



(10) **DE 10 2019 007 373 A1** 2021.04.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 007 373.8**

(22) Anmeldetag: **23.10.2019**

(43) Offenlegungstag: **29.04.2021**

(51) Int Cl.: **H05B 6/36** (2006.01)

H05B 6/44 (2006.01)

H05B 6/10 (2006.01)

C21D 1/34 (2006.01)

C21D 9/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
IDEA GmbH, 72285 Pfalzgrafenweiler, DE

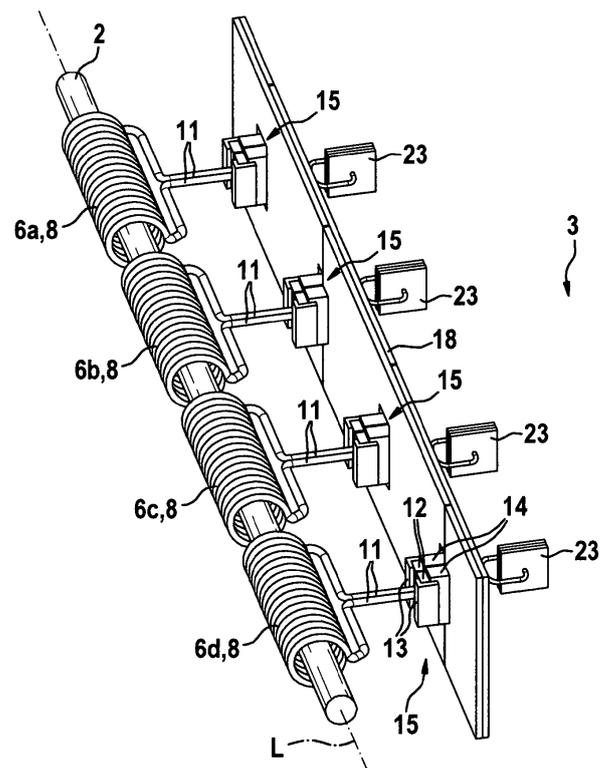
(72) Erfinder:
Häußler, Andreas, 72250 Freudenstadt, DE

(74) Vertreter:
**Suchy, Ulrich, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 72250
Freudenstadt, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Induktionsanlage zum Erwärmen stabförmiger Werkstücke**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Induktionsanlage (1) zum induktiven Erwärmen langgestreckter stabförmiger Werkstücke (2) mit mehreren Induktionsspulen (6a - 6d), die derart längs einer gemeinsamen Längsachse (L) angeordnet sind, dass das Werkstück (2) gleichzeitig im Durchlaufverfahren durch mehrere Induktionsspulen (6a - 6d) führbar ist. Parallel zur Längsachse (L) erstreckt sich eine Stromschiene (18), mit der die Induktionsspulen (6a - 6d) jeweils über eine Kopplungseinrichtung (15) lösbar mechanisch und elektrisch verbunden sind. Um eine derartige Induktionsanlage (1) energieeffizienter und einfacher im Aufbau zu machen, schlägt die Erfindung vor, dass die Induktionsspulen (6a - 6d) über die Stromschiene (18) in Serie verbunden sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Induktionsanlage zur induktiven Erwärmung, insbesondere Vergütung, von stabförmigen Werkstücken mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Dabei sind hier als „stabförmige Werkstücke“ insbesondere Stangen und Rohre mit beliebigem Querschnitt, aber auch Ketten und dergleichen gemeint.

[0002] Zur Vergütung von Stangen aus Stahl mit kreisförmigem Querschnitt sind Induktionsanlagen bekannt, bei denen die Stangen als Werkstücke einer Länge von zwei und mehr Meter Länge induktiv auf etwa 1000 Grad Celsius erwärmt, mittels Wasser abgeschreckt und dann wiederum auf etwa 400 Grad Celsius induktiv erwärmt und dadurch angelassen werden. Dabei werden die Stangen durch eine Vielzahl von Induktionsspulen geführt, die entlang einer gemeinsamen Längsachse angeordnet sind. Einige Induktionsspulen sind so eng nebeneinander, dass das Werkstück sich gleichzeitig innerhalb mehrerer Induktionsspulen befindet. Die Stangen werden mittels Führungen sowohl längs der Längsachse gefördert als auch um die Längsachse rotiert. Die Induktionsspulen sind jeweils über Kopplungseinrichtungen mit einer Stromschiene verbunden, die zwei Leiter aufweist, so dass die Induktionsspulen parallelgeschaltet sind. Die Windungszahl der Induktionsspulen muss aufwändig abgestimmt werden, um ein ideales Erwärmungsprofil zu erreichen. So soll das Werkstück anfangs möglichst schnell außen auf die Zieltemperatur erwärmt werden, um dann bis zum Kern des Werkstücks durchzuwärmen.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine derartige Induktionsanlage energieeffizienter und einfacher im Aufbau zu machen.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Induktionsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Induktionsanlage dient dem induktiven Erwärmen stabförmiger Werkstücke, und zwar insbesondere zum Vergüten oder auch zum Spannungsarmglühen oder Normalisieren. Beim Vergüten wird beispielsweise ein derartiges Werkstück aus Stahl zunächst auf etwa 1100 Grad Celsius induktiv erwärmt, dann mittels Wasser abgeschreckt auf eine Temperatur unter 50 Grad, jedenfalls an der Oberfläche, und dann zum Anlassen erneut auf etwa 350 bis 700 Grad Celsius induktiv erwärmt. Die erfindungsgemäße Induktionsanlage weist mehrere Induktionsspulen auf, wobei die Induktionsspulen längs einer gemeinsamen Längsachse angeordnet sind, so dass das Werkstück gleichzeitig durch mehrere Induktionsspulen führbar ist. Anders ausgedrückt sind die Induktionsspulen koaxial hintereinander angeordnet. Dadurch kann das Werkstück beim Durchlaufen der Induktionsspulen nacheinander bis zur gewünschten Solltemperatur erwärmt werden. Dabei

