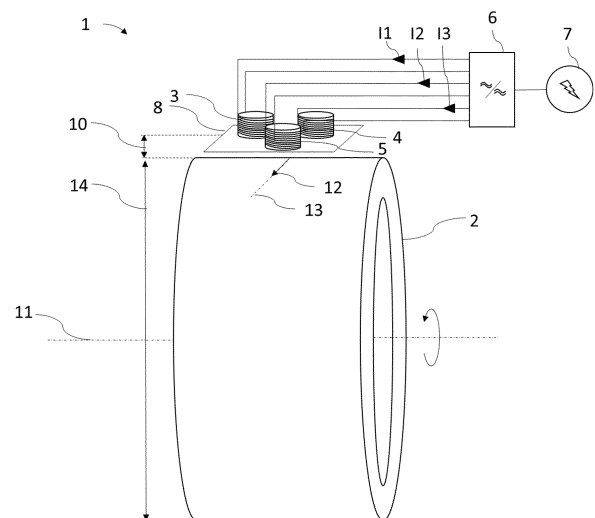


Fig. 1

EP 4 376 031 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Entmagnetisierung eines Bauteils.

[0002] In der industriellen Fertigung von Bauteilen können diese bereits in ihrem Ausgangszustand unerwünschte magnetische Eigenschaften aufweisen oder diese erst infolge ihrer Verarbeitung während eines Fertigungsverfahrens erlangen. Insbesondere sind Bauteile betroffen, die aus einem ferromagnetischen Stoff wie Eisen, Nickel oder Kobalt hergestellt sind oder einen solchen enthalten, beispielsweise Stahl.

[0003] Wenn das Bauteil in unerwünschter Weise magnetisch ist, kann es in einer Baugruppe beispielsweise Kräfte auf andere Bauteile ausüben oder bewegte elektrische Ladungen negativ beeinflussen. Zudem kann die Einsetzbarkeit zerstörungsfreier Prüfverfahren, beispielsweise der Wirbelstromprüfung, negativ durch die magnetischen Eigenschaften des zu prüfenden Bauteils eingeschränkt sein. Daher ist es häufig gewünscht, ein solches Bauteil zu entmagnetisieren bevor es industriell weiterverarbeitet, in einer Baugruppe montiert oder ein Prüfverfahren, wie das oben genannte Wirbelstromprüfverfahren, durchgeführt wird.

[0004] Aus DE 10 2017 109 149 A1 ist eine Vorrichtung bekannt, die eine Entmagnetisierspule, eine Stromquelle sowie eine Steuereinheit umfasst, welche zusammenwirkend angeordnet und ausgebildet sind, um in einem Wechselwirkungsbereich der Entmagnetisierspule ein Magnetfeld auszubilden. Das Magnetfeld dient zur Entmagnetisierung des Bauteils.

[0005] Für die Entmagnetisierung eines Bauteils ist es typischerweise erforderlich, ein möglichst geringes Maß an Restmagnetismus in dem Bauteil zu erreichen. Dies ist jedoch dadurch erschwert, dass magnetische Bauteile mehrere Bauteilbereiche aufweisen können, in denen die magnetischen Eigenschaften unterschiedlich stark ausgeprägt und deren magnetische Vorzugsrichtung entlang unterschiedlicher Raumrichtungen ausgerichtet ist. Dies erschwert eine zuverlässige Entmagnetisierung mit nur einer Haupt-Feldrichtung des Magnetfeldes, da oft unbekannt ist, ob und in welchen Bauteilbereichen unterschiedliche magnetischen Eigenschaften, insbesondere bereichsweise unterschiedlich orientierte magnetische Vorzugsrichtungen, vorliegen.

[0006] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren vorzuschlagen, mit denen eine gute Entmagnetisierung eines magnetischen Bauteils auf zuverlässige Weise möglich ist.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren gemäß Anspruch 15. Vorteilhafte Weiterbildungen sind jeweils Gegenstände der abhängigen Unteransprüche.

[0008] Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zur Entmagnetisierung eines Bauteils und umfasst mindestens eine Entmagnetisierspule sowie eine Stromquelle, die zusammenwirkend angeordnet und ausgebildet sind, um in einem Wechselwirkungsbereich der Entmagnetisierspule ein Magnetfeld auszubilden.

sierspule ein Magnetfeld auszubilden.

[0009] Die erfindungsgemäße Vorrichtung unterscheidet sich dadurch von vorbekannten Vorrichtungen, dass sie zumindest drei Entmagnetisierspulen umfasst, welche in einer gemeinsamen Spulenebene jeweils an einem Eckpunkt eines Vielecks angeordnet sind, und die Stromquelle ausgebildet ist, um die Entmagnetisierspulen jeweils mit einem periodischen Wechselstrom zu beaufschlagen, wobei die Wechselströme in den Entmagnetisierspulen zueinander phasenverschoben sind, um das Magnetfeld örtlich und zeitlich veränderlich auszubilden.

[0010] Erfindungsgemäß ist es mittels der Vorrichtung und der Erzeugung des veränderlichen Magnetfeldes möglich, eine zuverlässige Entmagnetisierung eines Bauteils zu bewirken. Ein besonderer Vorteil besteht darin, dass hierfür keinerlei Kenntnisse über die magnetischen Eigenschaften des Bauteils erforderlich sind, um die Entmagnetisierung vornehmen zu können.

[0011] Insbesondere haben Untersuchungen gezeigt, dass unterschiedlich magnetisierte Bauteilbereiche infolge der räumlichen und zeitlichen Veränderung des Magnetfeldes jeweils mit hoher Wahrscheinlichkeit einem Gegenfeld ausgesetzt werden können, mittels dessen sie optimal entmagnetisierbar sind. Dadurch können die Weiß'schen Bezirke eines ferromagnetischen Bauteils weitestgehend regellos ausgerichtet werden, wodurch insbesondere hartmagnetische Bauteile zuverlässig entmagnetisierbar sind.

[0012] Bevorzugt kann die räumliche und zeitliche Veränderung des Magnetfeldes nach der Art eines sog. Bewegungsfeldes oder eines Wanderfeldes einstellbar sein, wobei sich eine Feldstärke und/oder eine Felddichte und/oder eine Feldorientierung des Magnetfeldes in zeitlicher Abhängigkeit räumlich verändert. Bevorzugt ist eine Position und/oder eine Orientierung des Magnetfeldes gegenüber zumindest einer der Entmagnetisierspulen in der Spulenebene veränderbar.

[0013] Es ist ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung, dass diese mit einem einfachen elektrotechnischen Aufbau einhergeht. Bei den Entmagnetisierspulen kann es sich jeweils um eine beliebige elektrische Spule, insbesondere eine Drosselspule, handeln, deren elektrische Eigenschaften vorzugsweise in Abhängigkeit des zu erzeugenden Magnetfeldes einstellbar sind.

[0014] In einer einfachen Ausführungsform weisen die Entmagnetisierspulen jeweils einen elektrischen Draht auf, welcher mit einem gewünschten Windungsverlauf gewickelt ist und dessen Enden mit der Stromquelle elektrisch verbunden, insbesondere schaltbar verbunden, sind. Bevorzugt sind die Entmagnetisierspulen jeweils als Zylinderspulen mit einer geradlinigen Spulenachse ausgebildet. Darüber hinaus ist die Erfindung nicht auf eine Spulenform, eine Spulenquerschnittsgeometrie, eine Spulenhöhe, eine Windungszahl oder einen Drahtdurchmesser beschränkt. Vorzugsweise umfasst zumindest eine der Entmagnetisierspulen einen Kern, welcher

als Blechpaket oder als Ferritkern ausgebildet ist.

[0015] Vorzugsweise liegen die Stromstärken, mit denen die Entmagnetisierspulen beaufschlagt werden können im Bereich zwischen 10 Ampere und 100 Ampere. Hierdurch unterscheidet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung insbesondere von solchen, bei denen stromdurchflossene, elektrische Spulen zur zerstörungsfreien Prüfung von Bauteilen eingesetzt werden, wobei jedoch deutlich niedrigere Stromstärken verwendet werden und keine nennenswerte Entmagnetisierung erreichbar ist.

[0016] Die Stromquelle kann zumindest einen Stromrichter umfassen und dazu ausgestaltet sein, eine eingespeiste Stromart, also einen Gleichstrom oder einen Wechselstrom, in die jeweils andere Stromart zu wandeln und/oder zumindest einen charakteristischen Parameter wie beispielsweise eine Phasenlage, Amplitude oder Frequenz zu verändern.

[0017] Zudem dient die Stromquelle, insbesondere mit einem Stromrichter, dazu, die Entmagnetisierspulen des Vielecks jeweils mit Wechselstrom zu beaufschlagen. Erfindungsgemäß sind die periodischen Wechselströme in den Entmagnetisierspulen dabei zueinander phasenverschoben. In anderen Worten weisen die Wechselströme in den Entmagnetisierspulen einen sich regelmäßig wiederholenden, zeitlichen Stromstärkenverlauf auf, beispielsweise in Gestalt einer zeitabhängigen Sinuskurve. Die Periodendauern der Wechselströme können hierbei übereinstimmen, jedoch sind die Zeitpunkte ihrer Nulldurchgänge infolge der Phasenverschiebung zueinander unterschiedlich.

[0018] Die Stromquelle kann dazu ausgebildet sein, selbst einen Wechselstrom zu generieren und/oder bevorzugt mit einer anderen Stromquelle, beispielsweise einem stationären Stromnetz, verbindbar zu sein, um die Wechselströme für die Entmagnetisierspulen bereitzustellen.

