

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. April 2009 (30.04.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/052886 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H05B 6/02 (2006.01) **H05B 6/14** (2006.01)
H05B 6/06 (2006.01)

[DE/DE]; Berliner Allee 43, 59425 Unna (DE). **BILSTEIN, Peter** [DE/DE]; Karl-Millöcker-Str. 16, 58708 Menden (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/006716

(74) **Anwalt: PRIETSCH, Reiner**; Postfach 14 55, 82170 Puchheim (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

14. August 2008 (14.08.2008)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2007 051 108.8

24. Oktober 2007 (24.10.2007) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ZENERGY POWER GMBH** [DE/DE]; Heisenbergstr. 16, 53359 Rheinbach (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **WITTE, Werner**

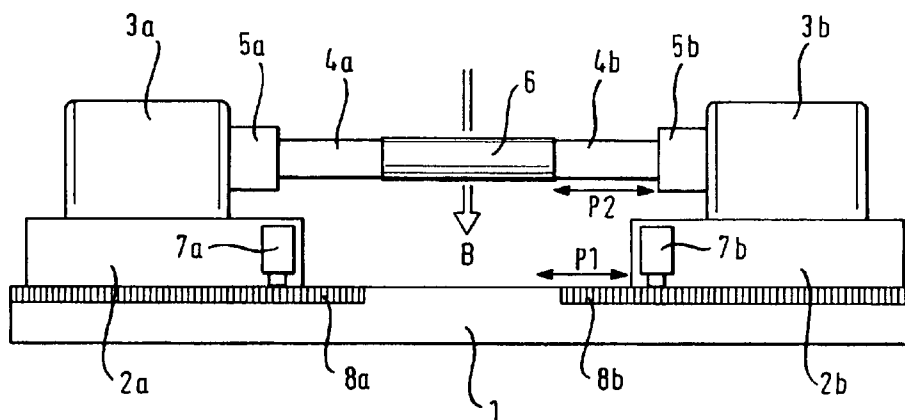
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR INDUCTIVE HEATING OF A METALLIC WORKPIECE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM INDUKTIVEN ERWÄRMEN EINES METALLISCHEN WERKSTÜCKS

Fig. 1



(57) **Abstract:** A method for inductive heating of a metallic workpiece to a SET temperature by rotation of the workpiece relative to a constant magnetic field which passes through the workpiece, distinguished in that the workpiece is clamped in between two clamping jaws which can be rotated about a common axis, in that at least one of the clamping jaws is driven to rotate, in that at least one of the clamping jaws can be moved actively on or parallel to the rotation axis, in that the contact-pressure force is controlled by means of at least one of the clamping jaws, and in that at least one mechanical variable, which is representative of the workpiece temperature, is measured as the ACT value and is compared with a SET value, which is representative of the SET temperature, of this mechanical variable.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/052886 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum induktiven Erwärmen eines metallischen Werkstücks auf eine SOLL-Temperatur durch Drehen des Werkstücks relativ zu einem das Werkstück durchsetzenden Gleichmagnetfeld zeichnet sich dadurch aus, dass das Werkstück zwischen zwei um eine gemeinsame Achse drehbare Klemmbacken eingespannt wird, dass mindestens eine der Klemmbacken drehangetrieben wird, dass mindestens eine der Klemmbacken in oder parallel zu der Drehachse aktiv verschiebbar ist, dass die Anpresskraft mindestens einer der Klemmbacken geregelt wird und dass mindestens eine für die Werkstücktemperatur repräsentative mechanische Größe als IST-Wert gemessen und mit einem für die SOLL-Temperatur repräsentativen SOLL-Wert dieser mechanischen Größe verglichen wird.

5

**Verfahren zum induktiven Erwärmen
eines metallischen Werkstücks**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum induktiven Erwärmen eines metallischen Werkstücks auf eine SOLL-Temperatur durch Bewegen, insbesondere Drehen, des Werkstücks relativ zu einem das Werkstück durchsetzenden Magnetfeld.

