

(19)



(11)

EP 3 363 263 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.03.2021 Patentblatt 2021/09

(51) Int Cl.:
H05B 6/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16766293.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/071773

(22) Anmeldetag: **15.09.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/063811 (20.04.2017 Gazette 2017/16)

(54) **INDUKTIONSOFFEN, STRANGPRESSANLAGE UND VERFAHREN**

INDUCTIVE OVEN, EXTRUDING DEVICE AND METHODE

FOUR A INDUCTION, MACHINE A EXTRUDER ET METHODE

(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

(30) Priorität: **13.10.2015 DE 102015219831**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.08.2018 Patentblatt 2018/34

(73) Patentinhaber:
• **Forschungszentrum Jülich GmbH**
52428 Jülich (DE)
• **Bültmann GmbH**
58809 Neuenrade (DE)

(72) Erfinder:
• **SOLTNER, Helmut**
52459 Inden (DE)
• **BLÜMLER, Peter**
55263 Wackernheim (DE)
• **GLÜCKLER, Harald**
52428 Jülich (DE)
• **WITTE, Werner**
59425 Unna (DE)

(74) Vertreter: **Gille Hrabal**
Brucknerstrasse 20
40593 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2013/128241 US-A- 3 272 956
US-A1- 2010 147 833

EP 3 363 263 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

[0001] Die Erfindung betrifft einen Induktionsofen für ein Erhitzen eines aus Metall bestehenden Werkstücks insbesondere auf Temperaturen zwischen 400°C und 1100°C für industrielle Anwendungen. Die Erfindung betrifft ferner eine Strangpressanlage umfassend einen Induktionsofen sowie ein Verfahren für ein Erhitzen eines Werkstücks in einem Induktionsofen.

[0002] Bei einem Induktionsofen wird mit Hilfe eines magnetischen Feldes, das sich relativ zu dem aus Metall bestehenden Werkstück ändert, ein Wirbelstrom erzeugt. Dadurch wird das Werkstück erhitzt.

[0003] Mit geringem technischem Aufwand können sich ändernde Magnetfelder mithilfe einer Spule erzeugt werden. Eine Spule kann mit geringem technischem Aufwand an gewünschte geometrische Anforderungen angepasst werden. Spulen weisen ein relativ geringes Gewicht und einen relativ geringen Bauraum auf. Übliche Induktionsöfen umfassen daher Spulen zur Erzeugung von magnetischen Wechselfeldern.

[0004] Aus der DE 39 10 777 A1 ist eine Einrichtung mit einem Tiegel für ein Schmelzen von Stoffen bekannt. Ein sich änderndes magnetisches Feld wird mithilfe einer Spule erzeugt. Daneben werden Permanentmagnete zur Erzeugung eines magnetischen Gleichfeldes eingesetzt, mit dem u. a. eine Schmelzströmung beruhigt werden soll. Mithilfe eines linearen Antriebs kann Schmelzgut in die Einrichtung hinein und aus dieser heraus transportiert werden.

[0005] Um elektrische Leistungsverluste bei solchen Induktionsöfen zu vermeiden, können Spulen aus supraleitendem Material eingesetzt werden. Der dann zu betreibende technische Aufwand ist allerdings sehr hoch, sodass sich derartige Induktionsöfen in der Praxis nicht durchgesetzt haben.

[0006] Aus der Druckschrift WO 2013/128241 A1 ist eine Vorrichtung zum induktiven Erwärmen eines metallischen Werkstücks bekannt. Die Vorrichtung umfasst einen rohrförmigen Körper, der eine Vielzahl von Permanentmagneten trägt, die innerhalb des rohrförmigen Körpers angeordnet sind. Das Werkstück wird innerhalb des rohrförmigen Körpers angeordnet. Ein Motor dreht den rohrförmigen Körper in Bezug auf das Werkstück, um das Werkstück zu erwärmen. Eine Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zum induktiven Erwärmen eines Werkstücks wird in der Druckschrift US 2010/0147833 A1 offenbart. Eine erste magnetische Einheit wird um ein metallisches Werkstück gedreht, wobei eine supraleitende Spule verwendet wird.

[0007] Ein Erhitzen mithilfe von Magneten wird außerdem in der US 3,272,956 beschrieben.

[0008] Es ist Aufgabe der Erfindung, mit geringem Energieaufwand ein Werkstück insbesondere für ein Umformen erhitzen zu können.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung wird durch den Gegenstand des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Nebenanspruchs gelöst. Vorteilhafte

Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0010] Der Induktionsofen umfasst zur Lösung der Aufgabe eine Mehrzahl von Permanentmagneten zur Erzeugung eines Magnetfeldes in einem Innenraum. Es gibt eine Halteeinrichtung, durch welche ein Werkstück in dem Innenraum für ein Erhitzen gehalten werden kann. Es ist ein Antrieb vorzugsweise mit einer regelbaren Drehzahl zur Erzeugung einer Relativbewegung zwischen der Halteeinrichtung und den Permanentmagneten vorhanden.

[0011] Durch die Permanentmagnete wird ein magnetisches Feld bereitgestellt, ohne dafür elektrische Energie aufwenden zu müssen. Durch den Antrieb wird aufgrund der damit erzeugten Relativbewegung erreicht, dass sich das magnetische Feld im metallischen Werkstück ändert, welches erhitzt werden soll. Es wird so ein Wirbelstrom im metallischen Werkstück erzeugt, durch das das Werkstück erhitzt wird. Ist die Drehzahl des Antriebs regelbar, so kann durch eine Drehzahländerung der Erhitzungsprozess gesteuert werden.

[0012] Es ist eine Mehrzahl von Permanentmagneten vorhanden, um deren Magnetisierungsrichtungen unterschiedlich ausrichten zu können. Die unterschiedliche Ausrichtung ermöglicht es, im Innenraum ein besonders starkes Magnetfeld von zum Beispiel 0,5 bis 1 T bereitzustellen, welches es möglich macht, ein Werkstück auf Temperaturen oberhalb von 400°C zu erhitzen, ohne dafür eine übermäßig schnelle Relativbewegung zwischen den Permanentmagneten und dem Werkstück durchführen zu müssen.

[0013] Die für den Antrieb aufzuwendende Antriebsenergie, im Regelfall elektrische Energie für ein elektromotorisch aufgebrachtes Drehmoment, wird nahezu verlustfrei durch die resultierenden Wirbelströme im Werkstück in Wärmeenergie umgewandelt. Insgesamt kann so mit vergleichsweise geringer Energie ein metallisches Werkstück auf eine Umformtemperatur erhitzt werden, die ein Umformen wie Strangpressen ermöglicht.

[0014] Die für ein solches Umformen wie Strangpressen benötigten materialabhängigen Umformtemperaturen liegen in der Regel zwischen 400 °C und 1100 °C, die mit dem anspruchsgemäßen Induktionsofen erreicht werden können. Vor allem Nichteisenmetalle wie Aluminium, Kupfer oder Messing werden durch Strangpressen verarbeitet, etwa zu Aluminiumprofilen für Fenster oder zu Aluminium-Halbzeugen, zu Aluminium- oder Kupferrohren oder zu Kupfer- und Messingprofilen. Als Werkstück werden typischerweise "Bolzen" eingesetzt. Solche Bolzen aus Aluminium, Kupfer oder Messing haben meist Kreisquerschnitte mit Durchmessern von 100 bis 400 mm und Längen zwischen 250 und 1500 mm. Solche Werkstücke können auf die für eine Warmumformung erforderlichen Temperaturen gebracht werden, um diese anschließend z. B. durch Strangpressen umzuformen.

[0015] Die Halteeinrichtung wird bevorzugt durch eine Einspannvorrichtung realisiert. Ein zu erheizendes Werkstück wird in einer bevorzugten Ausführungsform zwi-

schen zwei Spannzylindern der Halteeinrichtung eingespannt und so bevorzugt allein durch Kraftschluss bzw. Reibschluss gehalten. Diese Ausführungsform ermöglicht es, die Haltevorrichtung einschließlich ihrer Spannzylinder außerhalb des Innenraums oder zumindest weitgehend außerhalb des Innenraums anzuordnen und damit außerhalb des darin vorhandenen starken Magnetfelds. Es wird so ein unerwünschtes Erhitzen der Halteeinrichtung durch in der Halteeinrichtung auftretende Wirbelströme infolge von Relativbewegungen vermieden oder zumindest gering gehalten.

[0016] In einer Ausgestaltung sind die Permanentmagnete von dem Innenraum thermisch abgeschirmt. Die Permanentmagnete weisen vorzugsweise einen relativ geringen Abstand zu dem zu erheizenden Werkstück auf, um mit geringem Energieaufwand hinreichend hoch erhitzen zu können. Um die Magnetisierung der Permanentmagnete durch das erhitze Werkstück nicht zu gefährden, ist die thermische Abschirmung vorgesehen, die ein im Induktionsofen befindliches Werkstück thermisch von den Permanentmagneten trennt.

[0017] Die thermische Abschirmung umfasst insbesondere eine polierte, an den Innenraum grenzende Oberfläche. Auf technisch besonders einfache Weise können so die Permanentmagnete vor Hitze geeignet geschützt werden. Zumindest trägt die polierte Oberfläche dazu bei, die Permanentmagnete hinreichend vor Hitze zu schützen. Die polierte Oberfläche besteht grundsätzlich aus Metall, so zum Beispiel aus Aluminium mit polierter Oberfläche oder einem Edelstahl mit polierter Oberfläche, die dem Innenraum zugewendet ist.

[0018] Vorzugsweise steht die thermische Abschirmung gegenüber Stirnseiten der Permanentmagnete hervor, um so weiter verbessert die Permanentmagnete vor einer Überhitzung zu schützen, ohne dafür technisch aufwendig aktiv kühlen zu müssen.