[0019] Die Steuereinheit ist bevorzugt als elektrisches Steuergerät ausgebildet, das zumindest signaltechnisch mit der Stromquelle verbunden ist oder in diese integriert ist. Zweckdienlicherweise steuert die Steuereinheit die Stromquelle und ist dazu ausgebildet, die Beaufschlagung der Entmagnetisierspulen mit Wechselstrom gemäß einer in der Steuereinheit gespeicherten und einstellbaren Steueroutine signaltechnisch vorzugeben. Die Steuereinheit kann baulich mit der Stromquelle verbunden oder von dieser getrennt sein. Es liegt auch im Rahmen der Erfindung, dass die Steuereinheit die Stromquelle bildet.

[0020] Erfindungsgemäß entspricht die Anordnung der Entmagnetisierspulen einem Vieleck. Hierfür können die Entmagnetisierspulen in Bezug auf ihren jeweiligen Spulenquerschnitt jeweils einen Flächenmittelpunkt aufweisen und derart angeordnet sein, dass die Flächenmittelpunkte der Entmagnetisierspulen jeweils einen Eckpunkt des Vielecks bilden. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass auch ein anderes geometrisches Merkmal der Entmagnetisierspulen zur Definition des Vielecks dienen kann. Insbesondere können die Entmagnetisier-

pulen jeweils eine Spulenachse aufweisen, welche durch den jeweiligen Flächenmittelpunkt verläuft und die Spulenachsen derart orientiert sein, dass sie jeweils orthogonal oder parallel zu der Spulenebene verlaufen. Es liegt auch im Rahmen der Erfindung, dass die Spulenachsen mit der Spulenebene jeweils einen Winkel zwischen null und neunzig Winkelgraden einschließen. Grundsätzlich ist die Vorrichtung nicht auf eine bestimmte Anzahl von Entmagnetisierspulen beschränkt. Dementsprechend kann das Vieleck als Dreieck, Viereck, als Fünfeck, als Sechseck etc. ausgebildet sein, wobei die Anzahl an Entmagnetisierspulen vorzugsweise der Anzahl an Ecken entspricht.

[0021] Die Spulenebene kann als eine gedachte Ebene angesehen werden, welche durch die Eckpunkte des Vielecks aufgespannt ist. Bevorzugt weisen Entmagnetisierspulen jeweils eine Spulenachse auf und sind in Bezug auf die Spulenachsen parallel zueinander beabstandet und senkrecht zu der Spulenebene ausgerichtet.

[0022] In Zusammenhang mit der hier beschriebenen Erfindung können sich die magnetischen Eigenschaften des Bauteils in zumindest einer Bauteileigenschaft äußern, mit der darauf geschlossen werden kann, dass das Bauteil magnetisch ist. Bevorzugt kann die magnetische Eigenschaft durch eine physikalische Größe ausgedrückt werden, mit der eine Stärke eines Magnetfeldes beschreibbar ist, die das Bauteil hervorruft, insbesondere eine magnetische Feldstärke oder eine magnetische Flussdichte. Allerdings ist die Erfindung nicht darauf beschränkt, wie sich die magnetische Eigenschaft des zu entmagnetisierenden Bauteils äußert. In Zusammenhang mit der hier beschriebenen Erfindung kann eine magnetische Eigenschaft synonym zu dem Begriff "Magnetisierung" verwendet werden.

[0023] In einer vorteilhaften Weiterbildung sind die Entmagnetisierspulen des Vielecks derart angeordnet, dass das Magnetfeld mit einer Mehrzahl an Feldlinien ausbildbar ist, welche zumindest teilweise zwischen zwei benachbarten Entmagnetisierspulen und im Wesentlichen parallel zu der Spulenebene verlaufen.

[0024] Die parallele Ausrichtung der Feldlinien zur Spulenebene ermöglicht es, den Oberflächenbereich des Bauteils zur Entmagnetisierung derart mit dem Magnetfeld zu durchsetzen, dass die Feldlinien zwischen den benachbarten Entmagnetisierspulen auch parallel zu der Bauteiloberfläche verlaufen. Hierdurch ist eine zuverlässige Entmagnetisierung des Bauteils in einem großen Bauteilbereich möglich - insbesondere im Vergleich zu einem Magnetfeld, dessen Feldlinien den Oberflächenbereich orthogonal zu der Oberfläche durchdringen.

[0025] Vorzugsweise verlaufen die Feldlinien im Wesentlichen entlang einer Erstreckungsachse des Magnetfeldes, welche zumindest zeitweise derart zwischen zwei benachbarten Entmagnetisierspulen verläuft, dass zwei benachbarte Eckpunkte des Vielecks auf der Erstreckungsachse liegen.

[0026] Insbesondere kann das räumlich veränderliche Magnetfeld zumindest zeitweise aus zwei Teilfeldern be-

stehen, die durch zwei benachbarte Entmagnetisierspulen erzeugbar sind. Bevorzugt sind die Teilfelder dabei derart ausbildbar, dass sie sich entlang einer Erstreckungsachse des Magnetfeldes zumindest zeitweise räumlich überlappen.

[0027] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Stromquelle, insbesondere in Zusammenarbeit mit der Steuereinheit, dazu ausgestaltet, die Entmagnetisierspulen jeweils derart mit Wechselstrom zu beaufschlagen, dass die Feldlinien im Wesentlichen parallel zu mindestens einer Seite des Vielecks orientierbar sind. Insbesondere sind die Feldlinien zeitlich versetzt parallel zu jeder Seite des Vielecks orientierbar.

[0028] Mittels der phasenverschobenen Bestromung der Entmagnetisierspulen ist es möglich, das Magnetfeld zeitweise derart einzustellen, dass die Orientierung seiner Feldlinien im Wesentlichen zu den Seitenverläufen des Vielecks korrespondiert. Durch eine geeignete räumliche Ausrichtung der Entmagnetisierspulen ist es daher möglich, einzustellen, in welchen Raumrichtungen das Bauteil mit dem erzeugbaren Magnetfeld durchsetzt werden soll. Dies begünstigt insbesondere die Entmagnetisierung hartmagnetischer Bauteile.

[0029] In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst die Vorrichtung genau drei Entmagnetisierspulen, wobei das Vieleck ein Dreieck ist.

[0030] Die vorstehend beschriebene Weiterbildung beruht auf der Erkenntnis, dass die erfindungsgemäßen Vorteile bereits mit einer geringen Anzahl von drei Entmagnetisierspulen erreichbar sind. Insbesondere ist es durch die Erzeugung des räumlich veränderlichen Magnetfeldes möglich, die Feldlinien des Magnetfeldes entlang der Seiten des Dreiecks zu orientieren und dadurch eine Entmagnetisierung in drei unterschiedlichen Raumrichtungen zu erreichen.

[0031] Gemäß dieser Weiterbildung umfassen die drei Entmagnetisierspulen eine erste Entmagnetisierspule, eine zweite Entmagnetisierspule und eine dritte Entmagnetisierspule. Ein erster erzeugbarer Wechselstrom in der ersten Entmagnetisierspule ist mit einer ersten Phase einstellbar. Dementsprechend ist ein zweiter Wechselstrom in der zweiten Entmagnetisierspule mit einer zweiten Phase und ein dritter Wechselstrom in einer dritten Entmagnetisierspule mit einer dritten Phase einstellbar. Die erste Phase ist gegenüber der zweiten Phase und gegenüber der dritten Phase verschoben. Die zweite Phase ist gegenüber der ersten Phase und der dritten Phase verschoben. Eine Phasendifferenz zwischen der ersten, zweiten und/oder dritten Phase kann jeweils als ein Winkel angegeben werden, wobei eine volle Periode einem Winkel von 360° entspricht.

[0032] Die Vorrichtung mit den drei Entmagnetisierspulen ist vorzugsweise zusammen mit zumindest einer weiteren Vorrichtung mit drei oder mehr Entmagnetisierspulen einsetzbar. Insbesondere können die Entmagnetisierspulen der Vorrichtungen jeweils in mehreren Spulenebenen angeordnet sein, welche parallel oder winklig zueinander angeordnet sind. Dadurch können großflä-

chige und komplex geformte Bauteile mit einer Mehrzahl von veränderlichen Magnetfeldern durchsetzt werden.

[0033] In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst die Stromquelle einen Stromrichter, der bevorzugt als Drei-Phasen-Stromrichter ausgebildet ist. Die Wechselströme in zumindest zwei der drei Entmagnetisierspulen sind um 120° zueinander phasenverschoben.

[0034] Ein Vorteil der vorstehend beschriebenen Weiterbildung ist, dass es sich bei dem Stromrichter um einen handelsüblich erwerbenden Drei-Phasen-Stromrichter handeln kann, welcher typischerweise auch in anderen Anwendungsbereichen zur Anwendung kommt, etwa zum Betrieb elektrischer Maschinen. Mittels einer paarweisen Phasendifferenz von 120° kann bei einer Bestromung der Entmagnetisierspulen das Magnetfeld ähnlich zu einem Drehfeld eingestellt werden, wobei die in dem Dreieck angeordneten Entmagnetisierspulen fortlaufend bestromt werden. Das dabei erzeugbare Magnetfeld erstreckt sich mit einem Teil seiner Feldlinien in Abhängigkeit der Phasenlagen in bereits beschriebener Weise paarweise zwischen zwei benachbarten Entmagnetisierspulen und zumindest bereichsweise parallel zu der Spulenebene. Vorzugsweise sind die Wechselströme in allen Entmagnetisierspulen um 120° bzw. einem ganzzahligen Vielfachen davon zueinander phasenversetzt.

[0035] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Stromquelle, insbesondere in Zusammenarbeit mit der Steuereinheit, ausgebildet, um die Wechselströme jeweils mit einer Frequenz zwischen 5 Hz und 50 Hz einzustellen.