Metallische Werkstücke insbesondere in Form von Barren, Blöcken, Knüppeln oder Stangen können in einem Magnetfeld erwärmt werden, das mittels mindestens einer Spule erzeugt wird, deren Wicklung entweder von einem Wechselstrom oder von einem Gleichstrom durchflossen wird. Im ersteren Fall ruht das Werkstück gewöhnlich in dem Wechselmagnetfeld, kann aber auch relativ zu diesem translatorisch oder rotierend bewegt werden. Im letzteren Fall, also bei der Erzeugung eines Gleichmagnetfeldes, ist eine translatorische und/oder rotierende Relativbewegung zwischen dem Magnetfeld und dem Werkstück erforderlich.

Verfahren zu einem derartigem induktiven Erwärmen eines Werkstücks in einem Gleichmagnetfeld sind z.B. aus der WO 2004/066681 A1 und der DE 10 2005 061 670 A1 bekannt.

Eine grundsätzliche Schwierigkeit der bekannten Verfahren zum induktiven Erwärmen von sich bewegenden Werkstücken besteht darin, die zeitabhängig steigende Temperatur des Werkstücks mit hinreichender und reproduzierbarer Genauigkeit zu ermitteln, um bei Erreichen einer vorgeschriebenen SOLL-Temperatur den Erwärmungsprozess zu beenden. Berührende direkte Messungen z.B. mittels Thermoelement, liefern zwar sehr präzise Messwerte, sind aber wenig praktikabel,

weil sie nur am stillstehenden Werkstück ausführbar sind. Berührende indirekte Messungen, z.B. Messungen des temperaturabhängigen Widerstandes des Werkstückmaterials, können zwar am sich bewegenden Werkstück durchgeführt werden, erfordern aber Schleifkontakte, die nicht nur verschleissanfällig sind sondern infolge von Oxid- und Zunderschichten auf der Werkstückoberfläche auch zu sehr ungenauen Messergebnissen führen. Diesen Nachteil hat auch einer aus der DE 30 33 482 A1 bekanntes Verfahren zur Messung der Temperatur einer induktiv beheizbaren Walze durch Messung des Walzendurchmessers.

Berührungslose, d.h. pyrometrische Messungen sind zwar wesentlich einfacher durchführbar, liefern aber keine hinreichend genauen und reproduzierbaren Messergebnisse, denn sie beruhen auf der Umrechnung der gemessenen IR-Strahlung mittels Korrekturfaktoren auf die entsprechende Schwarzkörperstrahlung. Die Korrekturfaktoren, die die Emissivität des jeweiligen Werkstoffs im Verhältnis zu einem schwarzen Körper ausdrücken, sind jedoch vom Material und zusätzlich von der Oberflächenbeschaffenheit des Werkstücks abhängig. Die Oberflächenbeschaffenheit ist ihrerseits insbesondere durch Oxid- und/oder Zunderbildung erheblich temperaturabhängig. Deshalb kann die Emissivität sich zwischen der Raumtemperatur und der SOLL-Temperatur erheblich sowohl nach oben als auch nach unten verändern. Z.B. steigt die Emissivität für Kupfer von ca. 0,3 bei Raumtemperatur infolge der Bildung von schwarzem Kupferoxid auf ca. 0,7 bei 600°C. Für Aluminium hingegen sinkt die Emissivität mit zunehmender Temperatur infolge der Bildung von weißem Aluminiumoxid. Unabhängig davon können insbesondere stranggegossene Blöcke bereits vor der Wärmebehandlung eine von Block zu Block unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit haben. Deshalb ist auch eine pyrometrische Messung der IST-Temperatur eines Werkstücks in vielen Fällen weder hinreichend genau noch

liefert sie von Werkstück zu Werkstück reproduzierbare Werte.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, das es ermöglicht, ein metallisches Werkstück mit hinreichender und reproduzierbarer Genauigkeit auf eine SOLL-Temperatur induktiv zu erwärmen.