wird beim Vergüten im Sinne der Energieeffizienz und Geschwindigkeit idealerweise bereits von der ersten Spule die Solltemperatur im Randbereich erreicht und diese Temperatur dann außen von den nachfolgenden Spulen gehalten, bis sich über den gesamten Querschnitt des Werkstücks in etwa die gleiche Temperatur eingestellt hat.

[0005] Parallel zur Längsachse erstreckt sich eine Stromschiene zur Versorgung der Induktionsspulen mit elektrischer Energie. „Parallel“ ist hier nicht im Sinne enger geometrischer Toleranzen zu verstehen, sondern im Sinne einer groben Ausrichtung. Die Stromschiene ist insbesondere über Leitungen mit einem Generator verbunden, der eine Wechselspannung zur Verfügung stellt.

[0006] Die Induktionsspulen sind jeweils über eine Kopplungseinrichtung lösbar mechanisch und elektrisch mit der Stromschiene verbunden. Insbesondere sind also die Induktionsspulen nicht einstückig miteinander verbunden. Die Kopplungseinrichtungen ermöglichen einerseits die gesonderte Herstellung der Induktionsspulen, andererseits aber auch deren Austausch im Fall von Verschleiß oder einer Umrüstung der Anlage. Die Kopplungseinrichtungen können ein werkzeugloses Verbinden und Lösen ermöglichen, insbesondere erfolgt dies jedoch mittels Werkzeugen, beispielsweise durch Verwendung von Spannpratzen mit Schraubverbindungen. Insbesondere verbinden die Kopplungseinrichtungen die Induktionsspulen gleichzeitig elektrisch und mechanisch, denkbar ist jedoch auch eine getrennte Verbindung. Insbesondere stellen die Kopplungseinrichtungen beim Verbinden auch eine fluidische Verbindung für ein Kühlmedium, insbesondere Wasser, her. Dies erfolgt auf einfache Weise, wenn das Kühlmedium durch ein Rohr fließt, das die Windungen der Induktionsspule bildet, und die Zuleitung von der Stromschiene zur Kopplungseinrichtung ebenfalls ein Rohr, also ein elektrischer und fluidischer Leiter ist. Die Kopplungseinrichtung muss dabei eine dichte Verbindung sicherstellen.

[0007] Die erfindungsgemäße Induktionsanlage zeichnet sich dadurch aus, dass die Induktionsspulen über die Stromschiene in Serie verbunden sind. „In Serie“ bezieht sich dabei nicht auf die geometrische, sondern auf die elektrische Anordnung. Während bei einer dem Stand der Technik entsprechenden Parallelschaltung der Induktionsspulen der Strom, der durch die einzelne Induktionsspule fließt, über die Windungszahl gesteuert werden muss, fließt bei einer Serienanordnung automatisch immer der gleiche Strom durch alle Induktionsspulen. Die Stromstärke ist dabei entscheidend für die Ausbildung des Magnetfelds und damit für den Energieeintrag in das Werkstück. Es hat sich herausgestellt, dass sich die Spannung bei der erfindungsgemäßen Induktionsanlage an jeder einzelnen Induktionsspule automatisch

einstellt, und zwar bei Verwendung identischer Induktionsspulen so, dass der stärkste Energieeintrag dort erfolgt, wo das Werkstück den höchsten elektrischen Widerstand aufweist. Dieser Widerstand ist sowohl vom Erwärmungsprofil als auch von der Frequenz abhängig.-Dabei ist mit dem „Erwärmungsprofil“ die Temperaturverteilung über den Querschnitt des Werkstücks gemeint. Dadurch, dass der stärkste Energieeintrag dort erfolgt, wo das Werkstück noch relativ kalt ist, wird der zuvor beschriebene ideale Aufwärmvorgang, bei dem die Solltemperatur in der Randschicht des Werkstücks schnell erreicht und dann zum Durchwärmen gehalten wird, deutlich besser verwirklicht, als dies bei den bekannten Induktionsanlagen mit paralleler Schaltung der Fall ist. Gleichzeitig können alle Induktionsspulen gleich ausgeführt werden, was den Herstellungsaufwand, die Montage und die Reparatur der Induktionsanlage sehr vereinfacht.

