(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4809118号
(P4809118)

(45)発行日　平成23年11月9日(2011.11.9)　(24)登録日　平成23年8月26日(2011.8.26)

(51)Int.Cl.			F I		
H05B	6/12	(2006.01)	H05B	6/12	311
H05B	6/36	(2006.01)	H05B	6/12	309
H05B	6/44	(2006.01)	H05B	6/36	A
			H05B	6/44	

請求項の数 11　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2006-134327 (P2006-134327)
(22)出願日　平成18年5月12日 (2006.5.12)
(65)公開番号　特開2007-305490 (P2007-305490A)
(43)公開日　平成19年11月22日 (2007.11.22)
審査請求日　平成21年2月10日 (2009.2.10)

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(74)代理人　100101454
弁理士　山田　卓二
(74)代理人　100081422
弁理士　田中　光雄
(74)代理人　100100479
弁理士　竹内　三喜夫
(72)発明者　守田　正夫
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号　三菱電機株式会社内
(72)発明者　松田　哲也
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号　三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】加熱コイルの製造方法、電磁誘導加熱調理器の加熱コイル及び電磁誘導加熱調理器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

加熱コイルに通電して被加熱容器を加熱する電磁誘導加熱調理器の加熱コイルの製造方法において、

前記加熱コイルを構成するための第１のコイルの内周半径及び外周半径と前記第１のコイルの導線を渦巻き状に等間隔で配置するピッチと前記導線に通電する最大電流とを設定する第１工程と、

前記第１のコイルを内周側から外周側へ向かって順に互いに異なる第１の分割位置と第２の分割位置とで第１の導線、第２の導線、及び第３の導線に分割し、前記第２の導線を取り除き、前記第１の導線からなる第２のコイルと前記第３の導線からなる第３のコイルとを連結した第４のコイルが、通電されて前記被加熱容器を加熱した際に、前記被加熱容器の温度を前記最大電流で少なくとも所定の最大加熱温度に至らしめると同時に、前記被加熱容器の温度分布を所定の均一度に至らしめるように、前記第１の分割位置と前記第２の分割位置とを設定する第２工程と、

前記第３のコイルを内周側から外周側へ向かって順に第３の分割位置で第４の導線と第５の導線に分割し、前記第２のコイル及び前記第４の導線からなる第５のコイルを連結してなる第６のコイルと前記第５の導線からなる第７のコイルとのインダクタンスが略同じとなるように、前記第３の分割位置を設定する第３工程と、

を備えたことを特徴とする加熱コイルの製造方法。

【請求項２】

第３工程が、第２のコイルのターン数Ａと第５のコイルのターン数Ｂと第７のコイルのターン数Ｃとの関係が略Ａ：Ｂ：Ｃ＝１３：６：１０となるように第３の分割位置を設定することを特徴とする請求項１に記載の加熱コイルの製造方法。

【請求項３】

第３工程が、第３の分割位置を設定した後に、第２のコイルと第５のコイルの連結を解除し、第５のコイルの外周側の第４の導線の内の所定のターン数分を削除すると同時に、内周側の前記第４の導線の内の前記所定のターン数分を追加した上で、再度、前記第２のコイルと前記第５のコイルを連結することを特徴とする請求項１又は請求項２のいずれか１項に記載の加熱コイルの製造方法。

【請求項４】

通電されて被加熱容器を加熱する渦巻き状の電磁誘導加熱調理器の加熱コイルであって

前記加熱コイルは、前記渦巻きの中心側の内周コイルおよび外側の外周コイルによって構成され、前記内周コイルの両端および前記外周コイルの両端にそれぞれ接続端子が設けられ、

前記内周コイルは、前記渦巻きの中心側の内側のコイル部と、前記内側のコイル部との間に隙間が設けられて配置され、かつ、前記内側のコイル部に直列に接続される外側のコイル部とによって構成されることを特徴とする電磁誘導加熱調理器の加熱コイル。

