



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 04 363 T2** 2006.01.26

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 461 468 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 04 363.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR02/04079**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 796 883.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/046241**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.11.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **05.06.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.09.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.05.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **26.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **C22C 38/40** (2006.01)
C22C 19/05 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0115479 30.11.2001 FR

(73) Patentinhaber:

Imphy Alloys, Puteaux, FR

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR**

(72) Erfinder:

**FRAISSE, Herve, F-58000 Nevers, FR;
WAECKERLE, Thierry, F-58000 Nevers, FR;
GROSBETY, Yves, F-93160 Noisy le Grand, FR;
COUTU, Lucien, London W14 Ory, GB**

(54) Bezeichnung: **FERROMAGNETISCHE LEGIERUNG FÜR DAS INDUKTIONSKOCHEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Nutzanwendung einer ferromagnetischen Legierung zur Herstellung von sich erwärmenden Elementen für Kochgefäße, die für das Induktionskochen bestimmt sind.

[0002] Das Kochen bzw. Garen von Nahrung mittels Induktion wird mit Hilfe eines Induktors durchgeführt, der im Allgemeinen unter einer für elektromagnetische Felder durchlässigen glaskeramischen Platte angeordnet ist, auf welche das Kochgefäß, dessen Inhalt erwärmt werden soll, gestellt wird. Das Fließen des hochfrequenten Stroms in dem Induktor erzeugt ein Magnetfeld, das Wirbelströme in dem Gefäß induziert, das sich dann durch den Joule-Effekt erwärmt. Folglich beteiligt das Erwärmen mittels Induktion drei aufeinander folgende physikalische Phänomene, nämlich die Energieübertragung vom Induktor zum Gefäß auf elektromagnetischem Wege, danach in dem Gefäß die Umwandlung der elektrischen Energie in Wärme durch den Joule-Effekt und schließlich die Übertragung der Wärme auf die Nahrung durch Wärmeleitung.

[0003] Das Gefäß wird mit der Induktion ein aktives Element des Heizsystems, denn in ihm erfolgt die Energieumwandlung, was eine geringe thermische Trägheit und eine hohe energetische Wirksamkeit zur Folge hat.

[0004] Außerdem gibt es spezifische Kochvorrichtungen ohne glaskeramische Platten, für welche die Werkstoffe, die Gegenstand dieses Patents sind, die Herstellung von Gefäßen ermöglichen sollen.

[0005] Um einen guten energetischen Wirkungsgrad zu erzielen werden bei diesen Gefäßen Metallböden benutzt, die eine gute elektrische Leitfähigkeit und bei den verwendeten Betriebsfrequenzen, die zwischen 20 und 50 kHz enthalten sind, eine große Verstärkung des Magnetfeldes zeigen. Folglich wird im Allgemeinen eine Legierung benutzt, die im Arbeitstemperaturbereich des Gefäßes ferromagnetisch ist und eine Magnetisierung aufweist, die stark genug ist, erhebliche Magnetisierungsverluste zu erzeugen.

[0006] Diese Gefäße müssen an der Seite, die mit den Nahrungsmitteln in Kontakt ist, aber auch, in einem geringeren Maße, am Boden, der bei Waschvorgängen keinen Schaden nehmen darf, eine hohe Korrosionsbeständigkeit aufweisen.

[0007] Außerdem müssen sie mechanisch stabil sein, damit das Gefäß seine Geometrie, insbesondere die Ebenheit des Bodens in Kontakt mit der Oberseite des Induktors, beibehält. Wenn ein Gefäß erwärmt wird, hat nämlich sein Boden das Bestreben sich auszudehnen. Die Seitenwand des Gefäßes, auch als Mantel bezeichnet, gelangt auf eine Temperatur, die niedriger als jene des Bodens ist, und dehnt sich folglich weniger aus, wodurch eine radiale Druckbeanspruchung auf diesen Boden wirkt. Dieser kann sich dann nur ausdehnen, indem er ausbaucht, wodurch sich der energetische Wirkungsgrad der Gesamtheit und der Komfort des Verbrauchers durch den Lärm, den es erzeugt, und die Unannehmlichkeiten, die es bereitet, verschlechtern. Dieser Effekt ist in der ersten Zeit der Benutzung des Gefäßes reversibel, kann jedoch nach einer großen Anzahl solcher Temperaturzyklen durch eine Strukturumwandlung der Werkstoffe des Bodens eine irreversible Beschädigung zur Folge haben. Diese Erscheinung ist besonders deutlich, wenn nur der Boden des Gefäßes einen sehr gut leitenden Werkstoff (beispielsweise Aluminium oder Kupfer) enthält.