Diese Aufgabe ist bei einem Verfahren zum induktiven Erwärmen eines metallischen Werkstücks auf eine SOLL-Temperatur durch Drehen des Werkstücks relativ zu einem das Werkstück durchsetzenden Gleichmagnetfeld, dadurch gelöst, dass das Werkstück zwischen zwei um eine gemeinsame Achse drehbare Klemmbacken eingespannt wird, dass mindestens eine der Klemmbacken drehangetrieben wird, dass mindestens eine der Klemmbacken in oder parallel zu der Drehachse aktiv verschiebbar ist, dass die Anpresskraft mindestens einer der Klemmbacken geregelt wird und dass mindestens eine für die Werkstücktemperatur repräsentative mechanische Größe als IST-Wert gemessen und mit einem für die SOLL-Temperatur repräsentativen SOLL-Wert dieser mechanischen Größe verglichen wird.

Im Regelfall wird das induktive Erwärmen beendet, wenn der IST-Wert den SOLL-Wert erreicht hat.

Vorzugsweise wird der IST-Wert der repräsentativen mechanischen Größe als proportionales elektrisches Signal gemessen oder in ein solches elektrisches Signal umgewandelt, dessen Wert dann mit dem Wert eines dem SOLL-Wert entsprechenden elektrischen Signals verglichen wird.

Zum Beispiel zu Dokumentationszwecken kann der IST-Wert fortlaufend gemessen und abgespeichert werden.

35

Bevorzugt wird der für die SOLL-Temperatur repräsentative SOLL-Wert anhand eines gleichartigen Referenzwerkstücks ermittelt, das nach dem gleichen Verfahren induktiv erwärmt wird, wobei dessen Temperatur und der korrespondierende
5 IST-Wert der mechanischen Größe ermittelt sowie der bei Erreichen der SOLL-Temperatur gemessene Wert der mechanischen Größe als SOLL-Wert für alle gleichartigen Werkstücke behandelt wird.

10 Besonders einfach kann als repräsentative mechanische Größe die Wärmeausdehnung des Werkstücks verwendet werden.

Diese Wärmeausdehnung kann mittels einer direkten oder indirekten Wegmessung gemessen werden. Diese kann berührungs-
15 los oder berührend arbeiten.

Weil die Wärmeausdehnung proportional zu einem Anfangswert der gemessenen Abmessung des Werkstücks bei der Anfangstemperatur ist, ist bei einem langgestreckten Werkstück, z.B.
20 einem Knüppel oder einem Barren, die Messung dessen Wärmeausdehnung längs dessen längerer Achse mit einem geringeren Messaufwand verbunden als eine Messung längs dessen kürzerer Achse, also z.B. bei einem zylindrischen Werkstück die Messung dessen Durchmessers.

25 Eine weitgehend anisotrop gleichmäßige SOLL-Temperatur des Werkstücks ist gewährleistet, wenn schlecht wärmeleitende Klemmbacken verwendet werden.

30 Wenn die SOLL-Temperatur in dem Temperaturbereich liegt, bei dem der Werkstoff des Werkstücks in Abhängigkeit von der Flächenpressung beginnt, sich plastisch zu verformen, wird die Anpresskraft in Abhängigkeit von der Temperatur auf einen Wert geregelt, der einer Flächenpressung ent-
35 spricht, die kleiner als die temperaturabhängige Flächen-

pressung ist, bei der diese plastische Deformation des Werkstücks beginnt. Dadurch ist gewährleistet, dass der Abstand der Klemmbacken proportional zur Zunahme der Temperatur des Werkstücks wächst solange der Ausdehnungskoeffizient temperaturunabhängig konstant bleibt. Das trifft für die meisten Werkstoffe mit hinreichender Genauigkeit zu.

Insbesondere wenn die Anpresskraft der Klemmbacken hydraulisch erzeugt und der Wert der Anpresskraft aus dem Wert des hydraulischen Drucks ermittelt wird, kann nötigenfalls der Wert der Anpresskraft sehr einfach durch Absenken des hydraulischen Drucks verringert werden.

Die Anpresskraft der Klemmbecken z. B. durch Linearverschiebung einer der drehbaren Klemmbecken kann auch durch einen Linearmotor, Spindeltrieb oder einen Zahnstangentrieb eingestellt oder geregelt werden.

Anstelle der Wärmeausdehnung kann als repräsentative mechanische Größe auch die dem Werkstück zugeführte mechanische Arbeit verwendet werden.