[0019] Der Induktionsofen umfasst vorzugsweise keine aktive, zum Beispiel elektrische Energie verbrauchende Kühlung, um so den technischen Aufwand sowie den Bauraum klein zu halten. Im Bedarfsfall kann aber dennoch vorgesehen sein, beispielsweise eine aktive Kühlung vorzusehen.

[0020] Die thermische Abschirmung umfasst in einer Ausgestaltung als thermisch abschirmendes Schild bzw. thermische Abschirmung eine Mehrzahl von Wänden, die vorzugsweise durch Abstandshalter voneinander räumlich getrennt sind. Eine jede Wand kann aus einem Blech bestehen, welche auf der zum Innenraum zugewendeten Seite vorzugsweise poliert ist. Als Schild können ein oder mehrere Hohlzylinder vorgesehen sein, die die Permanentmagnete vom Innenraum trennen. Aufgrund von Abstandshaltern verbleibt dann ein Spalt zwischen zwei Hohlzylindern. Zwischen zwei Hohlzylindern verbleibt dann ein mit Gas - so zum Beispiel mit Luft - gefüllter Zwischenraum. Permanentmagnete können so weiter verbessert vor der Hitze geschützt werden, die im Innenraum aufgrund der Erhitzung des Werkstoffs entsteht. Es gelingt, aus Metall bestehende Werkstücke auf

Temperaturen von 400 °C und mehr zu erhitzen, ohne dafür Permanentmagnete technisch aufwendig aktiv kühlen zu müssen.

[0021] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist eine Einrichtung vorgesehen, die während des Betriebs um den Innenraum herum gedreht wird und dadurch eine Gas- bzw. Luftströmung durch den Induktionsofen hindurch erzeugt. Insbesondere umfasst die Einrichtung Umlenkmittel, die durch eine Drehbewegung Luft so umzulenken vermögen, dass dadurch eine Gas- bzw. Luftströmung durch den Induktionsofen hindurch erzeugt wird. Hierdurch können Permanentmagnete geeignet vor einer Überhitzung geschützt werden.

[0022] In einer Ausgestaltung sind Wandbereiche des Schildes derart strukturiert, dass hierdurch ein Luft- oder Gastransport entlang des Schildes unterstützt wird, um so Wärme abzuführen. Insbesondere sind Stege, Finnen oder Rinnen vorhanden, die von einer Eintrittsöffnung in den Induktionsofen hinein zu einer Austrittsöffnung aus dem Induktionsofen heraus verlaufen oder zumindest so gerichtet sind, um so die angestrebte Luft- bzw. Gasströmung durch den Induktionsofen hindurch zu fördern. Die Stege, Finnen oder Rinnen verlaufen insbesondere relativ zur Drehachse der Permanentmagnete schräg und damit antiparallel zur Drehachse, um so den angestrebten Gas- bzw. Lufttransport im besonderen Maß zu fördern.

[0023] Die thermische Abschirmung kann vorzugsweise durch einen Antrieb bewegt werden und zwar insbesondere zusammen mit den Permanentmagneten. Vorzugsweise ist dafür nur ein Antrieb vorgesehen, um den technischen Aufwand zu minimieren. Hierdurch wird ein Austausch von Gas bzw. Luft entlang der Abschirmung und/oder im Inneren der Abschirmung gefördert und so die thermische Abschirmung weiter verbessert, ohne eine aktive Kühlung für Permanentmagnete einsetzen zu müssen.

[0024] In einer Ausgestaltung ist ein Antrieb vorgesehen, der eine Flügelanordnung so antreibt, dass dadurch eine Luftströmung angrenzend an den Innenraum sowie vorzugsweise entlang des Innenraums erzeugt wird und/oder durch den Induktionsofen hindurch. Permanentmagnete werden so weiter verbessert vor einer übermäßigen Erhitzung geschützt, ohne dafür aktiv kühlen zu müssen. Die Flügelanordnung wird vorzugsweise zusammen mit den Permanentmagneten durch nur einen Antrieb bewegt, um die Zahl der benötigten Antriebe und damit den technischen Aufwand zu minimieren. Flügel im Sinne der vorliegenden Erfindung umfassen Aufsätze auf Stirnseiten des Induktionsofens, die im Fall von Relativbewegungen eine Luftströmung in den Induktionsofen hinein und/ oder heraus bewirken.

[0025] Der jeweils genannte Antrieb ist insbesondere ein elektrischer Antrieb, der grundsätzlich einen Elektromotor umfasst. Die Drehzahl des Motors ist vorzugsweise regelbar. Es ist dann grundsätzlich eine Steuerung vorhanden, mit der die Drehzahl des Motors eingestellt und folglich auch verändert werden kann. Vorzugsweise

ist genau ein Antrieb vorhanden, um den technischen Aufwand sowie den Bauraum gering zu halten.

[0026] Die Magnetisierungsrichtung eines Permanentmagneten verläuft vom Südpol zum Nordpol des Permanentmagneten. Solche Magnetisierungsrichtungen der Permanentmagnete sind vorzugsweise unterschiedlich ausgerichtet, um im Innenraum ein besonders starkes Magnetfeld bereitzustellen. Die Ausrichtung einer Magnetisierungsrichtung eines Permanentmagneten ist insbesondere relativ zur Ausrichtung der Magnetisierungsrichtung eines ringförmig benachbarten Permanentmagneten gekippt. Diese Kipprichtung wird entlang einer Ringform beibehalten, so dass die Magnetisierungsrichtung von Permanentmagnet zu Permanentmagnet in eine Richtung gekippt ist, um so im Innenraum ein besonders starkes Magnetfeld bereitzustellen zu können.

[0027] In einer Ausgestaltung weisen die sich innerhalb einer Ringform gegenüberliegenden Permanentmagnete die gleiche Magnetisierungsrichtung auf, um so im Innenraum ein besonders starkes Magnetfeld bereitzustellen.

[0028] In einer Ausgestaltung beträgt der Kippwinkel, um die die Magnetisierungsrichtung von zwei entlang einer Ringform benachbart angeordneten Permanentmagneten gekippt wird, wenigstens 10° , bevorzugt wenigstens 20° , besonders bevorzugt wenigstens 30° und/oder nicht mehr als 60° , besonders bevorzugt nicht mehr als 50° . Die Magnetisierungsrichtung des einen Permanentmagneten schließt dann mit der Magnetisierungsrichtung des entlang der Ringform benachbarten Permanentmagneten einen Winkel von wenigstens 10° , bevorzugt wenigstens 20° , besonders bevorzugt wenigstens 30° und/oder nicht mehr als 60° , besonders bevorzugt nicht mehr als 50° ein. Solche Kippwinkel haben sich als geeignet herausgestellt, um im Innenraum ein geeignet starkes Magnetfeld bereitzustellen, welches ein Erhitzen auf Umformtemperaturen selbst bei relativ langsamen Relativbewegungen ermöglicht.

[0029] Vorzugsweise kann der Antrieb die Permanentmagnete um den Innenraum herum drehen. Es wird so vermieden, ein hoch erhitztes Werkstück drehen zu müssen, was aufgrund der Wärmeentwicklung sowie der begrenzten Raumverhältnisse technisch nicht einfach ist. Es ist aber auch möglich, das Werkstück zusätzlich relativ langsam in entgegengesetzter Richtung zu drehen. Darüber hinaus ist es auch möglich, nur das Werkstück zu drehen, um so das Werkstück auf Umformtemperatur zu erhitzen.

[0030] In einer Ausgestaltung ist eine ringförmige, vorzugsweise mehrlagige Anordnung der Permanentmagnete um den Innenraum herum vorhanden, um im Innenraum ein starkes Magnetfeld bereitzustellen zu können. Die Permanentmagnete sind vorzugsweise übereinander, nebeneinander und/oder hintereinander angeordnet, um im Innenraum ein starkes Magnetfeld bereitzustellen zu können. Die Permanentmagnete sind besonders bevorzugt mehrlagig angeordnet, wobei die Lagen zueinander versetzt angeordnet sind, um im Innenraum ein starkes

Magnetfeld bereitzustellen zu können, ohne dafür einen übermäßig großen Bauraum für die Permanentmagnete vorsehen zu müssen. Vorzugsweise verbleibt zwischen einer aus Permanentmagneten gebildeten Ringform und einer darüber oder darunter angeordneten benachbarten aus Permanentmagneten gebildeten Ringform ein Abstand. Dieser Abstand ermöglicht es, die Permanentmagnete durch eine Permanentmagnethalterung geeignet zu halten bzw. zu fixieren. Dieser Abstand ist insbesondere mit Strukturmaterial gefüllt, welches auch für das Auffangen von Fliehkräften während einer Rotation sorgt.

[0031] Die Permanentmagnete sind in einer Ausgestaltung durch eine solche Permanentmagnethalterung relativ zueinander drehfest gehalten und zwar insbesondere durch Formschluss. Sollen die Permanentmagnete bewegt werden, so genügt es, die Permanentmagnethalterung und damit auch die Gesamtheit der Permanentmagnete zu bewegen. Der technische Aufwand kann so gering gehalten werden.

[0032] An der Permanentmagnethalterung sind in einer Ausgestaltung außen eine magnetische Abschirmung und/oder innen eine thermische Abschirmung befestigt.

[0033] Die Permanentmagnethalterung besteht vorzugsweise aus Aluminium, Titan und/oder Edelstahl, also aus einem Metall, welches nicht magnetisierbar oder nur schwach magnetisierbar ist. Insbesondere wird kein ferromagnetisches Material für die Halterung eingesetzt. Dies trägt dazu bei, dass im Innenraum ein starkes Magnetfeld bereitgestellt werden kann.