[0008] Bei mehrschichtigen Werkstoffen, deren verschiedene Schichten im Allgemeinen sehr unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten aufweisen, führt dieser Koeffizientenunterschied zu einem Bimetalleffekt mit der Tendenz, dass sowohl der Boden des Gefäßes verformt wird, als auch das Aneinanderhaften der verschiedenen Schichten sich irreversibel zu örtlich begrenzten Entfestigungen entwickelt und sich folglich ein bedeutender Wirkungsgradverlust des Gefäßes ergibt.

[0009] Um diese Gefäße herzustellen werden üblicherweise für den ferromagnetischen Teil nicht rostende Ferritstähle, wie etwa Fe-17 % Cr oder aber dreischichtige symmetrische Werkstoffe, wie etwa nicht rostender Austenitstahl/nicht rostender Ferritstahl/nicht rostender Ferritstahl, verwendet. Diese Werkstoffe haben den Nachteil, dass sie eine Curie-Temperatur von über 600 °C aufweisen, was bedeutet, dass die Böden dieser Gefäße ebenfalls diese Temperatur erreichen können, was das Verderben der Nahrungsmittel und die Beschädigung des Gefäßes zur Folge haben kann, und dies sogar deutlich vor dieser Temperatur von 600 °C.

[0010] Um diesem Problem abzuweichen schlägt FR 2 453 627 vor, einen Gefäßboden aus einem dreischichtigen Werkstoff herzustellen, der eine Legierung umfasst, deren Curie-Temperatur zwischen 60 und 200 °C enthalten ist. Solange die Temperatur des Gefäßes niedriger als die Curie-Temperatur ist, ist die Legierung ferromagnetisch und kann Verluste durch induzierte Ströme freisetzen, wodurch sich das Gefäß erwärmt. Sobald die Temperatur des Gefäßes die Curie-Temperatur übersteigt, ist die Legierung nicht mehr ferromagnetisch

und das Erwärmen hört auf, um erneut einzusetzen, sobald die Temperatur des Gefäßes unter die Curie-Temperatur fällt. Auf diese Weise wird folglich eine thermische Regelung des Gefäßes erzielt. Jedoch eignet sich ein solcher Werkstoff nicht zum Kochen oder Braten von Nahrungsmitteln, wozu man Temperaturen von 220 °C bis 320 °C erreichen können muss. Außerdem sind in diesem Patent keine Vorschläge gemacht worden, um eine gute geometrische Stabilität des Gefäßes sowie eine gute Korrosionsbeständigkeit der beiden Flächen des Gefäßes sicherzustellen.

[0011] Das gleiche Prinzip ist in dem Dokument FR 2 689 748 wiederaufgenommen; in diesem wird vorgeschlagen, Gefäße aus einem dreischichtigen Werkstoff herzustellen, der eine Legierung wie etwa Fe₆₄Ni₃₆ umfasst, deren Curie-Punkt bei 250 °C liegt. Dieser Legierungstyp weist jedoch eine nur mäßige Korrosionsbeständigkeit sowie einen sehr kleinen Ausdehnungskoeffizienten auf. Nun ist aber diese Legierung gegen eine Metallschicht mit einem deutlich höheren Ausdehnungskoeffizienten gepresst, was durch den Bimetalleffekt eine Verformung des Bodens des Gefäßes zur Folge hat, wenn es erwärmt wird, wobei diese Verformung mitunter irreversibel werden kann. Zudem ist auch eine Verschlechterung des Aneinanderhaftens der Schichten infolge eines Fließens bei einer zyklischen Temperaturbeanspruchung zu beobachten.

[0012] EP 1 005 822 beschreibt eine ferromagnetische Legierung, die für den sich erwärmenden Teil eines mittels Induktion beheizten Kochgefäßes bestimmt ist. Die Legierung ist vom Typ FeNiCuX, wobei X für eines oder mehrere der Elemente Cr, Mo, Mn, Si, Al, W, Nb, V und Ti steht. Die Zusammensetzung dieser Legierung ist vor allem: 50 bis 85 % Ni, 0 bis 50 % Cu, 0 bis 12 % X. Ihre Curie-Temperatur ist zwischen 150 °C und 370 °C enthalten, und für ihren Magnetorestriktionskoeffizienten λ_s gilt: $\lambda_s \leq 5 \cdot 10^{-6}$.