Weil die mechanische Arbeit bei einem rotierend angetriebenen Werkstück unter anderem von dem übertragenen Drehmoment abhängig ist, ist es zweckmäßig, mindestens das auf das Werkstück übertragene Drehmoment fortlaufend zu messen.

Bei konstanter Drehzahl kann dann die mechanische Arbeit aus dieser Drehzahl, dem gemessenen Drehmoment und der Zeit errechnet werden.

Wird das Werkstück während seiner Erwärmung mit unterschiedlichen Drehzahlen drehangetrieben, errechnet sich die

mechanische Arbeit hingegen aus dem Zeitintegral dieser zeitabhängigen Drehzahl und des zeitabhängigen Drehmoments. Das Drehmoment kann aus dem Wirkstrom oder der Wirkleistung des Umrichters der Motorkennlinie errechnet. Dieses
5 und andere Verfahren zur fortlaufenden Drehmomentsmessung sind dem Fachmann bekannt.

In der Regel ist die anhand der Wärmeausdehnung ermittelte Temperatur mit einem geringeren Fehler als die anhand der
10 mechanischen Arbeit ermittelte Temperatur behaftet. Bevorzugt wird deshalb die anhand der mechanischen Arbeit ermittelte Temperatur nur zur Plausibilitätskontrolle der anhand der Wärmeausdehnung ermittelten Temperatur des Werkstücks benutzt.

15

Das vorgeschlagene Verfahren wird zweckmäßig prozessgesteuert durchgeführt. Hierzu können insbesondere die an dem Referenzwerkstück zwar aufwendig aber genau gemessenen Referenz-Werte und die an den Werkstücken gemessenen IST-
20 Werte der mechanischen Größe fortlaufend in einem Prozessrechner gespeichert werden, der die während der induktiven Erwärmung gemessenen IST-Werte des Werkstücks mit den gespeicherten Referenz-Werten vergleicht und ein die IST-Temperatur repräsentierendes Signal ausgibt. Anhand dieses
25 Signals, das als analoger oder digitaler Wert z.B. auf einem Bildschirm zur Anzeige gebracht werden kann, kann das Bedienpersonal die errechnete aktuelle Temperatur des Werkstücks ablesen. Insbesondere kann das Signal jedoch dazu verwendet werden, den Erwärmungsvorgang selbsttätig zu be-
30 enden, sobald die IST-Temperatur die SOLL-Temperatur erreicht hat.

Eine Weiterbildung dieses Verfahrens besteht darin, dass in dem Prozessrechner die Referenz-Werte für Werkstücke unterschiedlicher Abmessungen und/oder für Werkstücke aus unterschiedlichen Werkstoffen in getrennten Dateien abgespeichert werden. Für Werkstücke wechselnder Abmessungen und/oder aus unterschiedlichen Werkstoffen, die im letzten Fall in der Regel auch auf unterschiedliche SOLL-Temperaturen erwärmt werden sollen, beschränkt sich die Prozesssteuerung in diesem Fall auf den Aufruf der jeweils einschlägigen Datei und der SOLL-Temperatur, entweder von Hand oder, bei durchgehend prozessgesteuerten Anlagen, automatisch anhand der von einem übergeordneten Prozessrechner übermittelten Werkstück- und/oder Werkstoffdaten.

Wenn alternativ oder zusätzlich die mechanische Arbeit als für die Werkstücktemperatur repräsentative Größe verwendet wird, können in den Prozessrechner mindestens der Werkstoff und die Abmessungen des zu erwärmenden Werkstücks eingegeben werden und der Prozessrechner so programmiert sein, dass er mindestens die Anpresskraft der Klemmbacken, die Drehzahl des Werkstücks und die Induktion nach eine vorgegebenen Programm zeitabhängig steuert.

Wenn das erwärmte Werkstück nicht sogleich weiter bearbeitet wird, kann bei Erreichen der SOLL-Temperatur des Werkstücks mindestens die Drehzahl des Werkstückes auf einen Wert abgesenkt werden, bei dem die Verluste durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung annähernd ausgeglichen werden.

Alternativ oder zusätzlich kann zum gleichen Zweck die magnetische Induktion abgesenkt werden.