[0034] Sind die Permanentmagnete mehrlagig angeordnet, so weisen außenliegende Permanentmagnete bevorzugt einen größeren Durchmesser auf als innenliegende Permanentmagnete, um im Innenraum ein besonders starkes Magnetfeld bereitzustellen. Außenliegende Permanentmagnete weisen einen größeren Abstand zum Innenraum auf als innenliegende Permanentmagnete. Der Durchmesser der Magnete nimmt insbesondere kontinuierlich von innen nach außen zu. Es gelingt so weiter verbessert, im Innenraum ein starkes Magnetfeld bereitzustellen.

[0035] In einer Ausgestaltung weisen die Permanentmagnete einen nicht rotationssymmetrischen Querschnitt auf. Der Querschnitt ist insbesondere vieleckig und/oder umfasst eine Fase. Dies ermöglicht auf technische einfache Weise eine drehfeste Lagerung, die die gewünschte Ausrichtung von Magnetfeldern gewährleistet. Darüber hinaus kann beispielsweise durch eine Fase die Magnetisierungsrichtung des jeweiligen Permanentmagneten angezeigt werden, um eine korrekte Anordnung beim Bau des Induktionsofens zu erleichtern. In einem Ausführungsbeispiel ist beispielsweise eine Fase immer beim Nordpol bei jedem Permanentmagneten vorhanden, um so den Nordpol anzuzeigen.

[0036] In einer Ausgestaltung ist eine Permanentmagnethalterung mit Einschüben für Permanentmagnete versehen, die eine Einbaurichtung und Einbaustellung

vorgeben. Es ist dann also nur auf genau eine Weise möglich, einen Permanentmagneten mit nicht rotations-symmetrischem Querschnitt in einen Einschub zu bringen. Einbaufehler werden so besonders zuverlässig vermieden. Beispielsweise bei dieser Ausführungsform umfassen die Permanentmagnete eine Fase oder ein anderes Ausrichtungsmittel, durch die bzw. das sichergestellt wird, dass nur eine Einbaurichtung möglich ist.

[0037] In einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung gibt es neben den bereits genannten Permanentmagneten weitere Magnete und zwar angrenzend an Bereiche der Halteeinrichtung für das Werkstück. Die weiteren Magnete reduzieren das durch die Permanentmagnete erzeugte Magnetfeld im Bereich der Halteeinrichtung oder Komponenten davon. Die weiteren Magnete sind vorzugsweise ringförmig um den Bereich herum angeordnet, in dem das Magnetfeld reduziert werden soll. Es wird so ein unerwünschtes Erhitzen der Halteeinrichtung vermieden. Die weiteren Magnete sind insbesondere angrenzend an Stirnseiten der genannten Permanentmagnete angeordnet.

[0038] Die Magnetisierungsrichtung eines weiteren Magneten verläuft vom Südpol zum Nordpol des weiteren Magneten. Solche Magnetisierungsrichtungen der weiteren Magnete sind vorzugsweise unterschiedlich ausgerichtet, um so insgesamt das resultierende Magnetfeld im Bereich von Komponenten der Halteeinrichtung zu reduzieren. Die Ausrichtung einer Magnetisierungsrichtung eines weiteren Magneten ist insbesondere relativ zur Ausrichtung der Magnetisierungsrichtung eines ringförmig benachbarten weiteren Magneten gekippt. Diese Kippung wird entlang einer Ringform beibehalten, so dass die Magnetisierungsrichtung von weiterem Magnet zu weiterem Magnet in eine Richtung gekippt ist, um so in dem Bereich, der von den weiteren Magneten umschlossen wird, das resultierende Magnetfeld gering halten zu können.

[0039] In einer Ausgestaltung weisen die sich innerhalb einer Ringform gegenüberliegenden weiteren Magnete die gleiche Magnetisierungsrichtung auf, um so im genannten Innenbereich ein besonders gut reduziertes Magnetfeld bereitzustellen.

[0040] In einer Ausgestaltung beträgt der Kippwinkel, um die die Magnetisierungsrichtung von zwei entlang einer Ringform benachbart angeordneten weiteren Magneten gekippt wird, wenigstens 10° , bevorzugt wenigstens 20° , besonders bevorzugt wenigstens 30° und/oder nicht mehr als 60° , besonders bevorzugt nicht mehr als 50° . Die Magnetisierungsrichtung des einen weiteren Magneten schließt dann mit der Magnetisierungsrichtung des entlang der Ringform benachbarten weiteren Magneten einen Winkel von wenigstens 10° , bevorzugt wenigstens 20° , besonders bevorzugt wenigstens 30° und/oder nicht mehr als 60° , besonders bevorzugt nicht mehr als 50° ein. Solche Kippwinkel haben sich als geeignet herausgestellt, um im genannten Innenbereich ein geeignet reduziertes Magnetfeld bereitzustellen, um im Innenbereich befindliche Komponenten der Halteeinrich-

tung vor einem Erhitzen zu schützen. Vorzugsweise kann ein Antrieb, vorzugsweise der bereits genannte eine Antrieb die weiteren Magnete um den genannten Innenbereich herum drehen. Es lassen sich so Wirbelströme in elektrisch leitfähigen Komponenten der Halteeinrichtung erzeugen, die den Wirbelströmungen entgegen gerichtet sind, die durch die Permanentmagnete induziert sind. Ein unerwünschtes Erhitzen von Komponenten der Halteeinrichtung wird so weiter verbessert vermieden.

[0041] Die weiteren Magnete sind in einer Ausgestaltung durch eine Magnethalterung relativ zueinander drehfest gehalten und zwar insbesondere durch Formschluss. Die Magnethalterung ist insbesondere Teil der genannten Permanentmagnethalterung. Sollen die weiteren Magnete bewegt werden, so genügt es, die Magnethalterung und damit auch die Gesamtheit der weiteren Magnete zu bewegen. Der technische Aufwand kann so gering gehalten werden.

[0042] In einer Ausgestaltung weisen die weiteren Magnete einen nicht rotationssymmetrischen Querschnitt auf. Der Querschnitt ist insbesondere vieleckig und/oder umfasst eine Fase, Rille oder ein anderes Ausrichtungsmittel. Dies ermöglicht auf technisch einfache Weise eine drehfeste Lagerung, die die gewünschte Ausrichtung von Magnetfeldern gewährleistet. Darüber hinaus kann beispielsweise durch eine Fase, Rille oder das andere Ausrichtungsmittel die Magnetisierungsrichtung des jeweiligen weiteren Magneten angezeigt werden, um eine korrekte Anordnung beim Bau des Induktionsofens zu erleichtern. In einem Ausführungsbeispiel ist beispielsweise eine Fase immer beim Nordpol bei jedem weiteren Magneten vorhanden, um so den Nordpol anzuzeigen.

[0043] In einer Ausgestaltung ist eine Magnethalterung mit Einschüben für weitere Magnete versehen, die eine Einbaurichtung und Einbaustellung vorgeben. Es ist dann also nur auf genau eine Weise möglich, einen jeden weiteren Magneten mit nicht rotationssymmetrischem Querschnitt in einen Einschub zu bringen. Einbaufehler werden so besonders zuverlässig vermieden. Beispielsweise bei dieser Ausführungsform umfassen die weiteren Magnete eine Fase oder ein anderes Ausrichtungsmittel, durch die bzw. das sichergestellt wird, dass nur eine Einbaurichtung möglich ist.

[0044] Die genannten weiteren Magnete sind vorzugsweise ebenfalls Permanentmagnete.

[0045] Alternativ oder ergänzend gibt es in einer erfindungsgemäßen Ausführungsform neben den weiteren Magneten, die das Magnetfeld im Bereich der Halteeinrichtung reduzieren, eine magnetische Abschirmung für die Halteeinrichtung. Diese magnetische Abschirmung für die Halteeinrichtung ist insbesondere stirnseitig angrenzend an die Permanentmagnete angeordnet und zwar insbesondere angrenzend an den Innenumfang der Permanentmagnete. Diese magnetische Abschirmung für die Halteeinrichtung ist vorzugsweise hohlzylinderförmig, scheibenförmig oder trichterförmig, wobei sich die Trichterform von dem Innenraum aus gesehen nach außen öffnet. Eine Trichterform ist zu bevorzugen, da be-

sonders geeignet abgeschirmt wird und eine kompakte Bauweise dennoch möglich ist. Diese magnetische Abschirmung besteht beispielsweise aus ferromagnetischem Material. Im Fall eines Hohlzylinders ist der Durchmesser des an die Permanentmagnete angrenzenden Trichtergrunds vorzugsweise kleiner oder gleich dem Durchmesser des Innenumfangs der ringförmig angeordneten Permanentmagnete.

[0046] Im Fall einer sonstigen magnetischen Abschirmung wie zum Beispiel einer hohlzylinderförmigen Abschirmung ist der Durchmesser des an die Permanentmagnete angrenzenden Bereichs der Abschirmung vorzugsweise kleiner oder gleich dem Durchmesser des Innenumfangs der ringförmig angeordneten Permanentmagnete. Dies trägt dazu bei, die Halteeinrichtung geeignet vor einem Erhitzen zu schützen.

[0047] In einer Ausgestaltung umfasst die Halteeinrichtung ein oder mehrere keramische Trennscheiben, durch die eine Wärmeleitung vom Werkstück zu der Halteeinrichtung gehemmt wird. Darüber hinaus besteht die Halteeinrichtung ganz oder überwiegend aus Metall. Das Metall ist dann so ausgewählt, dass dieses besonders temperaturbeständig ist. Die Umformtemperatur des Metalls für die Halteeinrichtung liegt bevorzugt bei mehr als 800 °C, besonders bevorzugt mehr als 1000 °C, ganz besonders bevorzugt mehr als 1100 °C.