[0036] Untersuchungen haben gezeigt, dass ein Frequenzbereich von 5 Hz bis 50 Hz für die Einstellung der Wechselströme besonders geeignet ist, da sich eine gute räumliche Ausbreitung des erzeugbaren Magnetfeldes erreichen lässt. Insbesondere lässt sich bei gängigen Bauteilen eine gute Eindringtiefe des Magnetfeldes im Oberflächenbereich einstellen. Darüber hinaus haben Untersuchungen gezeigt, dass die Erzeugung des Magnetfeldes zu Kräften und dadurch zu mechanischen Schwingungen führt, welche von Lagerelementen der Vorrichtung gehalten werden müssen. In dem Frequenzbereich von 5 Hz bis 50 Hz stehen diese mechanischen Schwingungen und der erforderliche konstruktive Aufwand, um diese stützen zu können, in einem guten Verhältnis zu der erreichbaren räumlichen Ausbreitung des erzeugbaren Magnetfeldes. Es liegt auch im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, dass die Frequenz zwischen 5 Hz und 30 Hz einstellbar ist.

[0037] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Stromquelle, insbesondere in Zusammenarbeit mit der Steuereinheit, ausgebildet, um die Stromstärken der Wechselströme jeweils kontinuierlich von einer ersten Amplitude auf eine zweite Amplitude zu ändern, wobei die zweite Amplitude geringer ist als die erste Amplitude. Insbesondere kann die Verringerung der Stromstärke zwischen der ersten Amplitude und der zweiten Amplitude pulsweise erfolgen, insbesondere mit einer Pulsdauer von 1 Sekunde oder unterhalb von 1 Sekunde.

[0038] Untersuchungen haben gezeigt, dass es insbesondere bei der Beendigung eines Entmagnetisiervorganges dazu kommen kann, dass das Bauteil durch das örtlich und zeitlich veränderliche Magnetfeld in ungewollter Weise magnetisiert wird. Eine Möglichkeit um dem entgegenzuwirken, besteht darin, die Entmagnetisierspulen in einer Relativbewegung von dem Bauteil fort zu bewegen. Gemäß der oben beschriebenen vorteilhaften Weiterbildung ist es auch möglich, die Stromstärkeamplituden der Wechselströme in den Entmagnetisierspulen zu reduzieren, insbesondere auf null Ampere, und damit ebenfalls zu verhindern, dass das Bauteil in unerwünschter Weise magnetisiert wird. Dadurch muss keine Relativbewegung zwischen den Entmagnetisierspulen und dem Bauteil vorgesehen werden, um eine ungewollte Magnetisierung des Bauteils zu verhindern.

[0039] Bevorzugt kann die Stromquelle in Zusammenarbeit mit der Steuereinheit dazu ausgebildet sein, die Stromstärken der Wechselströme jeweils entsprechend einer Rampenfunktion zu reduzieren. Die Rampenfunktion kann hierfür einen linearen Verlauf aufweisen. Alternativ kann auch ein exponentiell abnehmender Verlauf vorgesehen sein.

[0040] Bevorzugt ist die Vorrichtung dazu ausgebildet, um das Bauteil bei einer Relativbewegung gegenüber den Entmagnetisierspulen zu entmagnetisieren. In einer vorteilhaften Weiterbildung sind die Entmagnetisierspulen derart gelagert, dass die Entmagnetisierung bei der Relativbewegung zwischen den Entmagnetisierspulen und dem Bauteil entlang zumindest einer Bewegungsachse durchführbar ist.

[0041] Die vorstehend beschriebene Weiterbildung ist nicht darauf beschränkt, auf welche Weise die Relativbewegung zwischen den drei Entmagnetisierspulen und dem Bauteil erzeugt wird. Vielmehr kann sich die Relativbewegung durch unterschiedliche Bewegungsanteile zwischen den Entmagnetisierspulen und dem Bauteil ergeben. Die Bewegungsachse ist eine gedachte Raumachse, entlang derer die Bewegung zwischen den Entmagnetisierspulen und dem Bauteil beschreibbar ist.

[0042] In einer ersten einfachen Ausführungsform sind die drei Entmagnetisierspulen beweglich gelagert, wobei eine Entmagnetisierspulenbewegung mit einer Entmagnetisierspulengeschwindigkeit einstellbar ist. Das Bauteil kann hierbei ruhend gelagert sein. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn das Bauteil ein hohes Gewicht oder große Abmessungen aufweist, aufgrund derer es nur mit hohem Aufwand bewegt werden kann. Sofern das Bauteil flächig und die Spulenebene mittels einer Translationsbewegung gegenüber dem Oberflächenbereich verlagert wird, verläuft die Bewegung der Entmagnetisierspulen entlang der Bewegungsachse.

[0043] In einer zweiten Ausführungsform sind die drei Entmagnetisierspulen ruhend gelagert. Das Bauteil ist gegenüber den drei Entmagnetisierspulen beweglich gelagert, wobei eine Bauteilbewegung mit einer Bauteilgeschwindigkeit einstellbar ist. Sofern das Bauteil mittels einer Translationsbewegung gegenüber den Entmagne-

tisierspulen verlagert wird, verläuft die Bewegung des Bauteils entlang der Bewegungsachse. Wenn es sich bei dem Bauteil um ein rotationssymmetrisches Bauteil mit einer Rotationsachse handelt, um welche es rotierbar ist, kann die Bewegungsachse tangential zu der Oberfläche des Bauteils verlaufen. Insbesondere kann es sich bei dem Bauteil um einen Wälzlagering oder ein scheibenförmiges Bauteil handeln.

[0044] Eine dritte Ausführungsform stellt eine Kombination der oben beschriebenen ersten und der zweiten Ausführungsform dar, wobei sowohl die Entmagnetisierspulen als auch das Bauteil parallel zu der Bewegungsachse bewegt werden, vorzugsweise gegenläufig.

[0045] Vorzugsweise ist die relative Orientierung der Entmagnetisierspulen abhängig von der Relativgeschwindigkeit gegenüber dem Bauteil und/oder von einer Wechselstromfrequenz eines der erzeugbaren Wechselströme einstellbar.

[0046] In einer vorteilhaften Weiterbildung sind die Entmagnetisierspulen, insbesondere die drei Entmagnetisierspulen, derart angeordnet, dass bei der Relativbewegung zumindest eine erste Seite des Vielecks in der Spulenebene parallel zu der Bewegungsachse orientiert ist.

[0047] Gemäß der vorstehend beschriebenen Weiterbildung lassen sich die Feldlinien des Magnetfeldes zumindest zeitweise entlang der Bewegungsachse ausrichten. Dies begünstigt die Entmagnetisierung des Bauteils in einer Richtung entlang der Bewegungsachse und ist besonders vorteilhaft, wenn die Wechselströme jeweils eine Frequenz im Bereich zwischen 5 Hz und 50 Hz, insbesondere 30 Hz, aufweisen. Denn durch die parallele Ausrichtung der ersten Seite zu der Bewegungsachse kann der Zeitraum vergrößert werden, in dem das Bauteil entlang der Bewegungsachse mit dem Magnetfeld durchsetzt werden kann.

[0048] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die Entmagnetisierspulen, insbesondere die drei Entmagnetisierspulen, derart angeordnet, dass bei der Relativbewegung zumindest eine zweite Seite des Vielecks in der Spulenebene orthogonal zu der Bewegungsachse orientiert ist.

[0049] Gemäß der vorstehend beschriebenen Weiterbildung können die Entmagnetisierspulen derart angeordnet sein, dass die zweite Seite des Dreiecks quer zu der Bewegungsachse der Entmagnetisierspulen und/oder des Bauteils ausgerichtet ist. Insbesondere ergibt sich dadurch, dass die Feldlinien des Magnetfeldes zumindest zeitweise quer zu der Bewegungsachse der Entmagnetisierspulen und/oder des Bauteils ausgerichtet ist. Dies begünstigt die Entmagnetisierung des Bauteils quer zu der Bewegungsachse der Entmagnetisierspulen und/oder des Bauteils.

[0050] Die Weiterbildung, bei der die zweite Seite orthogonal zu der Bewegungsachse orientiert ist, kann alternativ oder zusätzlich zu einer Weiterbildung vorgesehen sein, bei der die erste Seite parallel zu der Bewegungsachse orientiert ist.

[0051] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind die drei Entmagnetisierspulen, insbesondere die drei Entmagnetisierspulen, derart angeordnet, dass bei der Relativbewegung zumindest eine dritte Seite des Vielecks in der Spulenebene in einem spitzen Winkel zu der Bewegungsachse orientiert ist.

[0052] Gemäß der vorstehend beschriebenen Weiterbildung können die drei Entmagnetisierspulen derart angeordnet sein, dass die dritte Seite des Dreiecks in einem Winkel zwischen 0 und 90° zu der Bewegungsachse der Entmagnetisierspulen und/oder des Bauteils ausgerichtet ist. Insbesondere ergibt sich dadurch, dass die Feldlinien des Magnetfeldes zumindest zeitweise in einem entsprechenden Winkel zu der Bewegungsachse der Entmagnetisierspulen und/oder des Bauteils ausgerichtet ist. Dies kann die Entmagnetisierung des Bauteils ebenfalls begünstigen.

[0053] Die Weiterbildung, bei der die dritte Seite in einem spitzen Winkel zu der Bewegungsachse der Entmagnetisierspulen und/oder des Bauteils ausgerichtet ist, kann alternativ oder zusätzlich zu einer Weiterbildung vorgesehen sein, bei der die erste Seite parallel zu der Bewegungsachse orientiert ist und/oder bei der die zweite Seite orthogonal zu der Bewegungsachse orientiert ist.