[0013] Die Erfindung hat folglich zum Ziel, eine Legierung zur Verfügung zu stellen, die die Herstellung von sich erwärmenden Teilen von Kochgefäßen ermöglicht, die für das Induktionskochen bestimmt sind, wobei sich diese Teile weder mit der Zeit, noch während des Betriebs verformen, wobei die Korrosionsbeständigkeit an beiden Flächen des Gefäßes gut ist und wobei das Gefäß außerdem das Kochen oder das Braten von Nahrungsmitteln bei einer Temperatur ermöglichen soll, die durch das Gefäß selbsttätig geregelt wird und zwischen 30 und 350 °C enthalten ist. Diese Legierung soll außerdem durch Plattieren, Ziehen, Pressen, Schneiden, spanende Formgebung oder jedes andere passende Verfahren verarbeitet werden können und soll durch induzierte Ströme hohe Verluste erzeugen.

[0014] Dazu hat die Erfindung als Hauptaufgabe die Nutzanwendung zur Herstellung von sich erwärmenden Elementen für Kochgefäße, die für das Induktionskochen bestimmt sind, aus einer ferromagnetischen Legierung, deren chemische Zusammensetzung in Gew.-% umfasst:

$$32,5 \% \leq \text{Ni} \leq 72,5$$

$$5 \leq \text{Cr} \leq 18$$

$$0,01 \% \leq \text{Mn} \leq 4$$

$$\text{C} \leq 1$$

eventuell eines oder mehrere Elemente, die aus Mo, V, Co, Cu, Si, W, Nb und Al ausgewählt sind, wobei die Summe der Gehalte an diesen Elementen kleiner oder gleich 10 % ist, während der Rest aus Eisen und sich bei der Verhüttung ergebenden Verunreinigungen ist, wobei die chemische Zusammensetzung außerdem den folgenden Relationen genügt:

$$\text{Cr} - 1,1\text{Ni} + 23,25 \leq 0$$

$$45\text{Cr} + 11\text{Ni} \leq 1360$$

$$\text{Ni} + 3\text{Cr} \geq 60 \%, \text{ wenn } \text{Ni} \geq 37,5$$

$$\text{Cr} \geq 7,5, \text{ wenn } \text{Ni} \leq 37,5.$$

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Legierung einen Nickelgehalt auf, der zwischen 34 und 50 % Ni enthalten ist, und enthält keine aus Mo, V, Co, Cu, Si, W, Nb und Al ausgewählten Elemente.

[0016] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Legierung außerdem einen Chromgehalt

auf, der größer als 13 Gew.-% ist. Diese Legierung hat den Vorteil, dass sie bei Verträglichkeit mit den Nahrungsmitteln an der Innenfläche des Gefäßes als einziger Werkstoff des Gefäßes verwendet werden kann, denn sie ist nahrungsmittelverträglich.

[0017] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Legierung einen Nickelgehalt, der zwischen 48 und 52 enthalten ist, und einen Chromgehalt zwischen 7 und 10 % auf.

[0018] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Legierung einen Nickelgehalt auf, der größer oder gleich 52 % ist, wobei er besonders bevorzugt größer als 55 % ist.

[0019] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Legierung einen Mangangehalt auf, der größer oder gleich 0,1 % ist, um die Verarbeitung der Legierung zu erleichtern.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Legierung einen Mangangehalt auf, der kleiner oder gleich 0,5 % ist.

[0021] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Legierung eine Curie-Temperatur T_c , die zwischen 30 und 350 °C enthalten ist, einen Wärmeausdehnungskoeffizienten α_{TC} , der zwischen der Raumtemperatur und T_c größer oder gleich $6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ oder sogar größer als $9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ist, und eine Sättigungsinduktion B_s größer oder gleich 0,2 T oder sogar größer als 0,5 T auf, wobei ihr maximaler Oxidationsstrom $I_{\max}$ bei einem Spannungs-Strom-Korrosionstest im sauren Milieu kleiner als 1 mA ist.

[0022] Eine zweite Aufgabe der Erfindung besteht in der Nutzenanwendung der obigen Legierung zur Herstellung von ein- oder mehrschichtigen sich erwärmenden Elementen, wie etwa Monoschicht-Böden, für Kochgefäße, die für das Induktionskochen bestimmt sind.

[0023] Die Nickel- und Chromgehalte der Legierung ermöglichen, eine gute Verarbeitbarkeit durch Ziehen, mechanisches Schneiden, Pressen und spanendes Formen zu erzielen. Sie ermöglichen außerdem, eine gute Korrosionsbeständigkeit an Luft genauso wie eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit bei Wärmeeinwirkung zu erzielen.