Das Gleichmagnetfeld kann mittels mindestens einer supra-
leitenden Spule erzeugt werden.

Das Verfahren nach der Erfindung wird nachfolgend anhand
5 der Zeichnung beispielhaft erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine stark vereinfachte Darstellung einer
Vorrichtung zum induktiven Erwärmen eines Werk-
stücks auf eine SOLL-Temperatur durch Messung der
10 Wärmeausdehnung des Werkstücks und

Fig. 2 eine stark vereinfachte Darstellung einer
Vorrichtung zum induktiven Erwärmen eines Werk-
stücks auf eine SOLL-Temperatur durch Messung der
15 dem Werkstück zugeführten mechanischen Arbeit.

In Fig. 1 sind auf einem Maschinenbett 1 zwei voneinander
beabstandete Schlitten 2a, 2b angeordnet. Mindestens einer
dieser Schlitten ist mittels eines nicht gezeichneten Ant-
riebes in Richtung des Doppelpfeiles P1 verfahrbar. Jeder
20 der Schlitten 2a bzw. 2b trägt einen Elektromotor 3a bzw.
3b. Jeder Elektromotor 3a bzw. 3b treibt einen Klemmbacken
4a bzw. 4b an. Mindestens einer der Klemmbacken 4a, 4b ist
mittels einer hydraulischen Vorrichtung 5a, 5b in Bezug auf
den betreffenden Elektromotor 3a, 3b entsprechend dem Dop-
25 pelpfeil P2 verschiebbar. Zwischen den Klemmbacken ist ein
Werkstück in Form eines zylindrischen Barrens 6 einges-
pannt. Der Barren 6 wird von einem durch den Pfeil B ange-
deuteten Magnetfeld durchsetzt, das von einer nicht darges-
tellten, gleichstromdurchflossenen Spule erzeugt wird.

30 Jeder der Schlitten 2a bzw. 2b trägt einen Wegmessgeber 7a
bzw. 7b. Diese Wegmessgeber 7a bzw. 7b messen die Position
des jeweiligen Schlittens relativ zu dem Maschinenbett 1

durch Abtastung der angedeuteten Messlineale 8a bzw. 8b und damit im Ergebnis die sich temperaturabhängig ändernde Länge des Barrens 6 zwischen den Klemmbacken 4a, 4b. Anstelle der gezeichneten Wegaufnehmer 7a bzw. 7b kann auch jede andere Weg- oder Entfernungsmesseinrichtung, die mit hinreichender Genauigkeit arbeitet, verwendet werden. Insbesondere kann auch ein Laserentfernungsmesser, der unmittelbar den Abstand zwischen den Schlitten 2a und 2b misst, oder ein Laserentfernungsmesser, der unmittelbar den Abstand der Stirnflächen der Klemmbacken 4a und 4b misst und die Messdaten drahtlos an eine Empfangseinrichtung sendet, verwendet werden.

Fig. 2 zeigt in ebenfalls sehr schematischer und vereinfachter Form eine Vorrichtung zum induktiven Erwärmen, bei der die Temperatur des Werkstücks 6 anhand der diesem zugeführten Arbeit ermittelt wird. Das Werkstück 6 dreht sich zwischen den Polschuhen eines Eisenkerns 20 einer Spule 21, die insbesondere eine supraleitende Wicklung haben kann.

Das Werkstück 6 wird über einen angedeuteten Antriebsmotor 23 (im Prinzip analog Fig. 1, d.h. zwischen Klemmbacken gelagert und gegebenenfalls auch über zwei Antriebsmotoren) in Drehung versetzt. Das von dem Antriebsmotor 23 auf das Werkstück 6 übertragene Drehmoment wird mittels an sich bekannter Aufnehmer, z.B. auf der Welle angeordneter Dehnungsmessstreifen, als elektrisches Signal zu einer Verarbeitungseinheit 24 übertragen, die einen drehmomentproportionalen Wert an den Prozessrechner 25 liefert. Der Prozessrechner erhält des Weiteren ein z.B. von dem Antriebsmotor 21 abgeleitetes Signal, das die Drehzahl des Werkstücks 6 repräsentiert. Sobald die Drehzahl von 0 verschieden ist, wird in dem Rechner eine Zeitmessung gestartet. Aus der Drehzahl, dem Drehmoment und der verstrichenen Er-

wärmungszeit ermittelt der Rechner die dem Werkstück zugeführte Arbeit. Rechnerintern wird der IST-Wert der Arbeit mit einem gespeicherten SOLL-Wert verglichen und bei Gleichheit z.B. der Antriebsmotor 23 stillgesetzt.