[0054] In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst die Vorrichtung zumindest sechs Entmagnetisierspulen, welche in zwei Spulenebenen angeordnet sind, die parallel zueinander beabstandet sind. Hierbei sind drei der sechs Entmagnetisierspulen jeweils an einem Eckpunkt eines ersten Vielecks angeordnet, welches sich in einer ersten Spulenebene erstreckt. Drei andere der sechs Entmagnetisierspulen sind jeweils an einem Eckpunkt eines zweiten Vielecks angeordnet, welches sich in einer zweiten Spulenebene erstreckt.

[0055] Ein Vorteil der vorstehend beschriebenen Weiterbildung besteht darin, dass Bauteile mit vergleichsweise großen Abmessungen entmagnetisierbar sind, indem diese zumindest bereichsweise zwischen den zwei Spulenebenen angeordnet werden. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Abmessungen des Bauteils derart groß sind, dass der Wechselwirkungsbereich des erzeugbaren Magnetfeldes das Bauteil nicht im gewünschten Maße durchdringen kann. Auch bei Bauteilen mit vergleichsweise kleinen Abmessungen kann die Anordnung von Entmagnetisierspulen in zwei Spulenebenen vorteilhaft sein, zum Beispiel, wenn ein zylindrisches Bauteil an seinen Stirnseiten nur oberflächlich entmagnetisiert werden soll, sodass die Entmagnetisierspulen mit Bezug auf die Ausbreitung des Magnetfeldes entsprechend klein dimensioniert werden können.

[0056] Vorzugsweise können zeitgleich zwei Magnetfelder erzeugt werden, welche zur Entmagnetisierung eines Bauteils verwendbar sind, wodurch die erforderliche Zeit für die Entmagnetisierung reduziert wird. Insbesondere können Wälzlagerinnge oder auch zylindrische Bauteile mit großen axialen Abmessungen stirnseitig entmagnetisiert werden.

[0057] Die zwei erzeugbaren Magnetfelder können

hinsichtlich ihrer örtlichen und zeitlichen Veränderlichkeit voneinander abhängig oder unabhängig sein. Es liegt im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, dass die mindestens sechs Entmagnetisierspulen mittels einer gemeinsamen Steuerungseinheit oder mehreren Steuerungseinheiten gesteuert werden können. Ferner liegt es im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, dass die Vorrichtung eine oder mehrere Stromquellen aufweist und/oder mit diesen verbunden werden kann.

[0058] In einer vorteilhaften Weiterbildung weisen die Entmagnetisierspulen jeweils eine Spulenachse auf, welche jeweils orthogonal zu der Spulenebene verlaufen.

[0059] Die vorstehend beschriebene Weiterbildung ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das zu entmagnetisierende Bauteil vergleichsweise große Abmessungen aufweist und die Anordnung aus Entmagnetisierspulen in die Nähe dieses Bereiches gebracht werden kann, um das Bauteil zu entmagnetisieren. In diesem Zusammenhang haben Untersuchungen der Anmelder gezeigt, dass eine besonders gute Entmagnetisierung dann erreichbar ist, wenn die Spulen mit ihren jeweiligen Spulenachsen in Richtung des zu entmagnetisierenden Bauteils gerichtet sind. Vorteilhafterweise ist die Vorrichtung dazu ausgebildet, in eine Relativbewegung gegenüber dem Bauteil gebracht zu werden, wobei die Entmagnetisierungsspulen und/oder das Bauteil bewegt werden können und insbesondere eine Scan-Bewegung zwischen den Entmagnetisierspulen und dem Bauteil möglich ist und gleichzeitig das Magnetfeld örtlich und zeitlich veränderlich ausgebildet wird.

[0060] In einer vorteilhaften Weiterbildung weisen die Entmagnetisierspulen jeweils eine Spulenachse auf, welche jeweils parallel zu der Spulenebene verlaufen.

[0061] Die vorstehend beschriebene Weiterbildung ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das zu entmagnetisierende Bauteil vergleichsweise kleine Abmessungen aufweist und insbesondere zwischen den Entmagnetisierspulen angeordnet werden kann, sodass die Spulenachsen in Richtung des zu entmagnetisierenden Bauteils weisen. Eine Relativbewegung zwischen den Entmagnetisierspulen und dem Bauteil kann derart realisierbar sein, dass das Bauteil orthogonal zu der Spulenebene verlagert wird und gleichzeitig das Magnetfeld örtlich und zeitlich veränderlich ausgebildet wird.

[0062] Wie oben erwähnt, wird die Aufgabe auch gelöst durch ein Verfahren zum Entmagnetisieren eines Bauteils. Erfindungsgemäß erfolgt die Entmagnetisierung mittels zumindest einer Entmagnetisierspule mit einem Wechselwirkungsbereich, in dem ein Magnetfeld erzeugt und das Bauteil angeordnet wird. Es ist wesentlich für das Verfahren, dass zumindest drei Entmagnetisierspulen bereitgestellt werden, welche in einer Spulenebene jeweils an einem Eckpunkt eines Vielecks angeordnet sind, und dass die Entmagnetisierspulen jeweils mit einem periodischen Wechselstrom beaufschlagt werden, wobei die Wechselströme in den Entmagnetisierungsspulen zueinander phasenverschoben sind und das Ma-

gnettfeld sich örtlich und zeitlich verändert und dass das Bauteil in dem Wechselwirkungsbereich mittels des Magnetfeldes entmagnetisiert wird.

[0063] Es ist ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass die Erzeugung des örtlich veränderlichen Magnetfeldes eine gute Entmagnetisierung des Bauteils ermöglicht. Wie bereits in Bezug auf die erfindungsgemäße Vorrichtung ausgeführt ist, können insbesondere ferromagnetische Bauteile Bauteilbereiche aufweisen in denen die magnetische Vorzugsrichtung unterschiedlich orientiert sein kann. Mittels der Erzeugung des örtlich und zeitlich veränderlichen Magnetfeldes kann dieses während der Durchführung des erfindungsgemäßen zeitlich versetzt gegenüber mehreren Weiss'schen Bezirken jeweils als Gegenfeld ausgebildet werden. Dadurch können die Weiss'schen Bezirke weitestgehend regellos ausgerichtet werden, wobei insbesondere hartmagnetische Bauteile zuverlässig entmagnetisierbar sind oder eine gewünschte magnetische Eigenschaft einstellbar ist.

[0064] Bevorzugt ist das Verfahren mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung oder einer vorteilhaften Weiterbildung davon durchführbar. Daher gelten hinsichtlich des erfindungsgemäßen Verfahrens die Ausführungen bezüglich der erfindungsgemäßen Vorrichtung oder einer ihrer vorteilhaften Weiterbildungen entsprechend.

[0065] In einer vorteilhaften Weiterbildung werden die Entmagnetisierspulen und das Bauteil zur Entmagnetisierung zueinander versetzt, wobei bevorzugt entlang einer Bewegungsachse eine Relativgeschwindigkeit bis zu 300 mm/s eingestellt wird.

[0066] Die vorstehend beschriebene Weiterbildung des Verfahrens ist nicht darauf beschränkt, auf welche Weise die Relativbewegung zwischen den drei Entmagnetisierspulen und dem Bauteil erzeugt wird. Vielmehr kann sich die Relativbewegung durch unterschiedliche Bewegungsanteile der Entmagnetisierspulen und des Bauteils ergeben. Die Bewegungsachse ist eine Achse, entlang derer die Relativbewegung zwischen den Entmagnetisierspulen und dem Bauteil beschreibbar ist. Insbesondere können eine Entmagnetisierspulengeschwindigkeit und eine Bauteilgeschwindigkeit zumindest anteilig auf die Bewegungsachse projizierbar sein, wodurch sich die resultierende Relativgeschwindigkeit beschreiben lässt.

[0067] Es liegt im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, dass die Relativbewegung durch eine Verlagerung der Entmagnetisierspulen gegenüber einem ruhenden Bauteil erfolgt oder umgekehrt. Ferner liegt es im Rahmen der vorteilhaften Weiterbildung, dass die Entmagnetisierspulen und das Bauteil entlang der Bewegungsachse entgegengesetzt zueinander bewegt werden.

[0068] Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Relativgeschwindigkeit von 200 mm/s eine gute Entmagnetisierung des Bauteils ermöglicht, sodass auch großflächige Bauteile in kurzer Zeit entmagnetisiert werden können.

[0069] In einer vorteilhaften Weiterbildung werden die

Wechselströme in den Entmagnetisierspulen jeweils mit einer Frequenz zwischen 5 Hz und 50 Hz, insbesondere 30 Hz, eingestellt und das Bauteil zur Entmagnetisierung gegenüber zumindest einer der Entmagnetisierspulen in einen Abstand von 5 mm gebracht.

[0070] Untersuchungen haben gezeigt, dass bei der Frequenz zwischen 5 Hz und 50 Hz, insbesondere 30 Hz, und dem Abstand von 5 mm, eine hinreichende Eindringtiefe des Magnetfeldes in dem Oberflächenbereich gängiger Bauteile erreichbar ist, um diese zu entmagnetisieren.

[0071] In einer vorteilhaften Weiterbildung werden die Stromstärken der Wechselströme nach dem Entmagnetisieren des Bauteils jeweils kontinuierlich von einer ersten Amplitude auf eine zweite Amplitude reduziert. Vorzugsweise liegt die erste Amplitude im Bereich zwischen 10 Ampere und 100 Ampere und die zweite Amplitude null Ampere. In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das Bauteil rotationssymmetrisch, insbesondere als rotationssymmetrischer Wälzlagering, mit einem Außendurchmesser von mindestens 1 m ausgestaltet. Die Relativbewegung umfasst zumindest eine Rotationsbewegung des Bauteils, wobei die Bewegungsachse tangential zu einer Bauteiloberfläche verläuft.