[0024] Außerdem weist die Legierung eine gute Korrosionsbeständigkeit in feuchter Umgebung, im sauren Milieu und im basischen Milieu auf, insbesondere für eine ansprechende äußere Erscheinung und damit das Gefäß nicht beschädigt wird. Um das Korrosionsverhalten der Legierung zu ermitteln, wird ein Strom-Spannungs-Test (I-U-Test) in einem Schwefelsäuremilieu (0,01 M) durchgeführt, wobei die Legierung als Elektrode genommen wird und verschiedene Spannungswerte in Bezug auf eine Platinelektrode angelegt werden. Es werden verschiedene Werte von I gemessen, die verschiedenen Werten von U entsprechen, und es wird der Maximalwert $I_{\max}$ von I bestimmt, der charakteristisch für das Korrosionsverhalten der Legierung ist. Damit die magnetische Legierung durch die Korrosion in einer basischen, sauren oder feuchten Umgebung an der Oberfläche nicht sichtbar angegriffen wird, ist es erforderlich, dass $I_{\max} < 1 \text{ mA}$ ist, was für die Legierung gemäß der Erfindung verifiziert worden ist.

[0025] Die betreffenden Erfinder haben außerdem feststellen können, dass die gemäß der Erfindung benutzte Legierung eine Curie-Temperatur zwischen 30 und 350 °C aufweist, was ermöglicht, die Temperatur in dem für das Kochen bzw. Garen von Nahrungsmitteln üblichen Bereich und unterhalb der Schwelle der Beschädigung eventueller Antihafbeschichtungen zu stabilisieren. Die Curie-Temperatur der Legierung ist vorzugsweise gleich 320 °C oder niedriger.

[0026] Eine solche Funktion der Legierung ermöglicht, sowohl das Verbrennen der Nahrungsmittel und eine unfallsähnliche Brandverletzung des Benutzers als auch die beschleunigte Beschädigung des Gefäßes unter den miteinander verknüpften Wirkungen von Temperatur und Ermüdung unter zyklischen mechanischen Beanspruchungen durch den Bimetalleffekt, wenn die Legierung gegen einen anderen Werkstoff gepresst ist, zu vermeiden.

[0027] Außerdem weist die gemäß der Erfindung benutzte Legierung einen Ausdehnungskoeffizienten auf, der größer oder gleich $6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ und vorzugsweise größer oder gleich $9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ist. Wenn sie gegen einen anderen Werkstoff gepresst oder geklebt ist, der eine gute Wärmeverteilung zulässt, wie beispielsweise Aluminium, ermöglicht diese Eigenschaft, eine hohe Formbeständigkeit des Bodens des Gefäßes zu erzielen, insbesondere dann, wenn gegen die andere Seite der Aluminiumschicht ein nicht rostender Ferrit- oder Austenitstahl gepresst wird.

[0028] Dieses Merkmal der Legierung ermöglicht außerdem, in Kombination mit der Begrenzung ihrer Erwärmung auf 350 °C, dass ihr Haften an einer Aluminiumschicht zahlreiche Betriebsstunden überdauert.

[0029] Die beiden Faktoren, die das Altern dieser Verhaftung beschleunigen, sind nämlich die Temperatur und der Bimetalleffekt, der mit dem Unterschied des Ausdehnungskoeffizienten Aluminium/ferromagnetische Legierung im Zusammenhang steht. Durch die Selbstregelung der Temperatur im Zusammenhang mit dem Curie-Punkt wird der Einflussfaktor Temperatur stark eingeschränkt.

[0030] Der Bimetalleffekt infolge von unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe könnte zu wechselseitigen Spannungen der Werkstoffe und folglich im Betrieb zu der Erscheinung eines thermisch aktivierten Fließens bei zyklischer Belastung führen, wodurch die Werkstoffe trotz der Steife, die eine dicke Schicht eines dieser Werkstoffe anfangs bewirken kann, nach und nach dazu gebracht werden, die wärmostabile Form anzunehmen. Daraus würde ein ausgebauchter Gefäßboden oder aber eine Verschlechterung des Aneinanderhaftens der Schichten durch den gleichen Fließmechanismus resultieren, was örtlich begrenzte Entfestigungen, einen Heizwirkungsgradverlust und ein magnetostruktives Rauschen des Gefäßes zur Folge hat. Durch Äquilibrieren der Zusammensetzung der Legierung wird ein Werkstoff erhalten, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen der Raumtemperatur und der Curie-Temperatur jenem des Aluminiums verhältnismäßig nahe ist, wobei nicht rostende Ferrit- oder Austenitstähle die Bimetallwirkung minimieren oder sogar aufheben.

[0031] Die Kombination dieser zwei Merkmale der Legierung ermöglicht folglich, ein dauerhaftes Aneinanderhaften dieser Werkstoffe zu erzielen.