[0048] Vorteilhaft gibt es eine magnetische Abschirmung, die die Permanentmagnete nach außen magnetisch abschirmen. Durch die magnetische Abschirmung werden magnetische Felder außerhalb des Induktionsofens vermieden. Vorteilhaft wird so ein Erwärmen von elektrisch leitfähigen Gegenständen außerhalb des Induktionsofens vermieden, das andernfalls bei Bewegung der Permanentmagnete stattfinden könnte. Auch werden Metallteile dann nicht oder kaum unplanmäßig von dem Induktionsofen magnetisch angezogen oder anders beeinträchtigt. Die magnetische Abschirmung besteht beispielsweise aus einem Material mit hoher magnetischer Permeabilität. Ferromagnetische Materialien eignen sich für eine magnetische Abschirmung. Beispielsweise ist die magnetische Abschirmung eine aus μ -Metall oder getemperten Stahl bestehende Schicht.

[0049] Der Innenraum ist vorzugsweise langgestreckt. Der Innenraum weist also im Vergleich zu seinem Durchmesser eine relativ große Länge auf. In einem solchen Innenraum kann ein geeignet starkes Magnetfeld bereitgestellt werden, da ein geringer Abstand zwischen Permanentmagneten und langgestreckter Mittelachse des Innenraums möglich ist.

[0050] Der Innenraum ist insbesondere 25 cm bis 150 cm lang und/ oder weist einen Durchmesser von 10 cm bis 50 cm auf. In einem derart dimensionierten Innenraum kann mithilfe von Permanentmagneten ein geeignet starkes Magnetfeld bereitgestellt werden, um so ein Werkstück auf Temperaturen von mehr als 400 °C erhitzen zu können, ohne dafür übermäßig schnelle Relativbewegungen durchführen zu müssen. Es genügen dann insbesondere geringe Frequenzen, mit denen ein Werk-

stück relativ zu den Permanentmagneten gedreht werden muss. Es genügen regelmäßig Frequenzen von 10-20 Hz.

[0051] Die Halteeinrichtung für ein Werkstück ist insbesondere so beschaffen, dass diese zwei Enden eines im Innenraum befindlichen langgestreckten Werkstücks zu halten vermag und zwar grundsätzlich durch Formschluss und/oder Kraftschluss bzw. Reibschluss. Die Halteeinrichtung kann dann außerhalb des Innenraums angeordnet sein. Die Halteeinrichtung kann bei dieser Ausgestaltung ganz oder zumindest überwiegend aus Metall bestehen, ohne eine übermäßige Erhitzung der Halteeinrichtung befürchten zu müssen. Die Halteeinrichtung ist insbesondere so beschaffen, dass diese ein Werkstück einzuspannen vermag. Ein Werkstück wird dann durch die Halteeinrichtung kraftschlüssig bzw. reibschlüssig gehalten.

[0052] In einer Ausgestaltung der Erfindung gibt es eine Gaszuführungseinrichtung, die so eingerichtet ist, dass ein inertes Gas, insbesondere N₂, Ar oder CO₂, zwischen ein im Ofen befindliches Werkstück und daran angrenzenden Wänden des Ofens geleitet werden kann und zwar während des Erhitzens. Es wird dann der Innenraum des Induktionsofens, in dem ein Werkstück erhitzt werden soll, mit Inertgas geflutet. Oxidationsprozesse an der Oberfläche des Werkstücks, die während eines längeren Erwärmens bzw. Erhitzens auftreten und die die Qualität des Werkstücks vermindern können, werden so vorteilhaft vermieden.

[0053] In einer technisch einfachen Ausgestaltung umfasst der Induktionsofen einen Behälter, der mit einem Inertgas geflutet werden kann. Der Behälter ist so angeordnet und eingerichtet, dass mit dem Fluten des Behälters auch der Innenraum des Induktionsofens mit dem Inertgas geflutet wird, um so nachteilhafte Oxidationsprozesse zu vermeiden. Der Induktionsofen kann zum Beispiel von einer äußeren Hülle umhüllt sein. Wird der Innenraum der Hülle geflutet, so wird dann auch der für ein Erhitzen eines Werkstücks vorgesehene Innenraum des Induktionsofens mit Inertgas geflutet. Der Behälter ist in einer technisch besonders einfachen Ausgestaltung trogförmig, also nach oben hin offen. Es wird dann ein Gas wie CO₂ als Inertgas eingesetzt wird, welches schwerer als Luft ist.

[0054] Um Oxidationsprozesse und damit einhergehende Qualitätseinbußen zu vermeiden, umfasst der Induktionsofen in einer Ausgestaltung eine Einrichtung, mit der im Innenraum des Induktionsofens ein Vakuum erzeugt werden kann. Der Innenraum des Induktionsofens, in dem ein Werkstück erhitzt werden kann, kann daher gasdicht verschlossen werden, so zum Beispiel durch eine verschließbare äußere Hülle. Außerdem kann durch eine Pumpe Gas aus dem Innenraum abgesaugt werden, um so den gewünschten Unterdruck bzw. ein gewünschtes Vakuum zu erzeugen.

[0055] In einer Ausgestaltung umfasst der Ofen Platten und zwar in der Regel ringförmige Platten an Stirnseiten, die so angeordnet sind, dass dadurch ein Entwei-

chen von Inertgas, welches in den Ofen während des Erwärmens für ein Vermeiden von Oxidationsprozessen hineingeleitet wird, behindert wird. Es können so weiter verbessert nachteilhafte Oxidationsprozesse und eine damit einhergehende Qualitätsbeeinträchtigung vermieden werden.

[0056] Die Erfindung betrifft ferner eine Strangpressanlage mit einem anspruchsgemäßen Induktionsofen. Der Induktionsofen ist so angeordnet, dass er ein Werkstück vor dem Strangpressen zu erhitzen vermag und zwar insbesondere auf eine Umformtemperatur, die in der Regel zwischen 400 °C und 1100 °C liegt. Ist das Werkstück auf Umformtemperatur erhitzt worden, so wird das erhitzte und dann mit relativ geringem Kraftaufwand verformbare Werkstück zu einer weiteren Station der Strangpressanlage transportiert und durch diese weitere Station in vorgesehener Weise zu einem Strang gepresst. Die weitere Station umfasst einen Stempel, mit dem das auf Umformtemperatur gebrachte Werkstück durch eine Matrize gepresst wird. U. a. können Stäbe, Drähte oder Rohre durch das Strangpressen hergestellt werden.

[0057] Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren für ein Erhitzen eines aus Metall bestehenden Werkstücks in einem anspruchsgemäßen Induktionsofen, indem das Werkstück relativ zu den Permanentmagneten des Induktionsofen gedreht wird, bis das Werkstück auf eine solche Temperatur oberhalb von 400 °C erhitzt worden ist, die es ermöglicht, das Werkstück durch Strangpressen zu verformen.

[0058] Vorzugsweise wird während des Erhitzens ein Inertgas an ein oder mehreren Oberflächen des Werkstücks so vorbeigeleitet, dass dadurch Oxidationsprozesse an den ein oder mehreren Werkstückoberflächen behindert oder vermieden werden. Qualitätseinbußen können so vermieden werden.

[0059] Die Erfindung ermöglicht eine hohe Produktivität bei einer gleichzeitigen deutlichen Senkung des direkt zurechenbaren Energieverbrauchs im Vergleich zu üblichen aus dem Stand der Technik bekannten Induktionsofen.

[0060] Die Erfindung kann auch für das Härten von Stählen durch induktives Erwärmen eingesetzt werden.

[0061] Es zeigen:

Figur 1: Schnitt durch einen Induktionsofen mit zweilagig sowie ringförmig angeordneten Permanentmagneten;

Figur 2: vierlagige Ringanordnung von Permanentmagneten für einen Induktionsofen;

Figur 3: Induktionsofen mit Halteeinrichtung;

Figur 4: Flügelanordnung für Induktionsofen;

Figur 5: Wärmeschild mit Strukturierung;

Figur 6: ringförmig angeordnete Permanentmagnete mit weiteren Magneten zur Reduzierung des durch die Permanentmagnete erzeugten Magnetfeldes im Bereich der Halteeinrichtung;

Figur 7: trichterförmige magnetische Abschirmung für Halteeinrichtung;

Figur 8: Induktionsofen mit Einlass für Inertgas.

[0062] Die Figur 1 zeigt einen Schnitt durch einen Induktionsofen 1 mit einer Mehrzahl von Permanentmagneten 2, 3 zur Erzeugung eines Magnetfeldes in einem Innenraum 4.

[0063] Die Permanentmagneten 2, 3 sind zweilagig sowie ringförmig um den Innenraum 4 herum angeordnet. Im Innenraum 4 ist ein zylinderförmiges, aus Metall bestehendes Werkstück 5 angeordnet, welches an seinen Enden durch eine Halteinrichtung gehalten wird.

[0064] Es gibt außen liegende Permanentmagnete 2 und innen liegende Permanentmagnete 3. Die außenliegenden Permanentmagnete 2 weisen einen größeren Abstand zum Innenraum 4 auf als die innenliegenden Permanentmagnete 3. Die außenliegenden Permanentmagnete 2 weisen einen größeren Durchmesser als die innenliegenden Permanentmagnete 3 auf. Die außenliegenden Permanentmagnete 2 bilden eine erste Ringform. Die innenliegenden Permanentmagnete 3 bilden eine zweite Ringform. Es gibt daher zwei ringförmige Lagen, die durch Permanentmagnete 2 bzw. 3 gebildet sind. Die Permanentmagnete 2 der ersten ringförmigen Lage sind nicht versetzt gegenüber den Permanentmagneten 3 der zweiten ringförmigen Lage angeordnet. Zwischen den zwei ringförmigen Lagen verbleibt zumindest in der Regel ein Abstand. Permanentmagnete innerhalb einer Ringform sind möglichst dicht gepackt und weisen daher einen möglichst geringen Abstand zueinander auf, so dass diese sich zumindest fast berühren.