[0008] In einer bevorzugten Ausführung sind geometrisch benachbarte Induktionsspulen gegenläufig vom Strom durchflossen. Bei insbesondere geometrisch gleicher Ausführung der Induktionsspulen führt dies dazu, dass sich stets entgegengesetzte Magnetfelder ausbilden, die sich derart aufheben, dass es zu keinen oder zumindest geringeren ungewollten induzierten Strömen im Werkstück oder in Teilen der Induktionsanlage längs der Induktionsspulen kommt. Dies erhöht sowohl die Sicherheit, als auch die Energieeffizienz der Induktionsanlage und kann als „Längsspannungskompensation“ bezeichnet werden. Alternativ kann die Längsspannungskompensation innerhalb einer Induktionsspule erfolgen, wobei dies einen aufwändigeren Spulenaufbau....

[0009] Vorzugsweise weist die Induktionsanlage mindestens vier entlang der gemeinsamen Längsachse angeordnete Induktionsspulen auf. Insbesondere ist die Zahl der Induktionsspulen geradzahlig, um die zuvor genannte Längsspannungskompensation vorzunehmen. Beispielsweise werden zum Erwärmen auf etwa 1000 Grad Celsius 20 Induktionsspulen und zum Anlassen 14 Induktionsspulen hintereinander angeordnet.

[0010] Um einen möglichst einfachen Aufbau und die Längsspannungskompensation zu erreichen, schlägt die Erfindung vor, dass die Induktionsspulen derart in Serie verbunden sind, dass der Strom in geometrischer Reihung und Nummerierung der Induktionsspulen entlang der gemeinsamen Längsachse zunächst nacheinander aufsteigend die Induktionsspulen gerader Nummerierung und dann absteigend die Induktionsspulen ungerader Nummerierung durchfließt. Der Strom fließt also durch jede zweite Induktionsspule zunächst von einem Ende zum anderen Ende der Stromschiene, um dann durch die dazwischenliegenden anderen Induktionsspulen wieder zurück zu fließen. Dadurch wird erreicht, dass sowohl

die Kopplungseinrichtungen als auch die Induktionsspulen alle geometrisch gleich ausgeführt werden können. Außerdem kann eine falsche Anordnung der Induktionsspulen auf einfache Weise dadurch ausgeschlossen werden, dass die Kopplungseinrichtungen nur den Einbau in genau einer, immer gleichen Lage erlauben.

[0011] Vorzugsweise sind mindestens zwei Kondensatoren jeweils in Serie unmittelbar zwischen je zwei Induktionsspulen angeordnet. Zwar wäre es auch möglich, einen einzigen Kondensator für alle Induktionsspulen gemeinsam zur Bildung eines Schwingkreises vorzusehen, wobei der Kondensator entweder in Serie oder parallel geschaltet sein könnte. Doch führt dies zu einer erheblichen Blindleistung über den gesamten, relativ großen Schwingkreis hinweg. Werden mehrere Kondensatoren so angeordnet, dass sie jeweils mit der benachbarten Induktionsspule in Schwingung gehen, wird die Blindleistung je Kondensator erheblich reduziert. Dies kann als „Teilkompensation“ bezeichnet werden, weil sich die Phasenverschiebung der benachbarten Bauteile, also Kondensator und Induktionsspule, gegenseitig zumindest teilweise aufheben.

[0012] Um dies mechanisch umzusetzen, schlägt die Erfindung vor, dass die Kondensatoren auf einer den Induktionsspulen abgewandten Seite der Stromschiene angeordnet sind. Hierdurch wird sowohl eine einfache Montage als auch ein gegebenenfalls notwendiger Austausch der Kondensatoren möglich.

[0013] Die Anordnung der Induktionsspule in Serie erfordert eine gegenüber dem Stand der Technik veränderte Stromschiene. Die Erfindung schlägt vor, dass die Stromschiene mehrere, sich parallel zur gemeinsamen Längsachse hintereinander wiederholende Module aufweist. Insbesondere weisen die Module Stanz-Biegeteile aus Blech auf.

[0014] Die Module weisen vorzugsweise Bleche mit Aussparungen auf. Die Aussparungen dienen insbesondere dazu, dass eine Verbindung zu einer Kopplungseinrichtung hindurch verläuft. So können benachbarte Bleche, die auf einer der Kopplungseinrichtung abgewandten Seite angeordnet sind, angeschlossen werden und gleichzeitig ein günstiger Stromfluss innerhalb der Bleche erreicht werden.

[0015] Für die Durchführung der Werkstücke durch die Induktionsspulen ist es wichtig, dass diese möglichst coaxial angeordnet sind, so dass ein möglichst gleichmäßiger, schmaler Spalt zwischen dem Werkstück und der Induktionsspule hergestellt wird. Die Erfindung schlägt daher vor, dass die Induktionsspulen jeweils mindestens eine Zentrierfläche aufweisen, mit der sie gegenüber einem Anlagenbett, das Führungen für das Werkstück aufweist, zentriert sind. Die Führungen und Aufnahmen für die Induktionsspulen

müssen einmalig ausgerichtet werden. Werden die Induktionsspulen mit den Zentrierflächen in die Aufnahmen gesetzt, sind sie automatisch koaxial ausgerichtet. Insbesondere bei einem Austausch einer Induktionsspule hat dies den Vorteil, dass kein aufwendiges Ausrichten erforderlich ist.