Beispiel 1

[0032] Es wird eine magnetische Legierung erschmolzen, deren Zusammensetzung 39,9 % Eisen, 50 % Nickel, 10 % Chrom, 0,5 % Mangan und 0,2 % Silicium enthält. Diese Legierung weist eine Curie-Temperatur T_{c1} von ungefähr 230 °C und zwischen der Raumtemperatur und 230 °C einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $\alpha_{25-230\text{ °C}}$ von $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ auf. Auf ein Band aus dieser Legierung wird ein Aluminiumband aufgewalzt bzw. plattiert, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient bei 0 °C $\alpha_{0\text{ °C}}$ größer oder gleich $22 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ist, danach wird auf dieses Aluminiumband ein Band aus einer Legierung mit 79,5 % Eisen, 20 % Chrom und 0,5 Titan aufgewalzt bzw. plattiert, deren Curie-Temperatur T_{c2} weit höher als T_{c1} ist und deren Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen 25 und 320 °C $\alpha_{25-230\text{ °C}}$ ungefähr $11,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ beträgt.

[0033] Nach verschiedenen Versuchen konnte festgestellt werden, dass bei $T > T_{c1}$ die Verwendung einer ferromagnetischen Schicht mit einer hohen Curie-Temperatur (T_{c2}) an der Innenfläche des Gefäßes wenig Wärme erzeugt. Die Mehrschicht zeigt nach 1 000 Betriebsstunden keine Alterung und weist eine hohe Formbeständigkeit auf. Wenn verschiedene Versuche zur Erwärmung mittels Induktion mit den gleichen Nahrungsmitteln durchgeführt werden, stabilisiert sich die Temperatur der Mehrschicht immer um den gleichen Wert kleiner T_{c1} , wodurch ein schnelles, zeitlich und qualitativ reproduzierbares Kochen bzw. Garen möglich ist. Schließlich ist nach einer intensiven Benutzung zum Kochen, bei einem Erwärmen auf dem Gas, in der Geschirrspülmaschine kein Zunderfleck festzustellen.

[0034] Diese Kombination ist folglich besonders für die Herstellung eines Kochgefäßes mit einer auf etwa 230 °C geregelten Temperatur geeignet, beispielsweise für das Kochen bzw. Garen von Nahrungsmitteln, wie etwa Reis, Fisch und Fleisch.

Beispiel 2

[0035] Es wird eine magnetische Legierung erschmolzen, deren Zusammensetzung 41,8 % Eisen, 45 % Nickel, 13 % Chrom und 0,2 % Mangan enthält. Diese Legierung weist eine Curie-Temperatur T_{c1} von ungefähr 150 °C und bei 0 °C einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $\alpha_{0\text{ °C}}$ von $9,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ auf. Auf ein Band aus dieser Legierung wird ein Aluminiumband aufgewalzt bzw. plattiert, dessen Koeffizient $\alpha_{0\text{ °C}}$ gleich $22 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ oder größer ist, danach wird auf dieses Aluminiumband ein Band aus einer Legierung mit 79,5 % Eisen, 20 % Chrom und 0,5 % Titan aufgewalzt bzw. plattiert, deren Curie-Temperatur T_{c2} weit höher als T_{c1} ist und deren Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen 25 und 320 °C $\alpha_{25-230\text{ °C}}$ ungefähr $11,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ beträgt.

[0036] Nach verschiedenen Versuchen konnte festgestellt werden, dass bei $T > T_{c1}$ die Verwendung einer ferromagnetischen Schicht mit einer hohen Curie-Temperatur (T_{c2}) an der Innenfläche des Gefäßes wenig Wärme erzeugt. Die Mehrschicht zeigt nach 1 000 Betriebsstunden keine Alterung und weist eine hohe Formbe-

ständigkeit auf. Außerdem stabilisiert sich, wenn verschiedene Versuche zur Erwärmung mittels Induktion mit den gleichen Nahrungsmitteln durchgeführt werden, die Temperatur der Mehrfachsicht immer um den gleichen Wert kleiner als T_{c1} , wodurch ein schnelles, zeitlich und qualitativ reproduzierbares Kochen bzw. Garen möglich ist. Schließlich ist nach einer intensiven Benutzung zum Kochen, bei einem Erwärmen auf dem Gas, in der Geschirrspülmaschine kein Zunderfleck festzustellen.

[0037] Diese Kombination ist folglich besonders für die Herstellung eines Kochgefäßes mit einer auf etwa 140 °C bis 160 °C geregelten Temperatur geeignet, beispielsweise für das Kochen von Nahrungsmitteln wie etwa Gemüse, Früchte oder Wasser unter niedrigem Druck.