[0065] Eine thermische Abschirmung besteht aus zwei als Schild wirkenden Hohlzylindern 6, die durch nicht dargestellte Abstandshalter räumlich so voneinander getrennt sind, dass ein mit luftgefüllter Spalt zwischen den zwei Hohlzylindern 6 verbleibt. Die Innenseiten, also die dem Innenraum 4 zugewandten Seiten, der Hohlzylinder 6 sind poliert, um Wärmestrahlung besonders gut zu reflektieren.

[0066] Die Permanentmagnete 2, 3 sind durch eine hohlzylinderförmige magnetische Abschirmung 7 nach außen magnetisch abgeschirmt. Die hohlzylinderförmige magnetische Abschirmung 7 kann auch zur Aufnahme von Kräften bei Rotation beitragen und daher aufgeschumpft sein.

[0067] Die Magnetisierungsrichtung eines jeden Permanentmagneten 2, 3 ist durch Pfeile 8, 9, 10 angedeutet. Die Magnetisierungsrichtung 8 eines ersten in der Figur 1 oben gezeigten Permanentmagneten 2 verläuft vertikal von unten nach oben und zwar vom Südpol zum Nordpol des zugehörigen Permanentmagneten 2. Der

rechts daneben angeordnete benachbarte Permanentmagnet 2 weist eine Magnetisierungsrichtung 9 auf, die nach rechts um 45° im Vergleich zur Magnetisierungsrichtung 8 gekippt bzw. gedreht ist. Die Magnetisierungsrichtung 8 schließt also mit der Magnetisierungsrichtung 9 einen 45° Winkel ein. Der Permanentmagnet 2, der rechts neben dem Permanentmagneten 2 mit der Magnetisierungsrichtung 9 angeordnet ist, weist eine Magnetisierungsrichtung 10 auf, die horizontal von links nach rechts verläuft. Diese ist also im Vergleich zur Magnetisierungsrichtung 9 weiter um 45° gekippt bzw. gedreht worden. Dieses Drehen der Magnetisierungsrichtung setzt sich von einem Permanentmagneten 2, 3 zum nächsten benachbarten Permanentmagneten 2, 3 entlang der Ringform fort, bis wieder die Magnetisierungsrichtung 8 erreicht ist, die von unten nach oben verläuft. Dieser weitere unten in der Figur 1 gezeigte Permanentmagnet 2 mit der Magnetisierungsrichtung 8 liegt dem zuvor genannten Permanentmagneten 2 mit der Magnetisierungsrichtung 8 gegenüber. Nach Durchlaufen eines Halbkreises entlang der zugehörigen Ringform wird also wieder die gleiche Magnetisierungsrichtung erreicht.

[0068] In gleicher Weise verändern sich die Magnetisierungsrichtungen in der innen liegenden Permanentmagnete 3. Ein Permanentmagnet 3 der inneren Ringform weist wie in der Figur 1 gezeigt die gleiche Magnetisierungsrichtung auf wie ein benachbart angeordneter Permanentmagnet 2 der äußeren Ringform.

[0069] Die Permanentmagnete 2, 3 sind im Schnitt 8-eckig und befinden sich in Einschüben mit 8-eckigem Querschnitt einer aus Aluminium bestehenden Permanentmagnethalterung 11. Durch den dadurch bewirkten Formschluss werden die Permanentmagnete 2, 3 in der Permanentmagnethalterung 11 drehfest gehalten.

[0070] Die Permanentmagnethalterung 11 kann durch einen nicht dargestellten elektrischen oder pneumatischen Antrieb zusammen mit der thermischen Abschirmung 6 um das Werkstück 5 herum gedreht werden, um so das aus Metall bestehende Werkstück 5 auf Umformtemperatur zu erhitzen. Durch das Drehen der Permanentmagnethalterung 11 mit einer Frequenz von ca. 15 Hz wird aufgrund einer in der Figur 1 nicht dargestellten Flügelanordnung eine Luftströmung durch den Innenraum 4 sowie durch den Spalt zwischen den beiden Hohlzylindern 6 erzeugt, wodurch Wärme abtransportiert wird. Durch diesen Abtransport von Wärme werden die Permanentmagnete 2, 3 vor einem übermäßigen Erwärmen geschützt.

[0071] Der Innenraum 4 ist ca. 100 cm lang ist und weist einen Durchmesser von ca. 30 cm auf. Der Induktionsofen 1 umfasst eine nicht gezeigte Steuerung, die das Drehen der Permanentmagnethalterung 11 sowie die Drehzahl steuert.

[0072] Die Figur 2 zeigt eine aus vier Lagen gebildete Ringanordnung von vieleckigen Permanentmagneten für einen Induktionsofen um einen Innenraum 4 herum. Die Permanentmagnete 12 der äußeren ringförmigen Lage sind versetzt gegenüber den Permanentmagneten 13

einer daran angrenzenden ringförmigen Lage angeordnet. Die Durchmesser der Permanentmagnete 12, die sich in der äußeren Lage befinden, sind größer als die Durchmesser der Permanentmagnete 13, die sich in der daran angrenzenden ringförmigen Lage befinden. Permanentmagnete 14, die ebenfalls ringförmig angeordnet sind und die an die Innenseite der Ringform mit den Permanentmagneten 13 angrenzen, sind relativ zu den Permanentmagneten 13 wiederum versetzt angeordnet. Außerdem ist der Durchmesser der Permanentmagnete 14 weiter verkleinert. Das gleiche gilt für Permanentmagnete 15 der innersten ringförmigen Lage. Diese Permanentmagnete 15 der innersten ringförmigen Lage sind relativ zu den Permanentmagneten 14 der daran angrenzenden Lage versetzt angeordnet. Außerdem weisen die Permanentmagnete 15 der innersten Lage den kleinsten Durchmesser auf. Zwischen den einzelnen ringförmigen Lagen verbleibt jeweils ein Abstand. Permanentmagnete einer Lage berühren sich.

[0073] Die Figur 3 zeigt einen Induktionsofen 1 mit einer äußeren magnetischen Abschirmung 7. Eine Halteinrichtung für ein Werkstück 5 umfasst zwei Spannzylinder 16, durch die das Werkstück 5 wie in der Figur 3 gezeigt eingespannt werden kann. Das Werkstück 5 wird dann durch Kraftschluss bzw. Reibschluss gehalten. Die Spannzylinder 16 sind an Schlitten 17 montiert, die entlang einer Schiene 18 verfahren werden können. Auf diese Weise kann das Werkstück 5 in den Induktionsofen 1 hinein und nach einem Erhitzen auf Umformtemperatur heraus bewegt werden. Durch einen Pfeil 19 angedeutet gibt es eine Zuführvorrichtung, die der Halteinrichtung weitere Werkstücke zuführen kann.

[0074] Die Spannzylinder 16 umfassen keramische Zwischenlagen, um eine Wärmeleitung vom Werkstück in die Spannzylinder zu reduzieren. Die Drehzahl des nicht gezeigten Antriebs für ein Drehen des Induktionsofens 1 kann geregelt werden, um so das Erhitzen eines Werkstücks 5 steuern zu können.

[0075] Die Figur 4 zeigt ein Beispiel für eine Flügelanordnung für den Induktionsofen. Die Schilde 6 weisen einen Abstand auf und drehen sich während des Betriebes gemäß Pfeil 21. An den Schilden 6 sind in Aufsicht gezeigte Flügel 20 angebracht, die derart schräg gestellt sind, dass aufgrund der Drehbewegung 21 anströmende Luft durch die Flügel 20 umgelenkt wird und zwar in die Spalte zwischen die Hohlzylinder 6 hinein. Auf diese Weise wird die Spalte hindurch eine Luftströmung erzeugt, die Wärme abzutransportieren vermag. Die Figur 4 verdeutlicht weiter, dass die Abschirmung vorzugsweise gegenüber den Permanentmagneten 12, 13, 14, 15 vorsteht, um die Permanentmagnete 12, 13, 14, 15 besonders gut vor einer Überhitzung zu schützen. Die Figur 4 zeigt weiter, dass mehr als zwei Hohlzylinder 6 bevorzugt vorhanden sind, so zum Beispiel die in der Figur 4 gezeigten sechs Hohlzylinder 6, um weiter verbessert die Permanentmagnete 12, 13, 14, 15 vor einer Überhitzung zu schützen.

[0076] Die Figur 5 zeigt eine bevorzugte Ausgestal-

tung einer thermischen Abschirmung mit einer Strukturierung 22 auf der Oberfläche eines Hohlzylinders 6 mit polierter Innenseite 23. Relativ zur Drehachse 24 des Hohlzylinders 6 verlaufen die Strukturierungen 6 derart schräg, dass hierdurch eine Gas- bzw. Lufttransport parallel zur Drehachse 24 gefördert wird, wenn der Hohlzylinder 6 während des Betriebs gedreht wird. Im Fall der Figur 5 liegen die Strukturierungen 22 in Form von Stegen vor. Es können aber auch alternativ oder ergänzend Rillen vorgesehen sein, die relativ zur Drehachse 24 schräg verlaufen, um so einen wärmeabführenden Gas- bzw. Lufttransport zu fördern.

[0077] Die Figur 6 zeigt ringförmig angeordnete Permanentmagnete 12, 13, 14, 15, 25, 26, die im Fall einer Relativbewegung im Werkstück einen Wirbelstrom erzeugen, um so das Werkstück zu erhitzen. Insgesamt liegen im Fall der Figur 6 sechs Ringlagen vor. Weitere Magnete 27 sind angrenzend an den Stirnseiten der genannten Permanentmagnete 12, 13, 14, 15, 25, 26 zur Reduzierung des durch die Permanentmagnete erzeugten Magnetfelds im Bereich der Halteeinrichtung vorgesehen. Die Magnetisierungsrichtungen der weiteren Magnete 27 sind also geeignet entgegengesetzt zu den Magnetisierungsrichtungen der genannten Permanentmagnete 12, 13, 14, 15, 25, 26 ausgerichtet, so dass dadurch an den Stirnseiten das Magnetfeld reduziert ist. In diesem Bereich mit reduzierter Magnetfeldstärke sind dann elektrisch leitende Komponenten der Halteeinrichtung angeordnet, so zum Beispiel Spannzylinder 16. Die weiteren Magnete 27 sind bevorzugt ebenfalls Permanentmagnete. Diese sind bevorzugt angrenzend an eine innere Lage angeordnet und zwar beispielsweise angrenzend an die innerste Lage oder wie im Fall der Figur 6 gezeigt an eine von außen gesehen vorletzte Lage 25, die an die innerste Lage 26 angrenzt, um so in besonders geeigneter Weise an den Stirnseiten das Magnetfeld zu reduzieren.