5

Der SOLL-Wert oder eine Anzahl von SOLL-Werten als Abtastwerte werden für jede Werkstückabmessung und jedes Werkstückmaterial an einem gleichartigen oder identischen Werkstück, das vorzugsweise auf die gleiche Weise induktiv erwärmt wird, z.B. durch wiederholte Unterbrechung der Erwärmung durch Stillsetzen des Antriebs berührend mittels Thermoelement oder durch kalibrierte pyrometrische Messung am bewegten Werkstück gemessen.

10

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum induktiven Erwärmen eines metallischen
5 Werkstücks auf eine SOLL-Temperatur durch Drehen des
Werkstücks relativ zu einem das Werkstück durchsetzen-
den Gleichmagnetfeld, **dadurch gekennzeichnet**, dass das
Werkstück zwischen zwei um eine gemeinsame Achse dreh-
bare Klemmbacken eingespannt wird, dass mindestens ei-
10 ne der Klemmbacken drehangetrieben wird, dass mindes-
tens eine der Klemmbacken in oder parallel zu der
Drehachse aktiv verschiebbar ist, dass die Anpress-
kraft mindestens einer der Klemmbacken geregelt wird
und dass mindestens eine für die Werkstücktemperatur
15 repräsentative mechanische Größe als IST-Wert gemessen
und mit einem für die SOLL-Temperatur repräsentativen
SOLL-Wert dieser mechanischen Größe verglichen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
20 dass das induktive Erwärmen beendet wird, wenn der
IST-Wert den SOLL-Wert erreicht hat.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, dass der IST-Wert der repräsentativen
25 mechanischen Größe als elektrisches Signal gemessen
oder in ein elektrisches Signal gewandelt wird, und
dass dessen Wert mit dem Wert eines dem SOLL-Wert ent-
sprechenden elektrischen Signals verglichen wird.
- 30 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch

gekennzeichnet, dass der IST-Wert fortlaufend gemessen und abgespeichert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der für die SOLL-Temperatur repräsentative SOLL-Wert anhand eines gleichartigen Referenzwerkstücks ermittelt wird, das nach dem gleichen Verfahren induktiv erwärmt wird, wobei dessen Temperatur und der korrespondierende IST-Wert der mechanischen Größe ermittelt sowie der bei Erreichen der SOLL-Temperatur gemessene Wert der mechanischen Größe als SOLL-Wert für alle gleichartigen Werkstücke behandelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass als repräsentative mechanische Größe die Wärmedehnung des Werkstücks verwendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmedehnung mittels einer Wegmesseinrichtung gemessen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmedehnung des Werkstücks längs dessen längerer Achse gemessen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass schlecht wärmeleitende Klemmbanken verwendet werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpresskraft in Abhängigkeit von der Temperatur auf einen Wert geregelt wird, der

einer Flächenpressung entspricht, die kleiner als die temperaturabhängige Flächenpressung ist, bei der die plastische Deformation des Werkstücks beginnt.