Beispiel 3

[0038] Es wird eine magnetische Legierung erschmolzen, deren Zusammensetzung 54,8 bis 56,8 % Eisen, 33 % Nickel, 10 bis 12 % Chrom und 0,2 % Mangan enthält. Diese Legierung weist eine Curie-Temperatur, die zwischen 37 und 70 °C variieren kann, und bei 0 °C einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $\alpha_{0\text{ }^{\circ}\text{C}}$ von 8 bis $9,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ auf. Auf ein Band aus dieser Legierung, das eine Dicke von 0,6 mm besitzt, wird ein Band aus Aluminium mit einer Dicke von wenigstens 5 mm aufgewalzt oder plattiert, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient bei 0 °C $\alpha_{0\text{ }^{\circ}\text{C}}$ gleich $22 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ oder größer ist.

[0039] Nach verschiedenen Versuchen konnte auch hier festgestellt werden, dass diese Doppelschicht nach 1 000 Betriebsstunden keine Alterung zeigt und eine hohe Formbeständigkeit bewahrt. Wenn verschiedene Versuche zur Erwärmung mittels Induktion mit Dickenkombinationen des Werkstoffs und/oder verschiedenen Geometrien der Vorrichtung durchgeführt werden, stabilisiert sich die Temperatur der Mehrfachsicht immer um etwa den gleichen Wert nahe 37 °C, was ermöglicht, Produkte sicherzustellen, die bezüglich der Temperatur mit dem menschlichen Körper kompatibel sind. Außerdem ist nach einer intensiven Nutzung im medizinischen oder häuslichen Bereich kein Zunderfleck festzustellen.

[0040] Diese Kombination ist folglich besonders für eine Heizvorrichtung geeignet, die für den menschlichen Körper bestimmt ist, wie etwa ein Fläschchenwärmer, eine Vorrichtung zur Regelung der Temperatur von Blut, Plasma, ein Säuglingsinkubator, sich erwärmende Gerätschaften für einen medizinischen Eingriff usw., denn sie ermöglicht, eine sehr gute Gleichmäßigkeit der selbstregelnden Temperatur bei 37 °C über großen Flächen zu erhalten.

Beispiel 4

[0041] Durch Schmelzen unter Vakuum sind 31 Legierungen mit einer Masse von 50 kg aus hochreinen Metallen hergestellt und in eine Blockform gegossen worden. Nach einem Warmschmieden und Warmwalzen bis zu einer Dicke von 4,5 mm sind diese verschiedenen Werkstoffe dann direkt auf eine endgültige Dicke von 0,6 mm kaltgewalzt und für die Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten α_{T_c} zwischen 20 °C und T_c , der Curie-Temperatur T_c , der Sättigungsinduktion B_s und des maximalen Oxidationsstrom $I_{\max}$ in unterschiedlich geformte Proben geschnitten und bei 1050 °C eine Stunde lang unter Wasserstoff geglüht worden.

- α_{T_c} ist mittels eines Dehnungsmessers gemessen worden.
- B_s ist durch Herausziehen der Probe aus dem Feld (1600 Oe) eines Magneten zwischen zwei Erfassungsspulen, die mit einem Galvanometer verbunden sind, gemessen worden; die Messung ist mindestens auf etwa 3 % genau.
- T_c ist mittels eines Magnetkraft-Thermomagnetometers gemessen worden, wobei die Tangente an die Kraft-Temperatur-Kurve im Wendepunkt dieser Kurve auf 0 extrapoliert wurde.
- $I_{\max}$ ist der Maximalstrom, der über eine Strom-Spannungs-Oxidationskurve festgestellt wird, wenn aufeinander folgend Spannungswerte an die Elektrode aus der Legierung und eine Platinelektrode in einer Lösung aus 0,01 M Schwefelsäure angelegt werden.

[0042] Die Zusammensetzungen dieser Legierungen (mit Ausnahme des Eisens, das ergänzend hinzukommt), sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt worden:

Legierung	C (%)	Ni (%)	Cr (%)	Mn (%)	Co (%)	Mo (%)	Si (%)	Al (%)	Cu (%)
1 (Vergleich)	0,0089	33,96	2,64	0,259	1,96	<0,01	0,032	<0,02	<0,01
2 (Vergleich)	0,0094	35,77	5,6	0,306	1,01	<0,01	0,035	<0,02	<0,01
3 (Erfindung)	0,0083	35,8	9,05	0,3	1,04	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
4 (Vergleich)	0,009	37,69	3,14	0,296	1,06	<0,01	0,031	<0,02	<0,01
5 (Vergleich)	0,0092	37,74	5,76	0,308	0,969	<0,01	0,033	<0,02	<0,01
6 (Erfindung)	0,0091	37,75	9,54	0,3	1,02	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
7 (Erfindung)	0,0089	37,45	8,72	0,3	3,06	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
8 (Vergleich)	0,0066	33,46	4,88	0,133	<0,01	<0,01	0,02	<0,02	<0,01
9 (Erfindung)	0,0041	33,66	7,95	0,188	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
10 (Vergleich)	0,074	34,24	2,01	0,172	0,026	5,79	<0,02	<0,02	<0,01
11 (Erfindung)	0,0086	37,63	9,31	0,293	0,503	0,023	<0,02	<0,02	0,094
12 (Erfindung)	0,0096	39,49	9,6	0,287	1,02	0,01	0,021	<0,02	<0,01
13 (Vergleich)	0,015	33,78	2,02	0,186	<0,01	2,03	<0,02	<0,02	<0,01
14 (Vergleich)	0,013	33,78	0,02	0,183	<0,01	2,21	<0,02	<0,02	<0,01
15 (Erfindung)	0,01	49,9	9,6	0,49	<0,01	<0,01	0,2	<0,02	<0,01
16 (Vergleich)	0,002	36,03	0,038	0,042	0,039	0,012	0,059	<0,02	0,017

17 (Vergleich)	0,0057	42	-	-	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
18 (Erfindung)	0,0025	42	6	0,21	<0,01	<0,01	0,18	0,17	<0,01
19 (Erfindung)	0,0021	47	5	0,221	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
20 (Erfindung)	0,0026	47	6	0,133	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
21 (Vergleich)	0,003	47,58	0,034	0,472	0,038	0,01	0,092	<0,02	0,026
22 (Vergleich)	0,0057	55,3	3,8	0,277	0,024	0,011	<0,02	<0,02	<0,01
23 (Vergleich)	0,0062	72,5	3,1	0,234	0,022	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
24 (Vergleich)	0,0042	65,5	15,1	0,255	0,015	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
25 (Erfindung)	0,0036	70,2	9,8	0,243	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
26 (Erfindung)	0,0087	62	7,4	0,261	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
27 (Erfindung)	0,0052	55	14,8	0,252	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
28 (Vergleich)	0,0068	50,2	19,7	0,241	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
29 (Vergleich)	0,0035	39,9	20,1	0,233	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
30 (Erfindung)	0,0045	45,5	15,3	0,228	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01
31 (Vergleich)	0,0066	32,3	17,4	0,262	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,01

[0043] Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt worden:

Legierung	α_{TC} ($10^{-6} K^{-1}$)	Bs (T)	Tc (°C)	I _{max} (mA)
1 (Vergleich)	4,30	1,085	205	1,20
2 (Vergleich)	5,10	0,91	181	0,25
3 (Erfindung)	8,25	0,65	127	0,90
4 (Vergleich)	4,50	1,225	252	1,10
5 (Vergleich)	6,05	0,985	214	0,25
6 (Erfindung)	7,70	0,725	154	0,60
7 (Erfindung)	7,82	0,795	182	0,90
8 (Vergleich)	5,00	0,76	149	0,50
9 (Erfindung)	7,90	0,53	98	0,60
10 (Vergleich)	7,74	0,545	87	1,20
11 (Erfindung)	7,70	0,675	137	0,80
12 (Erfindung)	8,08	0,74	163	0,60
13 (Vergleich)	4,50	0,81	125	1,50
14 (Vergleich)	3,80	0,87	143	3,00
15 (Erfindung)	10,50	0,745	232	0,60

16 (Vergleich)	2,90	1,30	250	6,20
17 (Vergleich)	5,00	1,50	330	5,70
18 (Erfindung)	8,10	1,11	256	0,25
19 (Erfindung)	9,30	1,25	340	0,50
20 (Erfindung)	9,75	1,18	350	0,25
21 (Vergleich)	8,10	1,60	450	5,00
22 (Vergleich)	10,00	1,14	390	1,40
23 (Vergleich)	11,60	0,90	330	1,10
24 (Vergleich)	11,80	0,13	10	0,15
25 (Erfindung)	11,70	0,45	190	0,32
26 (Erfindung)	11,20	0,87	340	0,22
27 (Erfindung)	10,80	0,30	100	0,17
28 (Vergleich)	10,40	< 0,01	-50	0,12
29 (Vergleich)	9,70	< 0,01	-80	0,16
30 (Erfindung)	9,50	0,20	120	0,33
31 (Vergleich)	11,20	< 0,01	-30	0,31

[0044] Es ist zu sehen, dass es dann, wenn gewünscht ist, ein Gefäß herzustellen, das sich durch einen Wert T_{MAX} zwischen 30 und 350 °C auszeichnet, der durch die Art des Kochens bzw. Garens und den Typ des Nahrungsmittels, das in diesem Gefäß zubereitet werden soll, definiert ist, genügt, in dem Bereich der beanspruchten Zusammensetzung die Legierung auszuwählen, deren Curie-Temperatur dieser Temperatur T_{MAX} entspricht.