[0078] Die Figur 7 zeigt eine Ausführungsform mit trichterförmigen magnetischen Abschirmungen 28, die jeweils einen für die Halteeinrichtung vorgesehenen Bereich umlaufen. Diese magnetischen Abschirmungen 28 für die Halteeinrichtung sind stirnseitig angrenzend an die Permanentmagnete 12, 13, 14, 15 angeordnet. Ein jeder Trichter 28 grenzt an den Innenumfang der innersten ringförmigen Lage, die aus den Permanentmagneten 15 gebildet ist. Von diesem Innenumfang ausgehend öffnet sich die Trichterform von dem Innenraum aus gesehen, wie dies in der Figur 7 gezeigt wird. Diese magnetische Abschirmung 28 besteht aus ferromagnetischem Material.

[0079] Die Figur 8 zeigt beispielhaft einen Einlass 29 in einer Stirnwand, durch den ein Inertgas in den Ofen während des Erhitzens hinein geleitet werden kann. Gegenüberliegend gibt es ein oder mehrere Stirnwände 30, die ein Austreten des Inertgases aus dem Ofeninnenraum heraus zumindest behindern. Qualitätseinbußen aufgrund von Oxidationsprozessen können so vermieden werden.

Patentansprüche

1. Induktionsofen (1) mit

- einer Mehrzahl von Permanentmagneten (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) zur Erzeugung eines Magnetfeldes in einem Innenraum (4),
- einer Halteeinrichtung (16, 17), durch welche ein Werkstück (5) in dem Innenraum (4) für ein Erhitzen gehalten werden kann, und
- einem Antrieb zur Erzeugung einer für ein Erhitzen eines Werkstücks geeigneten Relativbewegung zwischen der Halteeinrichtung (16, 17) und den Permanentmagneten (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26),

gekennzeichnet durch weitere Magnete (27) angrenzend an die Halteeinrichtung (16, 17) für ein Werkstück (5), die das durch die Permanentmagnete (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) erzeugte Magnetfeld im Bereich der Halteeinrichtung (16, 17) reduzieren und/oder durch eine magnetische Abschirmung (28) für einen Bereich, in dem die Halteeinrichtung angeordnet ist.

2. Induktionsofen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Relativbewegung eine Drehbewegung zwischen der Halteeinrichtung (16, 17) und den Permanentmagneten (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) ist.

3. Induktionsofen nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** eine thermische Abschirmung (6, 20), die die Permanentmagnete (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) von dem Innenraum (4) thermisch abschirmt, wobei die thermische Abschirmung (6, 20) insbesondere eine polierte, an den Innenraum (4) grenzende Oberfläche (23) und/ oder eine strukturierte Oberfläche für einen Gastransport umfasst.

4. Induktionsofen nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die strukturierte Oberfläche ein oder mehrere Stege (22) und/oder Rillen umfassen, die antiparallel zu einer Drehachse (24) verlaufen, um die herum die Permanentmagnete (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) gedreht werden.

5. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Magnetisierungsrichtungen (8, 9, 10) von Permanentmagneten (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) unterschiedlich sind und zwar vorzugsweise derart, dass diese entlang einer Ringform einer Kippbewegung folgen.

6. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine ringförmige und/oder mehrlagige Anordnung der Permanentma-

- gnete (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) um den Innenraum (4) herum.
7. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagnete (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) durch eine Permanentmagnethalterung (11) innerhalb der Permanentmagnethalterung (11) drehfest gehalten sind und zwar insbesondere durch Formschluss.
8. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** außenliegende Permanentmagnete (2) einen größeren Durchmesser aufweisen als innenliegende Permanentmagnete (3).
9. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagnete (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) einen nicht rotationssymmetrischen Querschnitt aufweisen und der Querschnitt insbesondere vieleckig ist und/oder eine Fase umfasst, die vorzugsweise die Magnetisierungsrichtung der Permanentmagnete anzuzeigen vermag.
10. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die weiteren Magnete (27) in einer Permanentmagnethalterung (11) drehfest gehalten sind und zwar vorzugsweise durch Formschluss und/oder die weiteren Magnete (27) ein Ausrichtungsmittel umfassen und/oder die weiteren Magnete (27) unterschiedliche Magnetisierungsrichtungen aufweisen und/oder die weiteren Magnete (27) insbesondere ringförmig an Stirnseiten von Permanentmagneten (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) angeordnet sind.
11. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine magnetische Abschirmung (7), die die Permanentmagnete (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) nach außen magnetisch abschirmt.
12. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Innenraum (4) langgestreckt ist und die Halteeinrichtung (16, 17) zwei Enden eines langgestreckten Werkstücks (5) zu halten vermag, wobei die Halteeinrichtung vollständig oder überwiegend außerhalb des Innenraums (4) angeordnet sein kann.
13. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die magnetische Abschirmung (28) angrenzend an den Innenumfang von ringförmig angeordneten Permanentmagneten (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) angeordnet ist.

14. Strangpressanlage mit einem Induktionsofen nach einem der vorgehenden Ansprüche, wobei der Induktionsofen so angeordnet ist, dass er ein Werkstück (5) vor einem Strangpressen zu erhitzen vermag und zwar insbesondere auf 400 °C bis 1100 °C.
15. Verfahren für ein Erhitzen eines aus Metall bestehenden Werkstücks (5) in einem Induktionsofen (1) mit den Merkmalen nach einem der Ansprüche 1 bis 13, in dem das Werkstück (5) relativ zu den Permanentmagneten (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) gedreht wird, bis das Werkstück (5) auf eine Temperatur von 400 °C und mehr erhitzt worden ist.

Claims

1. Induction furnace (1) having
- a plurality of permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) for generating a magnetic field in an interior space (4),
 - a holding means (16, 17) by which a workpiece (5) can be held in the interior space (4) for heating, and
 - a drive for generating a relative movement between the holding means (16, 17) and the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) suitable for heating a workpiece,

characterized by

further magnets (27) adjacent to the holding means (16, 17) for a workpiece (5), which reduce the magnetic field generated by the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) in the region of the holding means (16, 17) and/or by a magnetic shield (28) for an area in which the holding means is arranged.

2. Induction furnace according to claim 1, **characterized in that** the relative movement is a rotational movement between the holding means (16, 17) and the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26).
3. Induction furnace according to claim 1 or 2, **characterized by** a thermal shield (6, 20) which thermally shields the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) from the interior space (4), wherein the thermal shield (6, 20) comprises in particular a polished surface (23) adjoining the interior space (4) and/or a structured surface for a gas transport.
4. Induction furnace according to the preceding claim, **characterized in that** the structured surface comprise one or more ridges (22) and/or grooves which are antiparallel to an axis of rotation (24) around which the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) are rotated.

5. Induction furnace according to one of the preceding claims, **characterized in that** magnetization directions (8, 9, 10) of permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) are different and preferably in such a way that they follow a tilting movement along an annular form.
6. Induction furnace according to one of the preceding claims, **characterized by** an annular and/or multi-layer arrangement of the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) around the interior space (4).
7. Induction furnace according to one of the preceding claims, **characterized in that** the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) are held by a permanent magnet holder (11) in a rotationally fixed manner within the permanent magnet holder (11), and in particular by a form fit.
8. Induction furnace according to one of the preceding claims, **characterized in that** permanent magnets (2) on the outside have a larger diameter than permanent magnets (3) on the inside.
9. Induction furnace according to one of the preceding claims, **characterized in that** the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) have a non-rotationally symmetrical cross-section and the cross-section is in particular polygonal and/or comprises a chamfer which is preferably capable of indicating the magnetization direction of the permanent magnets.
10. Induction furnace according to one of the preceding claims, **characterized in that** the further magnets (27) are held in a permanent magnet holder (11) in a rotationally fixed manner, and preferably by a form fit, and/or the further magnets (27) comprise an alignment means and/or the further magnets (27) have different magnetization directions, and/or the further magnets (27) are arranged in particular annularly on end faces of permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26).
11. Induction furnace according to one of the preceding claims, **characterized by** a magnetic shield (7) magnetically shielding the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) towards the outside.
12. Induction furnace according to one of the preceding claims, **characterized in that** the interior space (4) is elongated and the holding means (16, 17) is capable of holding two ends of an elongated workpiece (5), wherein the holding means can be arranged completely or predominantly outside the interior space (4).
13. Induction furnace according to one of the preceding claims, **characterized in that** the magnetic shield

(28) is arranged adjacent to the inner circumference of annularly arranged permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26).

- 5 14. Extrusion plant comprising an induction furnace according to one of the preceding claims, wherein the induction furnace is arranged such that it is capable of heating a workpiece (5) prior to extrusion, in particular to 400 °C to 1100 °C.
- 10 15. Method for heating a workpiece (5) consisting of metal in an induction furnace (1) having the features according to one of the claims 1 to 13, in which the workpiece (5) is rotated relative to the permanent magnets (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) until the workpiece (5) has been heated to a temperature of 400 °C and above.