[0072] Ein Vorteil der vorstehend beschriebenen Weiterbildung besteht darin, dass die Entmagnetisierung des Bauteils trotz eines Außendurchmessers von mindestens 1 m auf einfache Weise möglich ist. Dafür können die Entmagnetisierspulen in der Anordnung als Vieleck raumfest oder beweglich gegenüber dem Bauteil positioniert werden und das Bauteil in einem umlaufenden Oberflächenbereich von dem erzeugten Magnetfeld durchdrungen werden. Hierbei kann eine Vorrichtung mit Entmagnetisierspulen verwendet werden, deren Abmessungen unabhängig von den Abmessungen des Bauteils sind. In einer Ausführungsform, in der das Bauteil ein Wälzlagering ist, kann der Oberflächenbereich, in dem das Bauteil entmagnetisiert wird, an einer äußeren Mantelfläche oder an einer inneren Mantelfläche oder an einer Stirnseite des Wälzlageringes vorliegen.

[0073] Vorzugsweise ist das Bauteil rotationssymmetrisch mit einem Außendurchmesser von weniger als 6,0 m, insbesondere weniger als 1,0 m ausgestaltet, insbesondere weniger als 0,5 m, vorzugsweise weniger als 0,1 m, höchst vorzugsweise weniger als 0,01 m. Das Bauteil weist eine Erstreckungsachse auf, welche sich orthogonal zu mindestens einer der Spulenachsen erstreckt und insbesondere wobei die Entmagnetisierspulen an einer Außenumfangsseite des Bauteils angeordnet sind.

[0074] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Vorrichtung und des Verfahrens sind der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren zu entnehmen.

[0075] Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung mit drei Entmagnetisierspulen zur Ent-

- magnetisierung eines Wälzlageringringes;
- Figur 2 die Vorrichtung bei Erzeugung eines räumlich veränderlichen Magnetfeldes zu verschiedenen Zeitpunkten in den Ansichten a), b) und c);
- Figur 3 den zeitlichen Verlauf dreier Wechselströme in den Entmagnetisierspulen der Vorrichtung;
- Figur 4 zwei mögliche Anordnungen der Entmagnetisierspulen in einer Spulenebene in den Ansichten a) und b);
- Figur 5 eine schematische Darstellung einer anderen Vorrichtung mit sechs Entmagnetisierspulen zur Entmagnetisierung eines Wälzlageringringes;
- Figur 6 eine schematische Darstellung einer anderen Vorrichtung mit drei Entmagnetisierspulen zur Entmagnetisierung eines Wälzlageringringes.

[0076] Figur 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zur Entmagnetisierung eines rotationssymmetrischen Bauteils 2, welches im vorliegenden Fall ein Wälzlagering ist. Infolge unterschiedlicher Fertigungsprozesse, mittels derer das Bauteil 2 hergestellt wurde, weist dieses magnetische Eigenschaften auf, die aus verschiedenen Gründen unerwünscht sind. Insbesondere erschweren die magnetischen Eigenschaften die Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren, wie der Wirbelstromprüfung. Daher besteht ein Bedarf danach, das Bauteil 2 zu entmagnetisieren bevor es geprüft, weiterverarbeitet und in einer Baugruppe montiert wird.

[0077] Eine Herausforderung bei der Entmagnetisierung besteht darin, dass das Bauteil 2 eine Mehrzahl von Bauteilbereichen aufweisen kann, in denen die magnetische Vorzugsrichtung unterschiedlich orientiert sein kann. Um diese Bauteilbereiche zu entmagnetisieren, ist es mittels der Vorrichtung 1 möglich, ein räumlich veränderliches Magnetfeld 9 (vgl. Figur 2) zu erzeugen, welches während der Dauer des Entmagnetisiervorganges zeitversetzt gegenüber mehreren Weiß'schen Bezirken als Gegenfeld ausgebildet werden kann. Dadurch können die magnetischen Vorzugsrichtungen weitestgehend regellos ausgerichtet werden, wodurch es möglich ist, auch hartmagnetische Bauteile zuverlässig zu entmagnetisieren. Wahlweise kann anstelle einer Entmagnetisierung auf die gleiche Weise eine gewünschte magnetische Eigenschaft des Bauteils 2 eingestellt werden.

[0078] Die Vorrichtung 1 umfasst in dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel drei elektrische Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 sowie eine Stromquelle 6, die als Stromrichter ausgebildet ist, der gemäß Figur 1 mit einer elektrischen Energiequelle 7 verbunden ist. Die Entmagnetisierspulen 3, 4 und 5 sind in einer gemeinsamen Spulenebene 8 jeweils an einem Eckpunkt eines Dreiecks angeordnet. Der Stromrichter ist im vorliegenden

Fall als Drei-Phasen-Wechselrichter ausgebildet, und dient dazu, die Entmagnetisierspulen 3, 4 und 5 jeweils mit einem Wechselstrom I1 bzw. I2 bzw. I3 zu beaufschlagen. Die Wechselströme I1, I2 und I3 weisen, wie anhand von Figur 3 gezeigt ist, eine zeitabhängige, sinusförmig verlaufende Stromstärke auf, und sind zueinander um 120° phasenverschoben.

[0079] Durch Beaufschlagung der Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 mit den Wechselströmen I1 bzw. I2 bzw. I3 entsteht ein sich zeitlich und räumlich veränderndes Magnetfeld 9 (vgl. Figur 2), dessen Feldlinien 15 (vgl. Figur 2) zumindest teilweise parallel zu der Spulenebene 8 verlaufen. Das Magnetfeld 9 durchdringt das Bauteil 2 in einem Oberflächenbereich, wodurch es sich entsprechend der obigen Ausführungen entmagnetisieren lässt.

[0080] Die Wechselströme I1, I2, I3 weisen jeweils eine Frequenz im Bereich zwischen 5 Hz und 50 Hz auf. Die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 sind gegenüber einer tangential verlaufenden Ebene an der Oberfläche des Bauteils 2 in einem Abstand 10 von 5 mm angeordnet. Während der Dauer des Entmagnetisiervorganges befinden sich die Entmagnetisierspulen 3, 4 und 5 gegenüber dem Bauteil 2 in einer Relativbewegung, wobei die Entmagnetisierspulen 3, 4 und 5 ruhend gelagert sind und das Bauteil 3 um seine Rotationsachse 11 rotiert. Die Tangentialgeschwindigkeit 12 des Bauteils 2 entspricht in Bezug auf eine Achse 13 der Relativgeschwindigkeit zwischen den Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 gegenüber dem Bauteil 2. Die Tangentialgeschwindigkeit 12 beträgt ca. 200 mm/s. Der Außendurchmesser 14 des Bauteils 2 beträgt etwa 1m.

[0081] Wie anhand von Figur 2 gezeigt ist, wird bei einer Beaufschlagung der Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 das Magnetfeld 9 erzeugt, dessen Feldlinien 15 zumindest teilweise parallel zu der Spulenebene verlaufen. Infolge einer Phasenverschiebung zwischen den Wechselströmen I1, I2, I3 (vgl. Figur 3) verändert sich sowohl die räumliche Lage des Magnetfeldes 9 als auch die Ausrichtung seiner Feldlinien 15. Dies ist in den Ansichten a), b) und c) der Figur 2 gezeigt. Demnach richten sich die Feldlinien 15 des Magnetfeldes 9 in Abhängigkeit der Phasenlage der Wechselströme I1, I2, I3 zeitlich aufeinanderfolgend entlang einer der Seiten des Dreiecks aus, in welchem die Entmagnetisierspulen 3, 4 und 5 angeordnet sind. Infolge einer derartigen räumlichen Veränderung des Magnetfeldes 9 ist es auf zuverlässige Weise möglich, das Bauteil 2 (vgl. Figur 1) in verschiedenen Raumrichtungen zu entmagnetisieren.

[0082] In den Ansichten a) und b) der Figur 4 sind zwei alternative Anordnungen der Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 in der Spulenebene 8 gegenüber der Bewegungsachse 13 gezeigt, die für die Vorrichtung 1 gemäß Figur 1 verwendbar sind. Gemäß Ansicht a) der Figur 4 sind die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 derart angeordnet, dass eine erste Seite 16 Dreiecks, in welchem die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 angeordnet sind, parallel zu der Bewegungsachse 13 gerichtet ist. Eine zweite Seite 17 ist orthogonal zu der Bewegungsachse 13 gerichtet. Eine drit-

te Seite 18 ist in einem spitzen Winkel gegenüber der Bewegungsachse 13 orientiert.

[0083] Gemäß Ansicht b) der Figur 4 sind die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 derart angeordnet, dass eine erste Seite 16 Dreiecks, in welchem die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 angeordnet sind, parallel zu der Bewegungsachse 13 gerichtet ist. Die zwei anderen Seiten 18, 18' sind jeweils in einem spitzen Winkel gegenüber der Bewegungsachse 13 orientiert.

[0084] Figur 5 zeigt eine andere Vorrichtung 1 mit insgesamt sechs Entmagnetisierspulen 3, 4, 5, 3', 4', 5' von denen drei Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 an den Eckpunkten eines Dreiecks angeordnet sind, welches sich in einer ersten Spulenebene 8 erstreckt und drei andere Entmagnetisierspulen 3', 4', 5' ebenfalls an den Eckpunkten eines Dreiecks angeordnet sind, das sich jedoch in einer zweiten Spulenebene 8' erstreckt. Die Spulenebenen 8 und 8' sind im wesentlichen planparallel zueinander beabstandet und hierbei jeweils in einem Abstand 10 bzw. 10' von der Oberfläche des Bauteils 2 entfernt sind, welches entmagnetisiert werden soll.