[0016] Die Zentrierflächen können unterschiedlichste Geometrien haben, beispielsweise können Zentrierstifte und/oder Zentrierbohrungen zum Einsatz kommen. Vorzugsweise weisen die Induktionsspulen jedoch jeweils ein außen im Wesentlichen zylindrisches Gehäuse auf, dessen Mantelfläche die Zentrierfläche bildet. Dies erlaubt einen einfachen Aufbau, bei dem lediglich ein genauer Zylinderdurchmesser und die Koaxialität der Mantelfläche zu den Windungen der Induktionsspule sichergestellt werden muss.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung der erfindungsgemäßen Induktionsanlage in einer vereinfachten Darstellung;

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung derselben Induktionsanlage ohne Anlagenbett, ohne Gehäuseteile und ohne Führungen für das Werkstück;

Fig. 3 eine Draufsicht derselben Induktionsanlage, wobei gegenüber **Fig. 2** außerdem die Induktionsspulen und die Kopplungseinrichtungen nicht dargestellt sind; und

Fig. 4 die gleichen Bauteile wie in **Fig. 3**, jedoch in einer perspektivischen Seitenansicht.

[0018] Die in **Fig. 1** dargestellte Induktionsanlage **1** dient dem Erwärmen eines langgestreckten, stabförmigen, rotationssymmetrischen Werkstücks **2**. Beispielsweise kann das Erwärmen Teil eines Vergütungsprozesses sein. Das Werkstück **2** wird mittels Führungen **3** mit Rollen **4** in Längsrichtung ausgerichtet und gefördert. Die Führungen **3** sind mit nicht dargestellten Böcken auf einem Anlagenbett **5** befestigt. Koaxial zum Werkstück **2** sind hintereinander entlang einer gemeinsamen Längsachse **L** vier Induktionsspulen **6a - 6d** angeordnet, wobei ein Teil der Führungen **3** zwischen den Induktionsspulen **6a - 6d** angeordnet ist, so dass das Werkstück **2** zwischen den Induktionsspulen **6a - 6d** gestützt und ausgerichtet ist. Die Induktionsspulen **6a - 6d** weisen jeweils ein Gehäuse **7** aus Kunststoff auf, das in **Fig. 1** dargestellt ist, während es in **Fig. 2** nicht dargestellt ist. Dadurch sind in **Fig. 2** die innerhalb der Gehäuses **7** angeordneten Windungen **8** aus Kupferrohr zu sehen. Die Windungen **8** der Induktionsspulen **6a - 6d** sind alle gleich gewickelt und gleich ausgerichtet, wie aus **Fig. 2** deutlich wird.

[0019] Die Gehäuse **7** sind außen zylinderförmig und bilden mit ihren zylindrischen Mantelflächen eine Zentrierfläche **9** für scheibenförmige Aufnahmen **10**, die die Gehäuse **7** an gegenüberliegenden Enden der Gehäuse **7** abstützen. Die Aufnahmen **10** umgreifen dazu gabelartig die Gehäuse **7**, so dass diese etwa mit dem halben Durchmesser aufliegen. Die Aufnahmen **10** sind jeweils auf dem Anlagenbett **5** befestigt und gemeinsam so ausgerichtet, dass eine koaxiale Ausrichtung der Induktionsspulen **6a - 6d** gewährleistet ist. Wird eine der Induktionsspulen **6a - 6d** ausgetauscht, so ist somit gewährleistet, dass die neue Induktionsspule durch ihre Zentrierfläche **9** automatisch wieder koaxial ausgerichtet ist.

[0020] Die Windungen **8** gehen, wie aus **Fig. 2** deutlich wird, an beiden Enden in mehrfach abgewinkelte Zuleitungen **11** über, die in Koppelplatten **12** aus Kupfer enden. Diese Koppelplatten **12** sind mit Spannpratzen **13** auf Koppelblöcke **14** aus Kupfer gespannt und dadurch mit ihnen mechanisch und elektrisch gekoppelt. Die Koppelplatten **12**, die Koppelblöcke **14** und die Spannpratzen **13** bilden somit eine Kopplungseinrichtung **15**. Die Spannpratzen **13**, die mit nicht dargestellten Schrauben an den Koppelblöcken **14** befestigt sind, ermöglichen ein einfaches Lösen und Wiederverbinden der Kopplungseinrichtung **15**. Auch eine fluidische Verbindung für Kühlwasser, das im Betrieb die Windungen **8** durchfließt, erfolgt durch die Kopplungseinrichtung **15**, da die Zuleitungen **11**, die Koppelplatten **12** und die Koppelblöcke **14** jeweils korrespondierende Bohrungen sowie Dichtungen (nicht dargestellt) aufweisen. Auch die Koppelblöcke **14** sind im Wesentlichen in einer Flucht zueinander ausgerichtet, doch sind die Zuleitungen **11** so flexibel, dass eine gewisse Toleranz ausgeglichen und die Zentrierung der Induktionsspulen **6a - 6d** über deren Zentrierflächen **9** nicht gefährdet ist.