20 Revendications

1. Four à induction (1) comprenant

- une pluralité d'aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) pour générer un champ magnétique dans un espace intérieur (4),
- un dispositif de retenue (16, 17), par moyen duquel une pièce de fabrication (5) peut être retenue dans l'espace intérieur (4) pour un chauffage, et
- un entraînement pour générer un mouvement relatif entre le dispositif de retenue (16, 17) et les aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26), le mouvement relatif étant approprié pour chauffer une pièce de fabrication,

caractérisé par

d'autres aimants (27) adjacents au dispositif de retenue (16, 17) d'une pièce de fabrication (5), lesquels réduisent le champ magnétique généré par les aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) dans la zone du dispositif de retenue (16, 17) et/ou par un blindage magnétique (28) d'une zone, dans laquelle le dispositif de retenue est disposé.

2. Four à induction selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le mouvement relatif est un mouvement de rotation entre le dispositif de retenue (16, 17) et les aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26).
3. Four à induction selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé par** un blindage thermique (6, 20), qui protège les aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) de manière thermique contre l'espace intérieur (4), le blindage thermique (6, 20) comprenant notamment une surface (23) polie adjacente à l'espace intérieur (4) et/ou une surface

structurée pour un transport de gaz.

4. Four à induction selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la surface structurée comprend une ou plusieurs traverses (22) et/ou rainures, qui s'étendent de manière antiparallèle à un axe de rotation (24), autour duquel les aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) sont tournés. 5
5. Four à induction selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** des directions de magnétisation (8, 9, 10) des aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) sont différentes, à savoir de préférence de sorte que celles-ci suivent un mouvement de basculement le long d'une forme annulaire. 10 15
6. Four à induction selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** une disposition annulaire et/ou multicouches des aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) autour de l'espace intérieur (4). 20
7. Four à induction selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) sont retenus de manière non-tournante à l'intérieur d'un support d'aimants permanents (11) par moyen du support d'aimants permanents (11), notamment par complémentarité de formes. 25
8. Four à induction selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** des aimants permanents extérieurs (2) comprennent un plus grand diamètre que celui des aimants permanents intérieurs (3). 30 35
9. Four à induction selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) comprennent une section transversale non formée à symétrie de révolution et la section transversale est notamment polygonale et/ou comprend un chanfrein, qui peut de préférence indiquer la direction de magnétisation des aimants permanents. 40
10. Four à induction selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les autres aimants (27) sont retenus de manière non-tournante dans un support d'aimants permanents (11), de préférence par complémentarité de formes, et/ou les autres aimants (27) comprennent des directions de magnétisation différentes et/ou les autres aimants (27) sont disposés notamment de manière annulaire sur des faces avant des aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26). 45 50 55
11. Four à induction selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** un blindage magnétique (7), qui protège les aimants permanents (2, 3, 12,

13, 14, 15, 25, 26) sur le plan magnétique contre l'extérieur.

12. Four à induction selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'espace intérieur (4) est allongé et le dispositif de retenue (16, 17) peut retenir deux extrémités d'une pièce de fabrication (5) allongée, dans lequel le dispositif de retenue peut être complètement ou pour la plupart disposé à l'extérieur de l'espace intérieur (4).
13. Four à induction selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le blindage magnétique (28) est disposé de manière adjacente à la circonférence intérieure des aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26) disposés de manière annulaire.
14. Installation de presse à extrusion comprenant un four à induction selon l'une des revendications précédentes, le four à induction étant disposé, de sorte qu'il est capable de chauffer une pièce de fabrication (5) avant une extrusion, et notamment à 400°C à 1100°C.
15. Procédé de chauffage d'une pièce de fabrication (5) métallique dans un four à induction (1) comprenant les caractéristiques selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel four à induction la pièce de fabrication (5) est tournée par rapport aux aimants permanents (2, 3, 12, 13, 14, 15, 25, 26), jusqu'à ce que la pièce de fabrication (5) soit chauffée à une température de 400°C et de plus.