[0085] Die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 sind mit ihren Stirnseiten, welche in der Spulenebene 8 liegen, jeweils in dem Abstand 10 bzw. 10' von der Stirnseite eines zu entmagnetisierenden Bauteils 2 angeordnet. Bei dem Bauteil 2 handelt es sich um einen Hohlzylinder der Höhe D. Die Abstände 10, 10' sind jeweils derart gewählt, dass die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 bzw. 3', 4', 5' zwei Magnetfelder ausbilden können, in deren Wechselwirkungsbereichen das Bauteil 2 sich befindet und welche sich räumlich und zeitlich verändern. Für die Art und Weise, wie sich das jeweils erzeugte Magnetfeld verlagert sei auf die Ausführungen zu den Figuren 1 bis 4 verwiesen.

[0086] Die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5, 3', 4', 5' sind im Wesentlichen zylindrisch ausgebildet und weisen jeweils eine Spulenachse 3a bzw. 4a bzw. 5a bzw. 3a', 4a', 5a' auf, welche jeweils orthogonal zu den Spulenebenen 8, 8' verlaufen. In hier nicht näher gezeigter Weise können die Entmagnetisierspulen im Querschnitt auch dreieckig ausgebildet sein oder umfangsseitig zumindest abschnittsweise kreisförmige Bogensegmente umfassen.

[0087] Die Vorrichtung 1 umfasst ferner zwei Stromquellen 7, 7', welche mit den Steuereinheiten 6 bzw. 6' verbunden sind. Die Steuereinheit 6 und die Stromquelle 7 dienen, entsprechend den Ausführungen zu Figur 1, dazu, die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 jeweils mit einem periodischen Wechselstrom I1 bzw. I2 bzw. I3 zu beaufschlagen, um das räumlich und zeitlich veränderliche Magnetfeld zu erzeugen. Entsprechend dazu, dienen die Steuereinheit 6' und die Stromquelle 7' dazu, die Entmagnetisierspulen 3', 4', 5' jeweils mit einem periodischen Wechselstrom I1' bzw. I2' bzw. I3' zu beaufschlagen, um das zweite Magnetfeld ebenfalls mit räumlich und zeitlich veränderlich zu erzeugen. Alternativ können die sechs Entmagnetisierspulen 3, 4, 5, 3', 4', 5' auch nur mittels einer einzigen Steuereinheit 6 und einer Stromquelle 7 mit den Wechselströmen beaufschlagt sein.

[0088] Ein Vorteil der in Figur 5 gezeigten Vorrichtung besteht darin, dass die Abmessungen des Bauteils, insbesondere hinsichtlich der Höhe D vergleichsweise groß gewählt sein können. Die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5, 3', 4', 5' sowie die Steuereinheiten 6, 6' und die Stromquellen können hierbei derart dimensioniert sein, dass das Bauteil 2 an seinen Stirnseiten nur oberflächlich entmagnetisiert wird oder jedoch die Magnetfelder das gesamte Bauteil durchdringen. In hier nicht gezeigter Weise kann das Bauteil 2 in eine Rotationsbewegung um seine Hochachse versetzt sein, was für die zu erreichende Entmagnetisierung vorteilhaft sein kann.

[0089] Figur 6 zeigt eine weitere Vorrichtung 1, welche drei Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 aufweist, deren Spulenachsen 3a (nicht gezeigt), 4a, 5b in einer gemeinsamen Spulenebene 8 angeordnet sind. Die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 sind hierbei jeweils an einem Eckpunkt eines Vielecks angeordnet, welches sich ebenfalls in der Spulenebene 8 erstreckt.

[0090] Die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 umgeben ein zu entmagnetisierendes Bauteil, bei dem es sich in dem hier gezeigten Beispiel um einen Zylinder mit einer Haupterstreckungsachse handelt. Die Spulenachsen 3a, 4a, 5a sind dabei in Richtung des Bauteils 2 gewandt.

[0091] Entsprechend den Ausführungen zu Figur 1 sind die Entmagnetisierspulen 3, 4, 5 zusammenwirkend mit der Steuereinheit 6 und der Stromquelle 7 dazu vorgesehen ein Magnetfeld zu erzeugen, welches sich örtlich und zeitlich verändert. Insbesondere lässt sich auch bei einer derartigen Anordnung ein Bewegungsfeld erzeugen, das sich im Wesentlichen entsprechen den Ausführungen zu Figur 2 ausbilden lässt. Dadurch lässt sich das Bauteil 2 entmagnetisieren. Bedarfsweise kann das Bauteil entlang seiner Haupterstreckungsachse relativ zu den Entmagnetisierspulen 3, 4, 5, 3', 4', 5' bewegt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Entmagnetisierung eines Bauteils (2), umfassend mindestens eine Entmagnetisierspule (3, 4, 5, 3', 4', 5') und eine Stromquelle (6, 7), die zusammenwirkend angeordnet und ausgebildet sind, um in einem Wechselwirkungsbereich der Entmagnetisierspule (3, 4, 5, 3', 4', 5') ein Magnetfeld (9) auszubilden,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Vorrichtung (1) zumindest drei Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') umfasst, welche in einer gemeinsamen Spulenebene (8) jeweils an einem Eckpunkt eines Vielecks angeordnet sind, und die Stromquelle dazu ausgebildet ist, um die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') jeweils mit einem periodischen Wechselstrom (I1, I2, I3, I1', I2', I3') zu beaufschlagen, wobei die Wechselströme (I1, I2, I3, I1', I2', I3') in den Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') zueinander phasenverschoben sind, um das

Magnetfeld (9) örtlich und zeitlich veränderlich auszubilden.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, bei der die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') des Vielecks derart angeordnet sind, dass das Magnetfeld (9) mit einer Mehrzahl an Feldlinien (15) ausbildbar ist, welche zumindest teilweise zwischen zwei benachbarten Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') und im Wesentlichen parallel zu der Spulenebene (8) verlaufen. 5 10
3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 2, bei der die Stromquelle (6, 7) insbesondere in Zusammenwirkung mit einer Steuereinheit dazu ausgestaltet ist, die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') jeweils derart mit Wechselstrom zu beaufschlagen, dass die Feldlinien (15) zumindest teilweise im Wesentlichen parallel zu mindestens einer Seite des Vielecks orientierbar sind, insbesondere zeitlich versetzt parallel zu jeder Seite des Vielecks orientierbar sind. 15 20
4. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit genau drei Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5'), wobei das Vieleck ein Dreieck ist. 25
5. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4, bei der die Stromquelle (6, 7) einen Stromrichter, insbesondere einen Drei-Phasen-Stromrichter, umfasst und die Wechselströme (I1, I2, I3, I1', I2', I3') in zumindest zwei der drei Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') um 120° zueinander phasenverschoben sind. 30
6. Vorrichtung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei der die Stromquelle (6, 7) insbesondere in Zusammenwirkung mit der Steuereinheit ausgebildet ist, um die Wechselströme (I1, I2, I3, I1', I2', I3') jeweils mit einer Frequenz zwischen 5 Hz und 50 Hz einzustellen. 35 40
7. Vorrichtung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei der die Stromquelle (6, 7) insbesondere in Zusammenwirkung mit der Steuereinheit ausgebildet ist, um die Stromstärken der Wechselströme (I1, I2, I3, I1', I2', I3') jeweils kontinuierlich von einer ersten Amplitude auf eine zweite Amplitude zu ändern, wobei die zweite Amplitude betragsmäßig kleiner ist als die erste Amplitude, vorzugsweise wobei die zweite Amplitude null Ampere beträgt. 45 50
8. Vorrichtung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche, bei der die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') derart gelagert sind, dass die Entmagnetisierung des Bauteils (2) bei einer Relativbewegung zwischen den Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') und dem

Bauteil (2) entlang einer Bewegungsachse (13) durchführbar ist.

9. Vorrichtung (1) zumindest nach Anspruch 8, bei der die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5'), insbesondere die drei Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5'), derart angeordnet sind, dass bei der Relativbewegung zumindest eine erste Seite (16) des Vielecks in der Spulenebene (8) parallel zu der Bewegungsachse (13) orientiert ist.
10. Vorrichtung (1) zumindest nach Anspruch 8, bei der die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5'), insbesondere die drei Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5'), derart angeordnet sind, dass bei der Relativbewegung zumindest eine zweite Seite (17) des Vielecks in der Spulenebene (8) orthogonal zu der Bewegungsachse (13) orientiert ist.
11. Vorrichtung (1) zumindest nach Anspruch 8, bei der die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5'), insbesondere die drei Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5'), derart angeordnet sind, dass bei der Relativbewegung zumindest eine dritte Seite (18, 18') des Vielecks in der Spulenebene (8) in einem spitzen Winkel zu der Bewegungsachse (13) orientiert ist.
12. Vorrichtung (1) zumindest nach Anspruch 1, bei der die Vorrichtung (1) zumindest sechs Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') umfasst, welche in zwei Spulenebenen (8, 8') angeordnet sind, wobei drei der sechs Entmagnetisierspulen jeweils an einem Eckpunkt eines ersten Vielecks angeordnet sind, welches sich in einer ersten Spulenebene (8) erstreckt und wobei drei andere der sechs Entmagnetisierspulen (3', 4', 5') jeweils an einem Eckpunkt eines zweiten Vielecks angeordnet sind, welches sich in einer zweiten Spulenebene (8') erstreckt.
13. Vorrichtung (1) zumindest nach Anspruch 1, bei der die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 5', 6') jeweils eine Spulenachse (3a, 4a, 5a) aufweisen und die Spulenachsen (3a, 4a, 5a, 3a', 4a', 5a') jeweils orthogonal zu der Spulenebene (8, 8') verlaufen.
14. Vorrichtung (1) zumindest nach Anspruch 1, bei der die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') jeweils eine Spulenachse aufweisen und die Spulenachsen (3a, 4a, 5a, 3a', 4a', 5a') jeweils parallel zu der Spulenebene (8, 8') verlaufen.
15. Verfahren zum Entmagnetisieren eines Bauteils (2), mittels zumindest einer Entmagnetisierspule (3, 4, 5, 3', 4', 5') mit einem Wechselwirkungsbereich, in dem ein Magnetfeld (9) erzeugt wird und in dem das Bauteil (2) angeordnet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**