[0021] Wie in **Fig. 1** dargestellt sind die Kopplungseinrichtungen **15** und die Zuleitungen **11** mit einer abnehmbaren, schützenden Umhüllung **16** aus Kunststoff umgeben. Jede Umhüllung **16** schließt auf einer der jeweiligen Induktionsspule **6a - 6d** abgewandten Seite unmittelbar an eine quaderförmigen Umhausung **17** einer die Induktionsspulen **6a - 6d** verbindenden Stromschiene **18** an.

[0022] Die Stromschiene **18** und angrenzende Bauteile sind in **Fig. 3** in einer Darstellung mit Blick von oben in Richtung des Anlagenbetts **5** (hier nicht dargestellt) gezeigt. Ergänzt sind Pfeile, die die Stromrichtung **S** in einem beispielhaften Moment anzeigen. Der Strom hat zur Erzeugung eines Magnetfelds, wie bei Induktionsanlagen üblich, eine Wechselspannung. Insofern würde in einem nachfolgenden Moment die Stromrichtung genau umgekehrt sein. **Fig. 4** zeigt die Stromschiene **18** schräg von der den nicht dargestellten Induktionsspulen **6a - 6d** zugewandten Seite aus. Diese Seite wird im Folgenden als „vorne“

und die den Induktionsspulen **6a - 6d** abgewandte Seite als „hinten“ bezeichnet.

[0023] Die Stromschiene **18** besteht im Wesentlichen aus Blechen **19**, die in zwei parallelen Reihen längs der Stromschiene **18** angeordnet sind. Es ist also vorne eine Reihe Bleche **19** und hinten eine Reihe Bleche **19** angeordnet, wobei die Bleche **19** sich alle nicht berühren und die Stöße der vorderen Reihe Bleche **19** zu den Stößen der hinteren Reihe Bleche **19** versetzt sind. Die Bleche **19** weisen sowohl im Bereich der Stöße, also an ihren Enden in Längsrichtung der Stromschiene **18**, als auch mittig Aussparungen **20** auf.

[0024] Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass der Strom von der in den Figuren jeweils linken Seite eingespeist wird, die daher als Anschlussseite **21** bezeichnet werden kann. Der Anschluss selbst ist zur besseren Übersicht nicht dargestellt. Entsprechend der dargestellten Stromrichtung **S** fließt der Strom zunächst durch die hinteren Bleche **19** und wird dann auf einer der Anschlussseite **21** gegenüberliegenden Seite über eine nicht dargestellte Verbindung zu den vorderen Blechen **19** geleitet, durch die er wieder zur Anschlussseite **21** gelangt. Entsprechend dieser Reihenfolge sind die Bleche **19** nachfolgend von eins bis sechs bezeichnet und der Stromfluss wird genauer beschrieben. Dabei ist das erste und das vierte Blech **19** etwa halb so lang wie die übrigen Bleche **19**. Nachdem das erste Blech **19** durchflossen ist, fließt der Strom durch einen Koppelblock **14** und die entsprechende Kopplungseinrichtung **15** zur ersten Induktionsspule **6a**. Der Koppelblock **14** ist mit dem ersten Blech **19** verbunden und durchgreift durch eine der Aussparungen **20** das sechste Blech **19**, das er nicht berührt. Auch der andere Koppelblock **14** dieser Kopplungseinrichtung **15**, aus dem der Strom nach Durchfließen der ersten Induktionsspule **6a** weiterfließt, durchgreift das sechste Blech **19**. Der Strom wird dann über Kondensatoranschlussleitungen **22** durch einen Kondensator **23** und von dort in das zweite Blech **19** eingeleitet. Der Kondensator **23** ist hinter den hinteren Blechen **19** gegenüber der ersten Induktionsspule **6a** angeordnet. Durch das zweite Blech **19** wird der Strom an der zweiten Induktionsspule **6b** vorbei zur dritten Induktionsspule **6c** geleitet, die wiederum über Koppelblöcke **14**, die das fünfte Blech **19** durchgreifen, kontaktiert ist. Wiederum nach dem Durchfließen der dritten Induktionsspule **6c** wird ein Kondensator **23** durchflossen, bevor der Strom durch das dritte Blech **19** an der vierten Induktionsspule **6d** vorbei das der Anschlussseite **21** gegenüberliegende Ende der Stromschiene **18** erreicht und über die vorderen Bleche **19** zurückgelenkt wird. Hier durchfließt der Strom zunächst das vierte Blech **19** und fließt dann genauso wie zuvor beschrieben über Kopplungsblöcke **14** in die vierte Induktionsspule **6d** und einen gegenüberliegenden Kondensator **23**. Damit dabei nicht das hintere, dritte Blech **19** kontak-

tiert wird, weist dieses wiederum eine entsprechende Aussparung **20** zum Durchgreifen auf. Danach wird das fünfte Blech **19**, die zweite Induktionsspule **6b**, ein weiterer Kondensator **23** und schließlich das sechste Blech **19** durchflossen. Dadurch dass der Strom nun wieder in Richtung der Anschlussseite **21** fließt, werden die vierte und die zweite Induktionsspule **6d**, **6b** andersherum durchflossen als die erste und die zweite Induktionsspule **6a**, **6c**. Damit sind die Magnetfelder benachbarter Induktionsspulen **6a - 6d** jeweils entgegengesetzt, was zu einer Längsspannungskompensation und somit zur Minderung ungewollter induzierter Ströme längs des Werkstücks **2** führt.