[0045] Außerdem ist festzustellen, dass die Legierungen, deren Nickelgehalt höher als 52 % ist, ein ausgezeichnetes Korrosionsverhalten und einen hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen.

Patentansprüche

1. Nutzenanwendung zur Herstellung von sich erwärmenden Elementen für Kochgefäße, die für das Induktionskochen bestimmt sind, aus einer ferromagnetischen Legierung, deren chemische Zusammensetzung in Gew.-% umfasst:

$$32,5 \% \leq \text{Ni} \leq 72,5$$

$$5 \% \leq \text{Cr} \leq 18$$

$$0,01 \% \leq \text{Mn} \leq 0,5$$

$$\text{C} \leq 1$$

eventuell eines oder mehrere Elemente, die aus Mo, V, Co, Cu, Si, W, Nb und Al ausgewählt sind, wobei die Summe der Gehalte an diesen Elementen kleiner oder gleich 10 % ist, während der Rest aus Eisen und sich bei der Verhüttung ergebenden Verunreinigungen ist, wobei die chemische Zusammensetzung außerdem den folgenden Relationen genügt:

$$\text{Cr} - 1,1\text{Ni} + 23,25 \leq 0$$

$$45\text{Cr} + 11\text{Ni} \leq 1360$$

$$\text{Ni} + 3\text{Cr} \geq 60 \%, \text{ wenn } \text{Ni} \geq 37,5$$

$$\text{Cr} \geq 7,5, \text{ wenn } \text{Ni} \leq 37,5.$$

2. Nutzenanwendung nach Anspruch 1, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass der Chromgehalt der Legierung größer als 13 % ist.

3. Nutzenanwendung nach Anspruch 1 oder 2, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass der Nickelgehalt der Legierung zwischen 34 und 50 % enthalten ist und dass sie keine aus Mo, V, Co, Cu, Si, W, Nb und Al ausgewählten Elemente enthält.

4. Nutzenanwendung nach Anspruch 1 oder 2, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass der Nickelgehalt der Legierung größer als 52 % ist.

5. Nutzenanwendung nach Anspruch 1, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass der Nickelgehalt der Legierung zwischen 48 und 52 % und der Chromgehalt zwischen 7 und 10 % enthalten ist.

6. Nutzenanwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, außerdem dadurch gekennzeichnet, dass der Mangangehalt der Legierung größer oder gleich 0,1 % ist.

7. Nutzenanwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung eine Curie-Temperatur T_c , die zwischen 30 und 350 °C enthalten ist, einen Wärmeausdehnungskoeffizienten α_{Tc} , der zwischen der Raumtemperatur und T_c größer oder gleich $6,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ist, und eine Sättigungsinduktion B_s größer oder gleich 0,2 T aufweist, wobei ihr maximaler Oxidationsstrom I_{max} bei einem Spannungs-Strom-Korrosionstest im sauren Milieu kleiner als 1 mA ist.

8. Nutzenanwendung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient α_{Tc} zwischen der Raumtemperatur und T_c der Legierung größer oder gleich $9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ und die Sättigungsinduktion B_s größer oder gleich 0,5 T ist.

9. Nutzenanwendung zur Herstellung von Monoschicht-Böden von Kochgefäßen, die für das Induktionskochen bestimmt sind, aus einer ferromagnetischen Legierung, deren chemische Zusammensetzung in Gew.-% umfasst:

$$32,5 \% \leq \text{Ni} \leq 72,5$$

$$13 \% \leq \text{Cr} \leq 18$$

$$0,01 \% \leq \text{Mn} \leq 0,5$$

$$\text{C} \leq 1$$

eventuell eines oder mehrere Elemente, die aus Mo, V, Co, Cu, Si, W, Nb und Al ausgewählt sind, wobei die Summe der Gehalte an diesen Elementen kleiner oder gleich 10 % ist, während der Rest aus Eisen und sich bei der Verhüttung ergebenden Verunreinigungen ist, wobei die chemische Zusammensetzung außerdem den folgenden Relationen genügt:

$$\text{Cr} - 1,1\text{Ni} + 23,25 \leq 0$$

$$45\text{Cr} + 11\text{Ni} \leq 1360$$

$$\text{Ni} + 3\text{Cr} \geq 60 \%, \text{ wenn } \text{Ni} \geq 37,5$$

$$\text{Cr} \geq 7,5, \text{ wenn } \text{Ni} \leq 37,5.$$

Es folgt kein Blatt Zeichnungen