zumindest drei Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') bereitgestellt werden, welche in einer Spulenebene (8) jeweils an einem Eckpunkt eines Vielecks angeordnet sind, und dass die Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') jeweils mit einem periodischen Wechselstrom (I1, I2, I3, I1', I2', I3') beaufschlagt werden, wobei die Wechselströme (I1, I2, I3, I1', I2', I3') in den Entmagnetisierspulen (3, 4, 5, 3', 4', 5') zueinander phasenverschoben sind und das Magnetfeld (9) sich örtlich und zeitlich verändert und dass das Bauteil in dem Wechselwirkungsbereich mittels des Magnetfeldes (9) entmagnetisiert wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

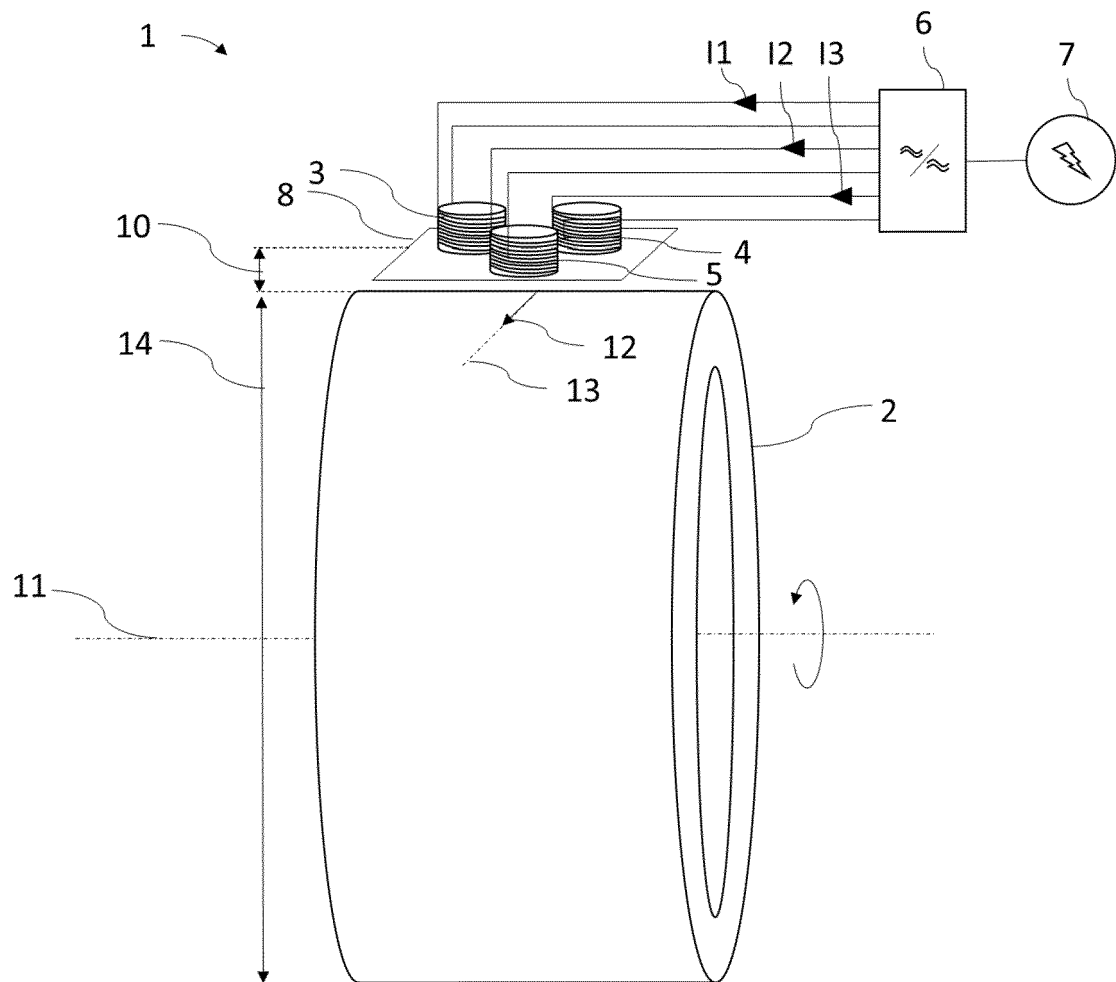


Fig. 1

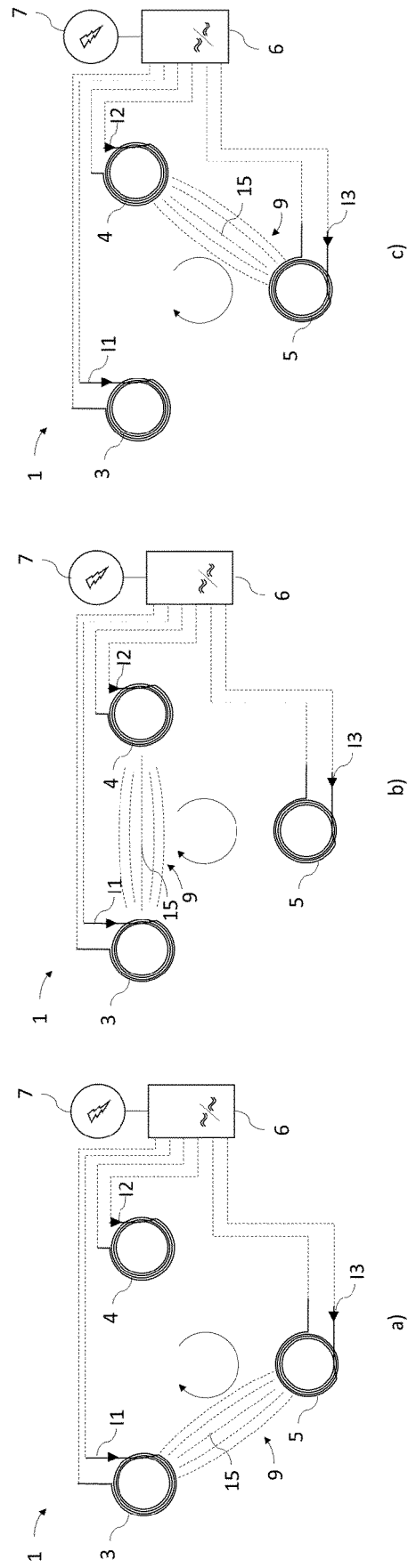


Fig. 2

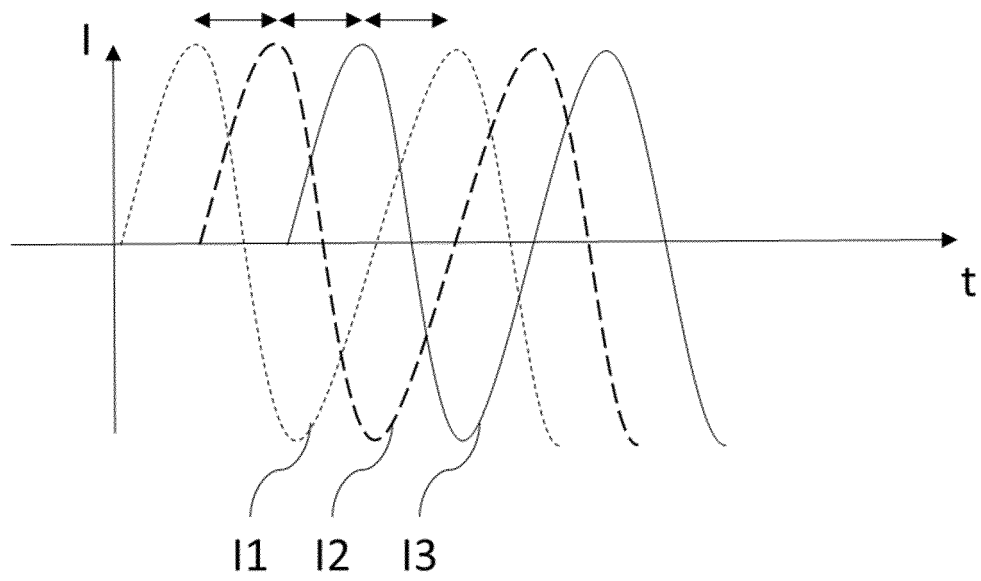


Fig. 3

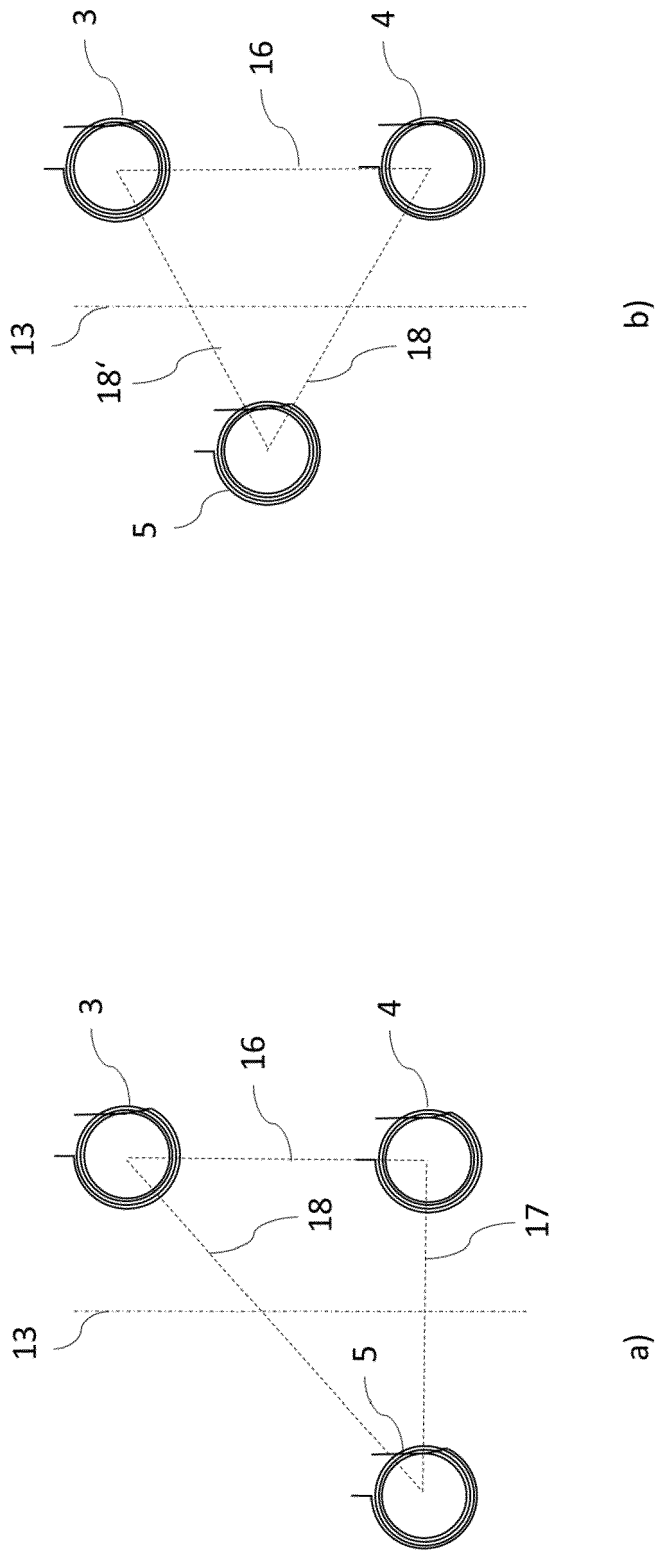


Fig. 4

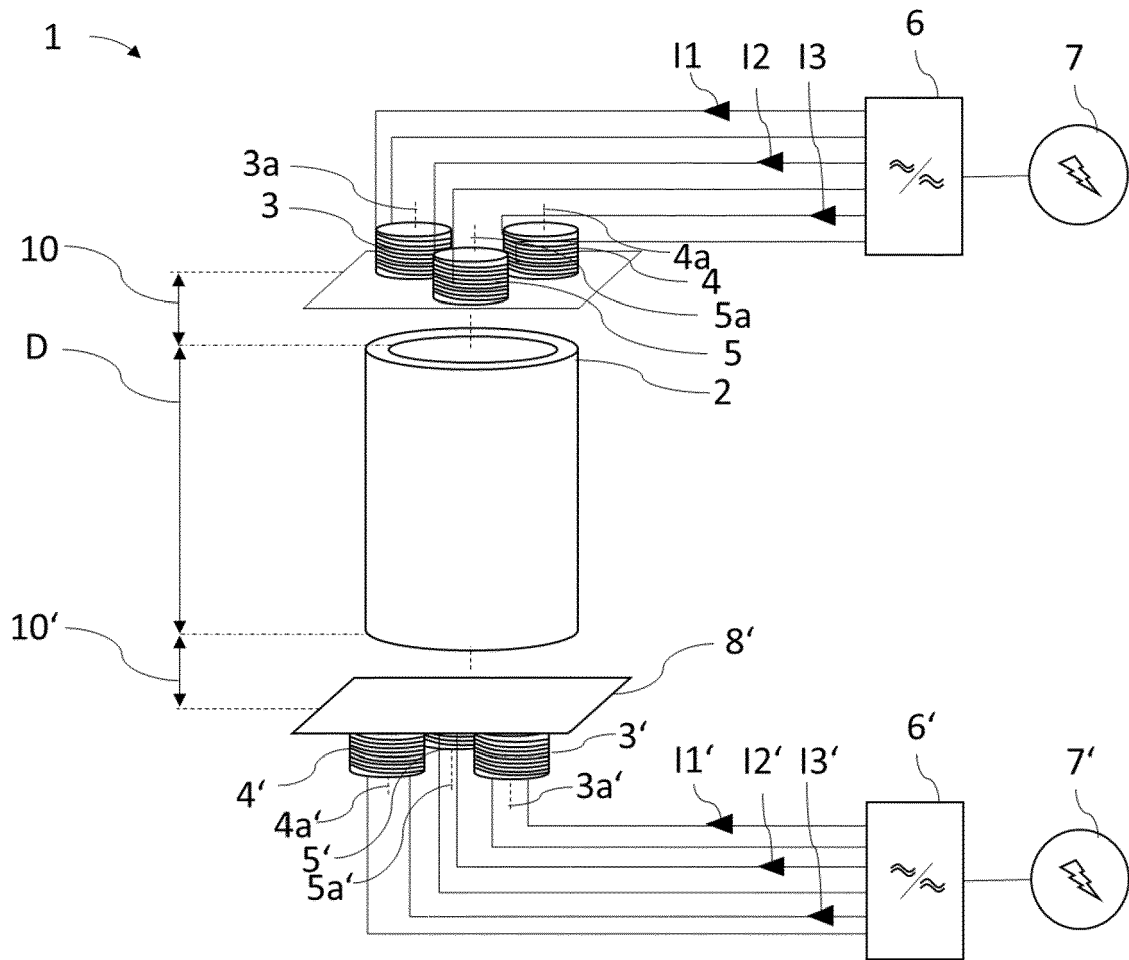


Fig. 5

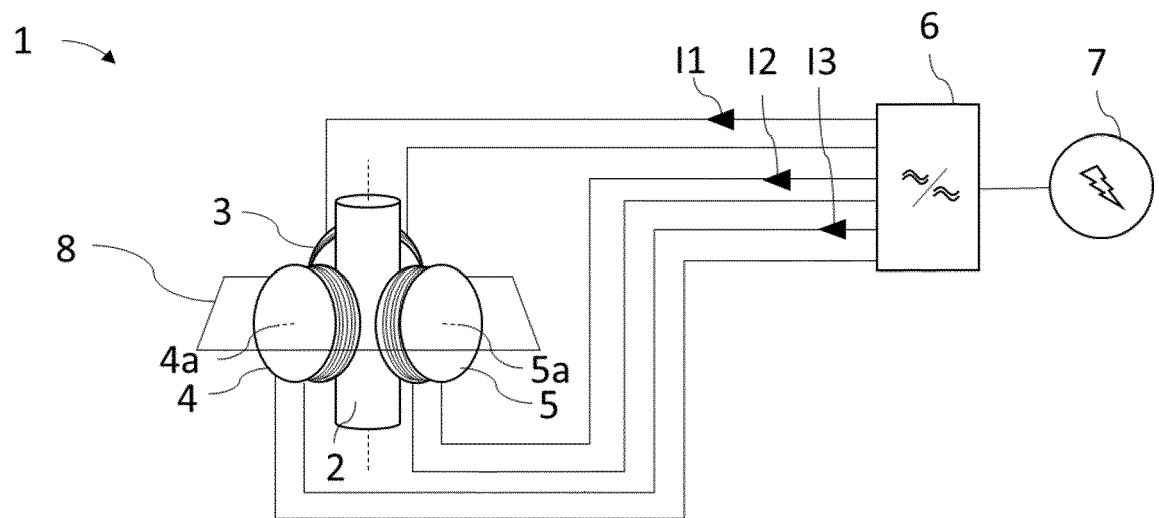


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 20 9974