[0025] Anders ausgedrückt sind die Induktionsspulen **6a - 6d** derart über die vorderen und hinteren Bleche **19** in Serie verbunden, dass der Strom in geometrischer Reihung und Nummerierung der Induktionsspulen **6a - 6d** entlang der gemeinsamen Längsachse **L** zunächst nacheinander aufsteigend die Induktionsspulen gerader Nummerierung **6a**, **6c** und dann absteigend die Induktionsspulen ungerader Nummerierung **6b**, **6d** durchfließt und damit sich paarweise längsspannungskompensierende, entgegengesetzte Magnetfelder entstehen.

[0026] Die Kondensatoren **23** sind jeweils in Serie unmittelbar zwischen je zwei Induktionsspulen **6a - 6d** angeordnet, so dass jede Induktionsspule **6a - 6d** mit einem elektrisch unmittelbar benachbarten Kondensator **23** in Schwingung geraten kann. Gegenüber einem einzigen Kondensator, beispielsweise abseits der Stromschiene **18** im Bereich eines Generators, hat dies den Vorteil einer deutlich verringerten Blindleistung je Kondensator. Dabei könnte auch der ein oder andere Kondensator **23** durch Überbrückung weggelassen werden.

[0027] Es wird deutlich, dass die Stromschiene **18** durch weitere Bleche **19**, wie dem dritten und dem fünften Blech **19** beliebig verlängert und somit weitere Induktionsspulen und Kondensatoren angeordnet werden könnten (nicht dargestellt). Die Bleche **19** bilden somit Module **24**, aus denen die Stromschiene **18** zusammengestellt ist.

Bezugszeichenliste

Induktionsanlage zum Erwärmen stabförmiger Werkstücke

- | | |
|-----------|-----------------------|
| 1 | Induktionsanlage |
| 2 | Werkstück |
| 3 | Führung |
| 4 | Rolle |
| 5 | Anlagenbett |
| 6a | erste Induktionsspule |

- 6b** zweite Induktionsspule
- 6c** dritte Induktionsspule
- 6d** vierte Induktionsspule
- 7** Gehäuse der Induktionsspulen **6a - 6d**
- 8** Windung
- 9** Zentrierfläche
- 10** Aufnahme für eine Induktionsspule **6a - 6d**
- 11** Zuleitung zu den Windungen 8
- 12** Koppelplatte
- 13** Spannpratze
- 14** Koppelblock
- 15** Kopplungseinrichtung
- 16** Umhüllung
- 17** Umhausung
- 18** Stromschiene
- 19** Blech
- 20** Aussparungen
- 21** Anschlussseite
- 22** Kondensatoranschlussleitung
- 23** Kondensator
- 24** Module
- L** gemeinsame Längsachse der Induktionsspulen **6a - 6d**
- S** Stromrichtung

Patentansprüche

1. Induktionsanlage zum induktiven Erwärmen, insbesondere Vergüten, stabförmiger Werkstücke (2), insbesondere Stangen, Rohre oder Ketten, mit mehreren Induktionsspulen (6a - 6d), wobei die Induktionsspulen (6a - 6d) derart längs einer gemeinsamen Längsachse (L) angeordnet sind, dass das Werkstück (2) gleichzeitig durch mehrere Induktionsspulen (6a - 6d) führbar ist, wobei sich im Wesentlichen parallel zur Längsachse (L) eine Stromschiene (18) erstreckt, und wobei die Induktionsspulen (6a - 6d) jeweils über eine Kopplungseinrichtung (15) lösbar mechanisch und elektrisch mit der Stromschiene (18) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Induktionsspulen (6a - 6d) über die Stromschiene (18) in Serie verbunden sind.

2. Induktionsanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass geometrisch benachbarte Induktionsspulen (6a - 6d) gegenläufig vom Strom durchflossen werden.

3. Induktionsanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Induktionsanlage (1) mindestens vier entlang der gemeinsamen Längsachse (L) angeordnete Induktionsspulen (6a - 6d) aufweist.

4. Induktionsanlage nach den vorstehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Induktionsspulen (6a- 6d) derart in Serie verbunden sind, dass der Strom in geometrischer Reihung und Nummerierung der Induktionsspulen (6a - 6d) entlang der gemeinsamen Längsachse (L) zunächst nacheinander aufsteigend die Induktionsspulen gerader Nummerierung (6a, 6c) und dann absteigend die Induktionsspulen ungerader Nummerierung (6b, 6d) durchfließt.

5. Induktionsanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Kondensatoren (23) jeweils in Serie unmittelbar zwischen je zwei Induktionsspulen (6a - 6d) angeordnet sind.

6. Induktionsanlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kondensatoren (23) auf einer den Induktionsspulen (6a - 6d) abgewandten Seite der Stromschiene (18) angeordnet sind.

7. Induktionsanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stromschiene (18) mehrere, sich parallel zur gemeinsamen Längsachse (L) hintereinander wiederholende Module (24) aufweist.

8. Induktionsanlage nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Module (24) Bleche (19) mit Aussparungen (20) aufweisen, durch die eine Verbindung zu einer der Kopplungseinrichtungen (15) verläuft.

9. Induktionsanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Induktionsspulen (6a - 6d) jeweils mindestens eine Zentrierfläche (9) aufweisen, mit der sie gegenüber einem Anlagenbett (5), das Führungen (3) für das Werkstück (2) aufweist, zentriert sind.

10. Induktionsanlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Induktionsspulen (6a - 6d) jeweils ein außen im Wesentlichen zylindrisches Gehäuse (7) aufweisen, dessen Mantelfläche die Zentrierfläche (9) bildet.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

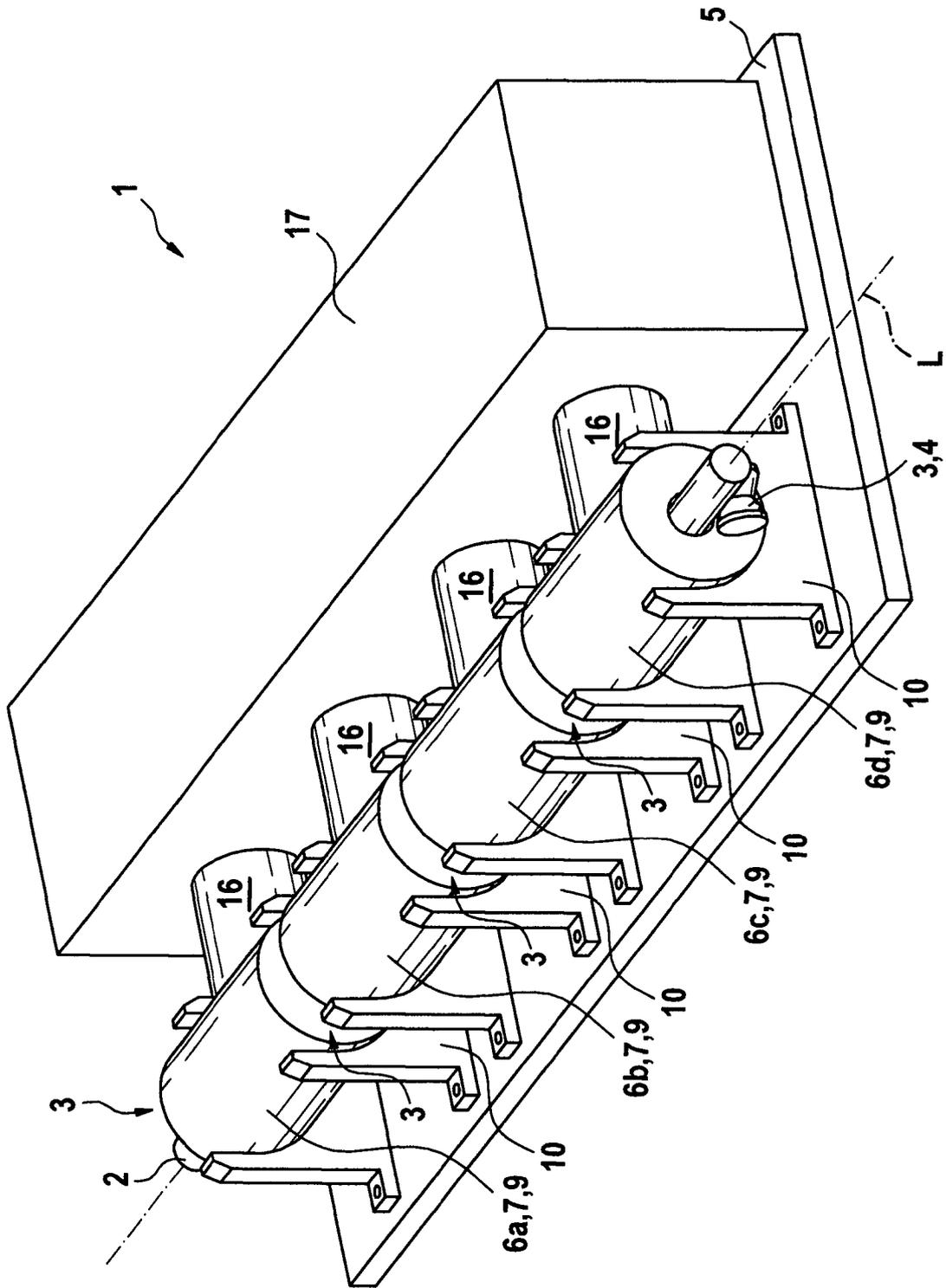


Fig. 1

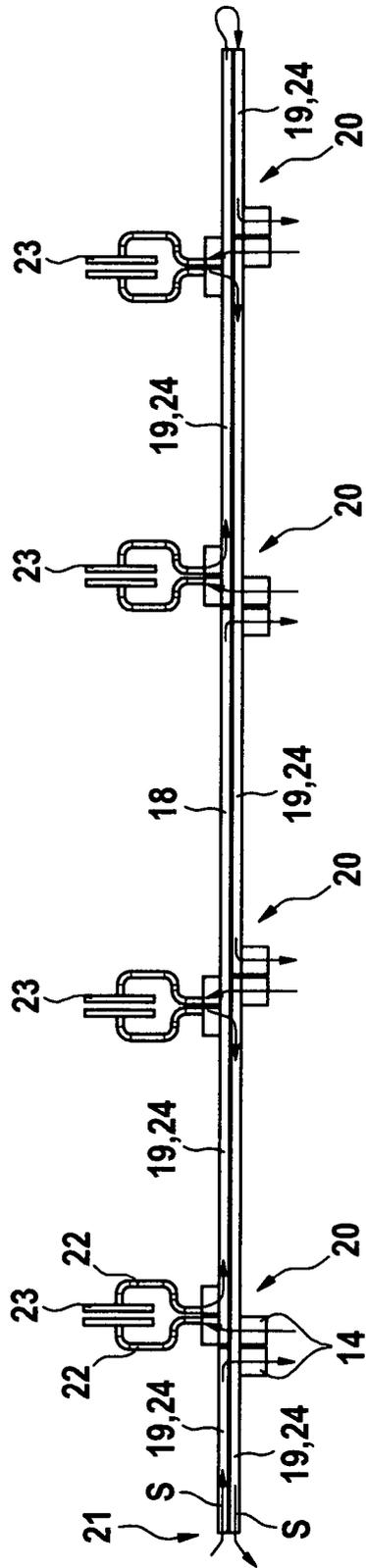


Fig. 3

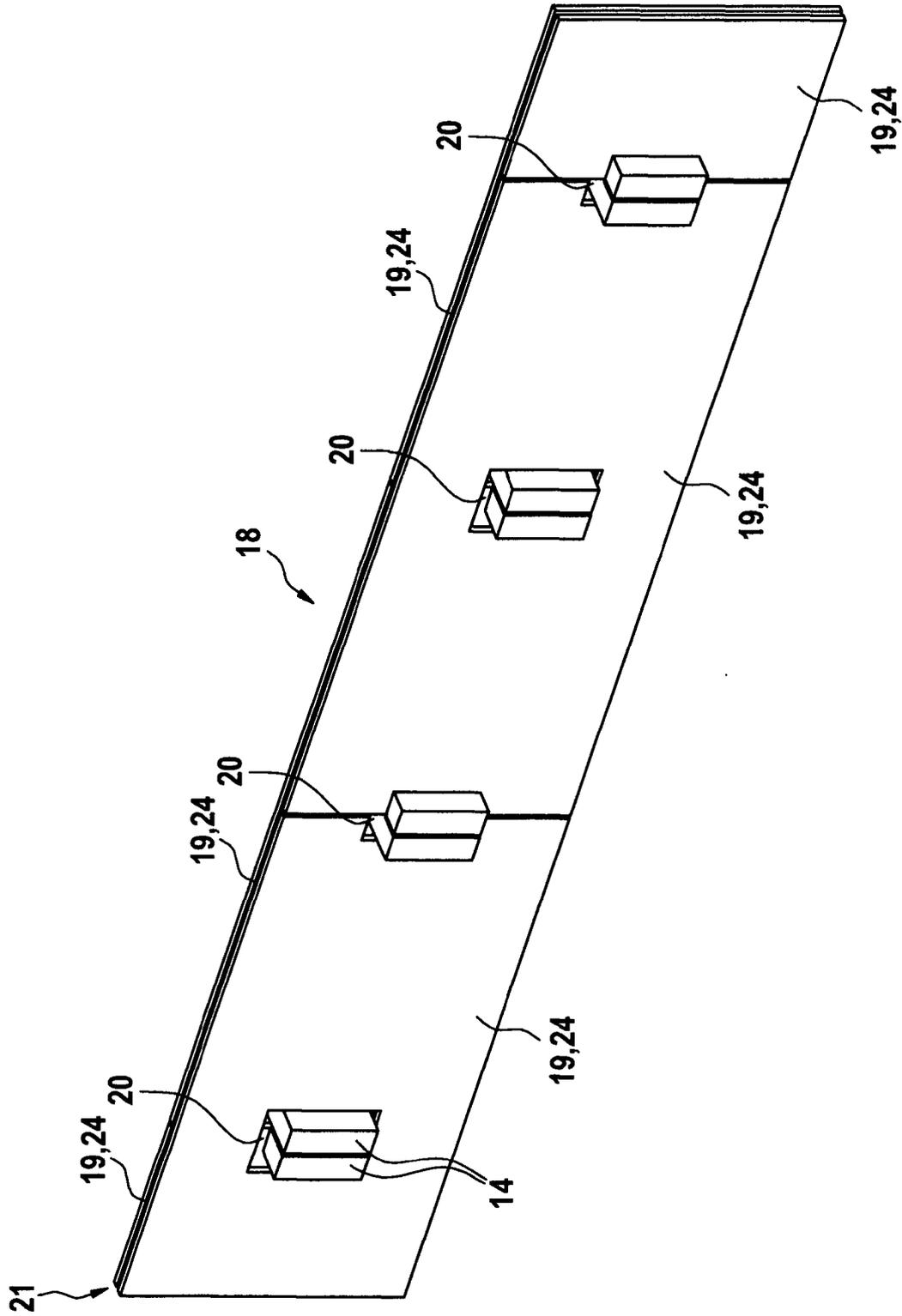


Fig. 4