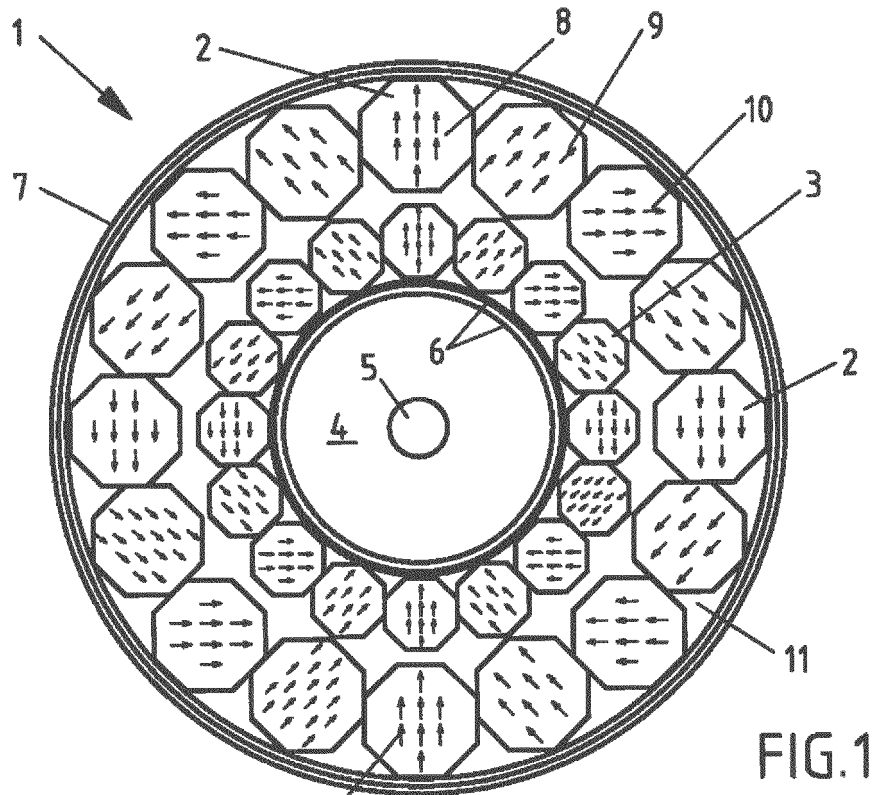


FIG.1

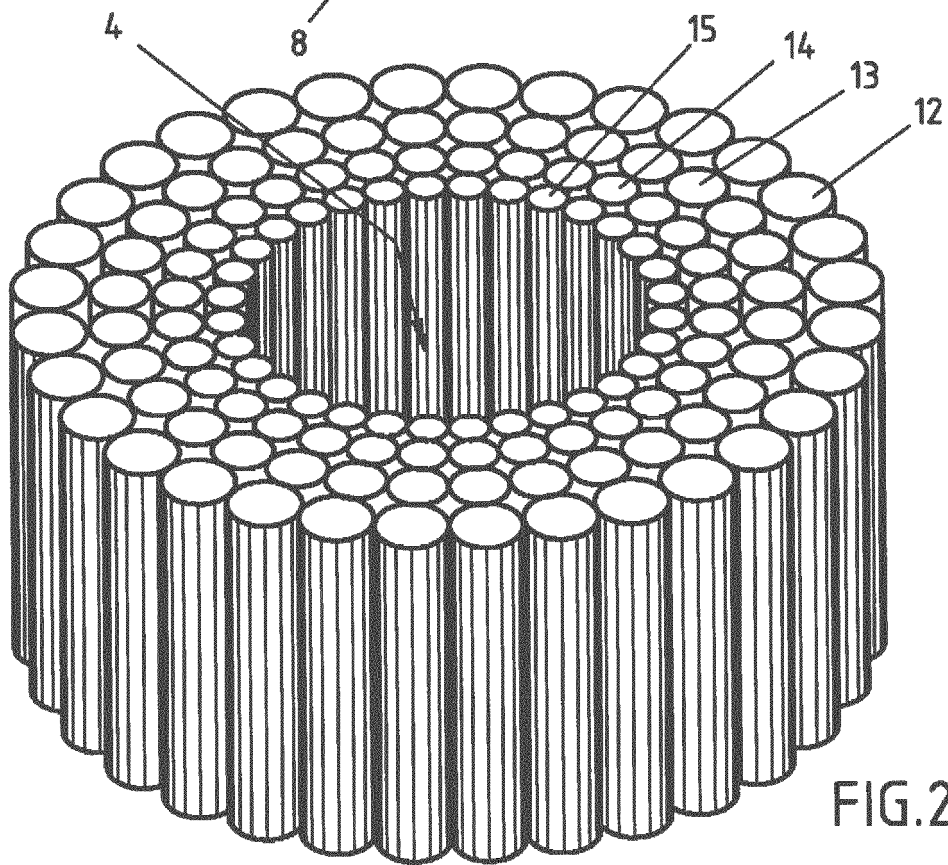
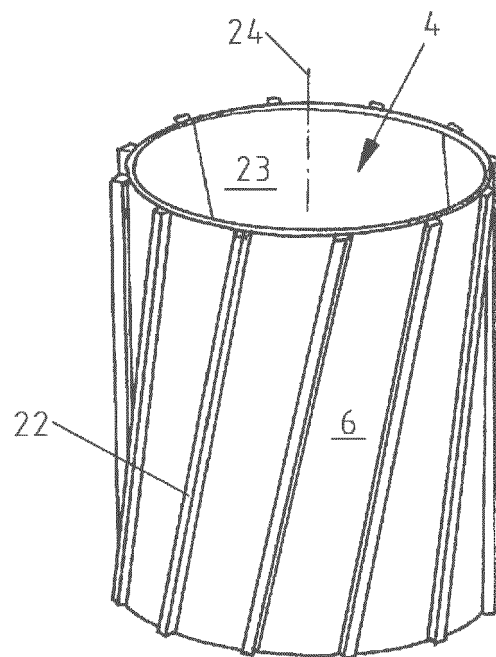
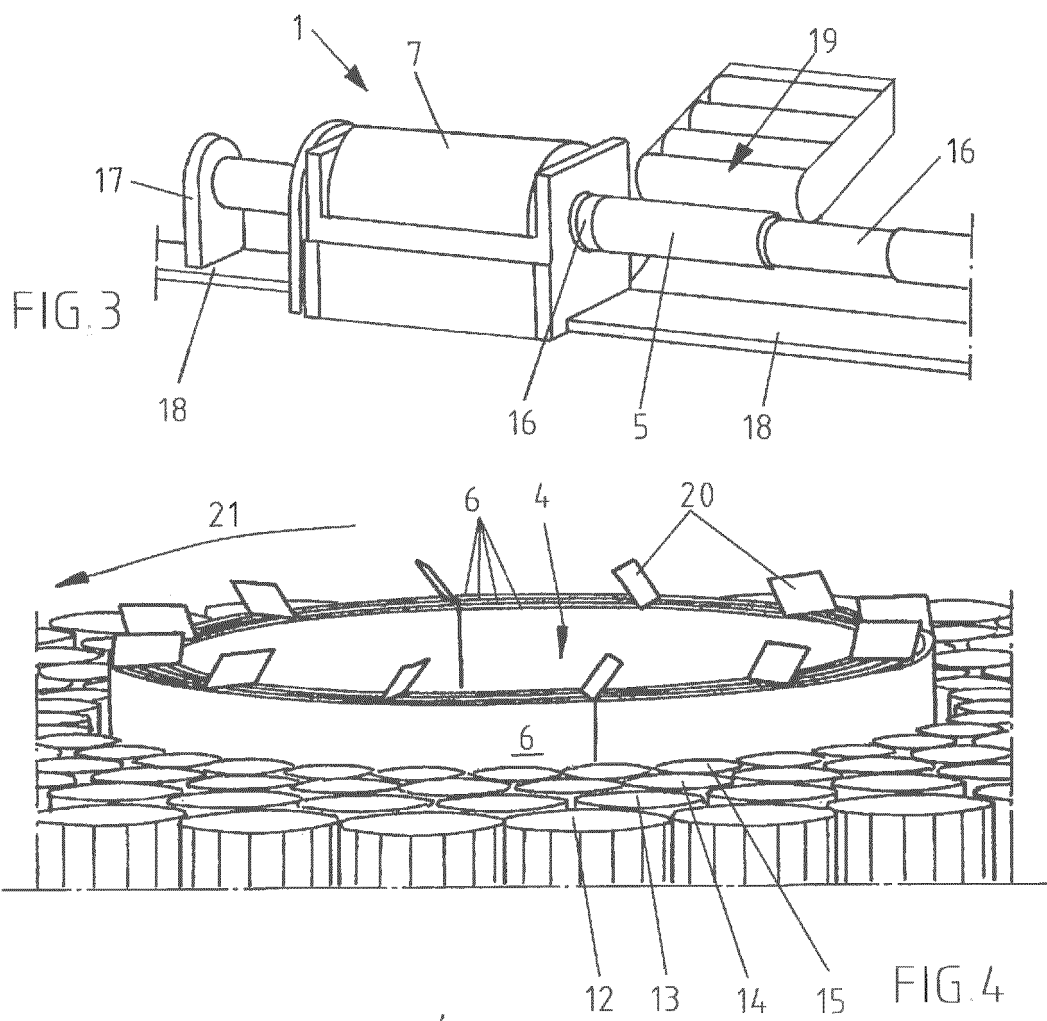
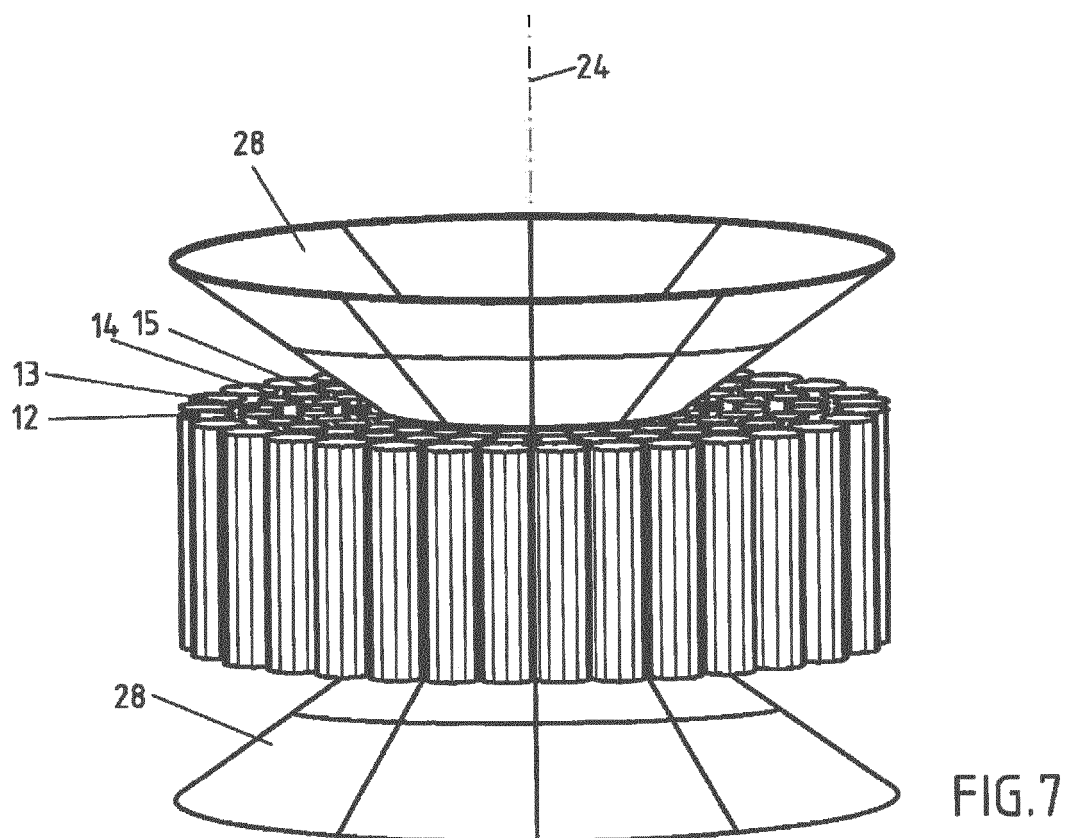
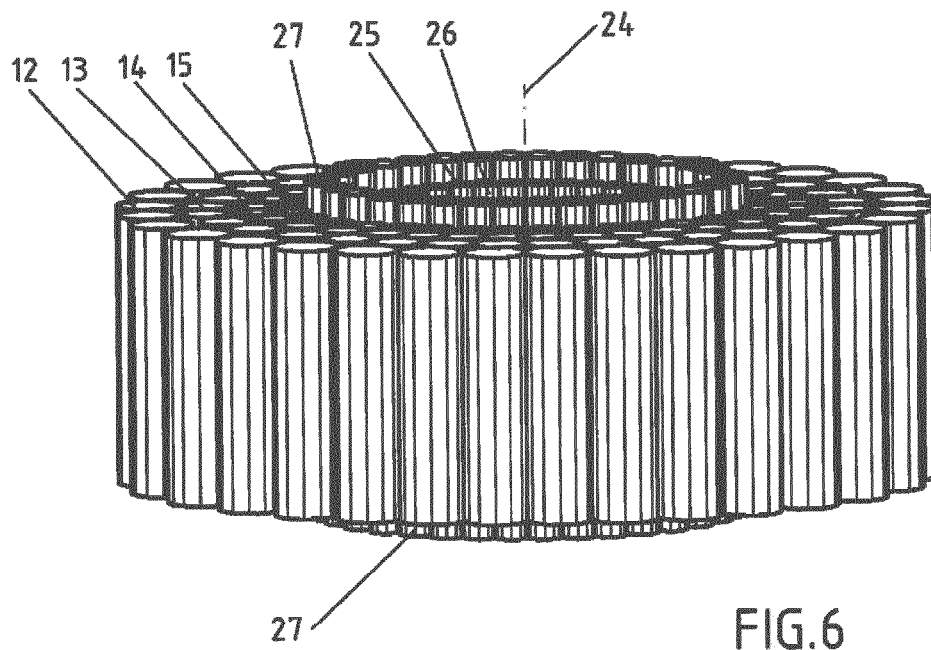


FIG.2





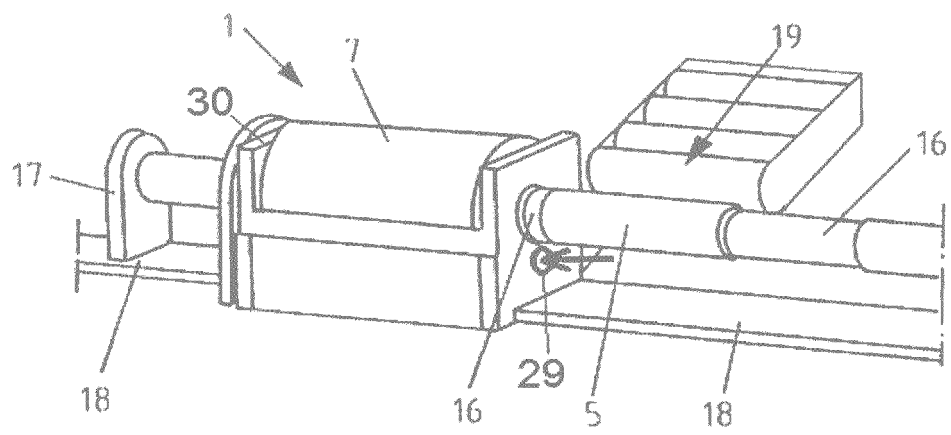


FIG. 8

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 3910777 A1 [0004]
- WO 2013128241 A1 [0006]
- US 20100147833 A1 [0006]
- US 3272956 A [0007]