- 5 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpresskraft der Klemmbacken hydraulisch erzeugt und der Wert der Anpresskraft aus dem Wert des hydraulischen Drucks ermittelt wird.
- 10 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass als repräsentative mechanische Größe die dem Werkstück zugeführte mechanische Arbeit verwendet wird.
- 15 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens das auf das Werkstück übertragene Drehmoment fortlaufend gemessen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch
20 gekennzeichnet, dass die mechanische Arbeit aus Drehzahl, Drehmoment und Zeit errechnet wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch
25 gekennzeichnet, dass die mechanische Arbeit aus dem Zeitintegral der zeitabhängigen Drehzahl und des zeitabhängigen Drehmoments errechnet wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch
30 gekennzeichnet, dass die anhand der mechanischen Arbeit ermittelte Temperatur zur Plausibilitätskontrolle der anhand der Wärmedehnung ermittelten Temperatur des Werkstücks benutzt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die an dem Referenzwerkstück gemessenen Referenz-Werte und die an den Werkstücken gemessenen IST-Werte der mechanischen Größe fortlaufend in einem Prozessrechner gespeichert werden, der die während der induktiven Erwärmung gemessenen IST-Werte des Werkstücks mit den gespeicherten Referenzwerten vergleicht und ein die IST-Temperatur repräsentierendes Signal ausgibt.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Prozessrechner die Referenzwerte für Werkstücke unterschiedlicher Abmessungen und/oder für Werkstücke aus unterschiedlichen Werkstoffen in getrennten Dateien abgespeichert werden.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass in den Prozessrechner mindestens der Werkstoff und die Abmessungen des zu erwärmenden Werkstücks eingegeben werden und dass der Prozessrechner mindestens die Anpresskraft der Klemmbacken, die Drehzahl des Werkstückes und die Induktion nach einem vorgegebenen Programm zeitabhängig steuert.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erreichen des SOLL-Temperatur des Werkstücks mindestens die Drehzahl des Werkstückes auf einen Wert abgesenkt wird, bei dem die Verluste durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung annähernd ausgeglichen werden.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch

gekennzeichnet, dass bei Erreichen der SOLL-Temperatur des Werkstücks die magnetische Induktion auf einen Wert abgesenkt wird, bei dem die Verluste durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung zumindest annähernd ausgeglichen werden.

5

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Gleichmagnetfeld mittels mindestens einer supraleitenden Spule erzeugt wird.

10

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, für rotationssymmetrische Werkstücke.

1 / 1

Fig. 1

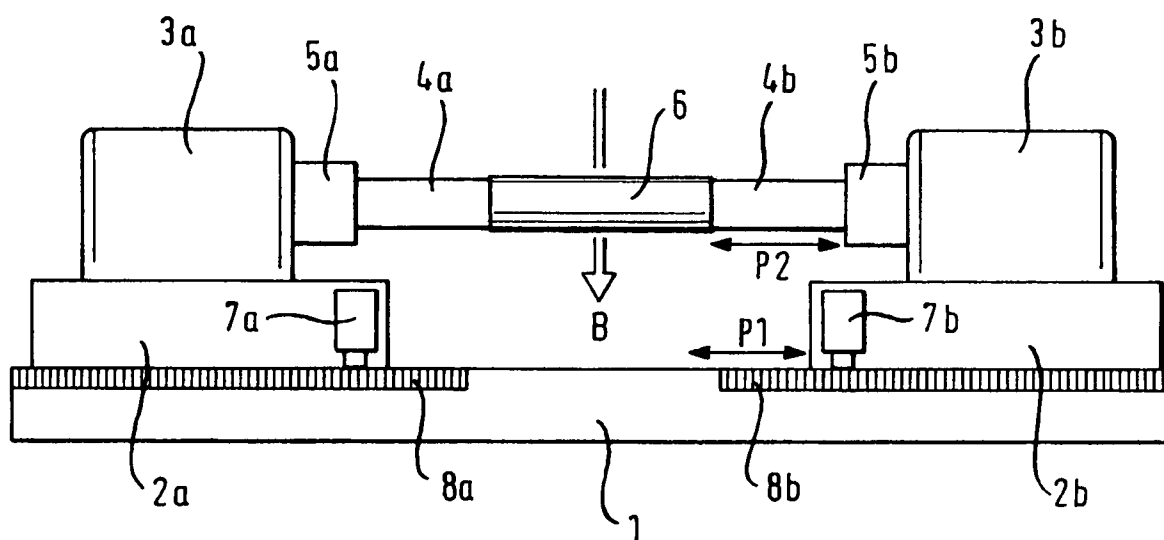
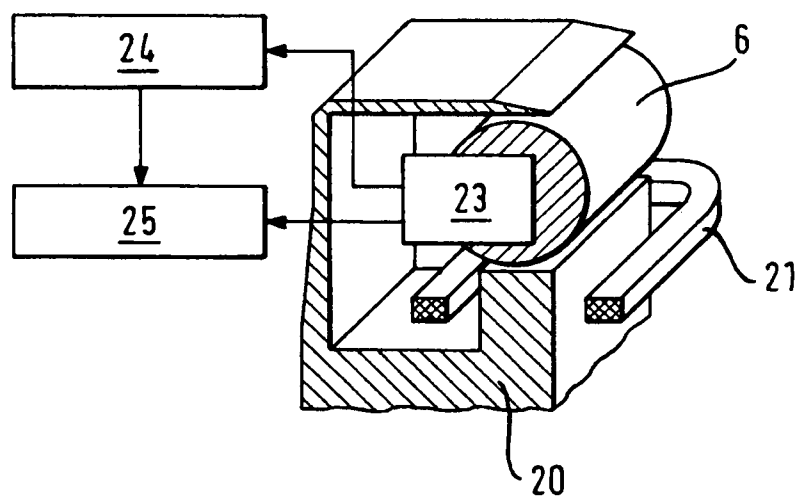