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	GB 579 911 A (EQUIPMENT AND ENGINEERING COMP; HENRY BEVAN SWIFT) 20. August 1946 (1946-08-20) * Abbildungen 1,2 * * Seite 2, Zeilen 76-117 * -----	1,4,13,15	INV. H01F13/00
X	DE 41 29 456 A1 (BUNDESREP DEUTSCHLAND [DE]) 11. März 1993 (1993-03-11) * Zusammenfassung *; Abbildungen 1,2 * * Spalte 1, Zeile 37 - Spalte 2, Zeile 17 * -----	1-5,7,14,15 9,11,12	
A			
X	DE 36 25 621 A1 (VALLON GMBH [DE]) 11. Februar 1988 (1988-02-11) * Zusammenfassung * * * Abbildungen 1,2 * * Spalte 2, Zeile 45 - Spalte 3, Zeile 44 * * * Spalte 2, Zeilen 21-27 * -----	1-3,6-8,10,14,15 9,11,12	
A			
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. März 2024	Prüfer Reder, Michael
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			

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

EP 23 20 9974

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

26-03-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	GB 579911	A	20-08-1946	KEINE

15	DE 4129456	A1	11-03-1993	KEINE

	DE 3625621	A1	11-02-1988	KEINE

20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

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

- DE 102017109149 A1 [0004]