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/006716

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H05B6/02 H05B6/06 H05B6/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05B C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 201 558 A (HENRY LUSEBRINK ELMER) 17 August 1965 (1965-08-17) column 1, lines 9-27 column 1, lines 51-60 column 2, lines 23-63 column 3, lines 4-11 column 3, line 41 - column 5, line 20 figures 1-6	1-23
A	DE 199 61 452 C1 (INDUKTIONSERWAERMUNG FRITZ DUE [DE]) 1 February 2001 (2001-02-01) abstract column 1, lines 10-20 column 2, lines 27-37 column 3, line 60 - column 4, line 33 figures 1,2	1-23



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 November 2008

Date of mailing of the international search report

02/12/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de la Tassa Laforgue

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/006716

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 58 167719 A (FUJI ELECTRONICS CO LTD) 4 October 1983 (1983-10-04) abstract -----	1-23
A	DE 15 33 958 B1 (AEG' ELOTHERM GMBH [DE]) 11 March 1971 (1971-03-11) column 1, line 1 - column 3, line 3 figure 1 -----	1-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/006716

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3201558	A	17-08-1965	GB 1000842 A	11-08-1965
DE 19961452	C1	01-02-2001	NONE	
JP 58167719	A	04-10-1983	JP 1339092 C	29-09-1986
			JP 60047881 B	24-10-1985
DE 1533958	B1	11-03-1971	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/006716

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H05B6/02 H05B6/06 H05B6/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H05B C21D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 201 558 A (HENRY LUSEBRINK ELMER) 17. August 1965 (1965-08-17) Spalte 1, Zeilen 9-27 Spalte 1, Zeilen 51-60 Spalte 2, Zeilen 23-63 Spalte 3, Zeilen 4-11 Spalte 3, Zeile 41 - Spalte 5, Zeile 20 Abbildungen 1-6	1-23
A	DE 199 61 452 C1 (INDUKTIONSERWAERMUNG FRITZ DUE [DE]) 1. Februar 2001 (2001-02-01) Zusammenfassung Spalte 1, Zeilen 10-20 Spalte 2, Zeilen 27-37 Spalte 3, Zeile 60 - Spalte 4, Zeile 33 Abbildungen 1,2	1-23



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. November 2008

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/12/2008

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

de la Tassa Laforgue

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/006716

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 58 167719 A (FUJI ELECTRONICS CO LTD) 4. Oktober 1983 (1983-10-04) Zusammenfassung -----	1-23
A	DE 15 33 958 B1 (AEG ELOTHERM GMBH [DE]) 11. März 1971 (1971-03-11) Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 3, Zeile 3 Abbildung 1 -----	1-23

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/006716

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 3201558	A	17-08-1965	GB	1000842 A	11-08-1965
DE 19961452	C1	01-02-2001	KEINE		
JP 58167719	A	04-10-1983	JP	1339092 C	29-09-1986
			JP	60047881 B	24-10-1985
DE 1533958	B1	11-03-1971	KEINE		