【請求項５】

前記外側のコイル部と前記外周コイルとの間には隙間が設けられることを特徴とする請求項４に記載の電磁誘導加熱調理器の加熱コイル。

【請求項６】

前記内周コイルのインダクタンスと前記外周コイルのインダクタンスとは、略同一であることを特徴とする請求項４または５に記載の電磁誘導加熱調理器の加熱コイル。

【請求項７】

前記内周コイルと前記外周コイルとが並列接続されてなることを特徴とする請求項４～６のいずれか１項に記載の電磁誘導加熱調理器の加熱コイル。

【請求項８】

前記加熱コイルが積層されてなることを特徴とする請求項４～７のいずれか１項に記載の電磁誘導加熱調理器の加熱コイル。

【請求項９】

請求項４，５，６，８のいずれか１項に記載の加熱コイルと、

前記加熱コイルに接続され、高周波電力を印加する複数の駆動回路とを備えた電磁誘導加熱調理器であって、

前記内周コイルおよび前記外周コイルのそれぞれに個別の前記駆動回路が接続されることを特徴とする電磁誘導加熱調理器。

【請求項１０】

通電されて被加熱容器を加熱する電磁誘導加熱調理器用の渦巻き状の加熱コイルであって、

直列に接続された内側および外側のコイル部を有する内周コイルと、

内周コイルと略同一のインダクタンスを有し、内周コイルと直列または並列に接続して通電可能な外周コイルとを備え、

直列に接続された前記内周コイルおよび前記外周コイルに通電可能な最大電流を通電して前記被加熱容器を加熱した際に、前記被加熱容器の温度を少なくとも所定の最大加熱温度に至らしめると同時に、前記被加熱容器の温度分布を所定の均一度に至らしめるように、内側のコイル部と外側のコイル部との間に隙間を設けたことを特徴とする加熱コイル。

【請求項１１】

内周コイルの外側のコイル部の内周側において所定のターン数を追加し、前記外側のコイル部の外周側において前記所定のターン数を削除して、前記外側のコイル部と前記外周コイルとの間に前記所定のターン数に相当する隙間を設けることにより、前記内周コイルと前記外周コイルとの間の結合係数比を所定の値より小さくすることを特徴とする請求項

１０に記載の加熱コイル。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
この発明は、電磁誘導加熱調理器に用いる加熱コイルの製造方法と、その製造方法で製造された加熱コイルと、電磁誘導加熱調理器に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来の電磁誘導加熱調理器では、加熱コイルを、例えば、最外部、中間部、中心部等のように分割して配置することにより、被加熱容器を均一に加熱できるようにしている（例えば、特許文献１参照）。
【０００３】
さらに、加熱コイルを内側のコイルと外側のコイルに分割した場合に、内側のコイルと外側のコイルのインダクタンスを略同じにして駆動回路の回路構成を簡略化することが行われている（例えば、特許文献２参照）。
【０００４】
【特許文献１】実開平６－７０１９３号公報（第５頁、第１図）
【特許文献２】特開平１０－１１３２７８号公報（第３頁、第２図）
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
ところが、上記のような従来の複数に分割された加熱コイルを備える電磁誘導加熱調理器にあっては、被加熱容器を均一に加熱できるか、各コイルのインダクタンスが略同じであるかのいずれか一方のみであって、被加熱容器を均一に加熱でき、かつ、分割された各コイルのインダクタンスが略同じである加熱コイルをどのようにすれば製造できるのかについては、一切示されておらず、その結果、均一加熱ができて各コイルのインダクタンスが略同じである加熱コイルを実現することができなかった。
【０００６】
この発明は、上記のような課題を解決するために為されたもので、均一加熱ができ、分割された各コイルのインダクタンスが略同じであることから駆動回路の回路構成を簡略化できる加熱コイルの製造方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
この発明に係る加熱コイルの製造方法は、第１工程で、第１のコイルの内周半径及び外周半径と前記第１のコイルの導線を渦巻き状に等間隔で配置するピッチと前記導線に通電する最大電流とを設定し、第２工程で、前記第１のコイルを内周側から外周側へ向かって順に互いに異なる第１の分割位置と第２の分割位置とで第１の導線、第２の導線、及び第３の導線に分割し、前記第２の導線を取り除き、前記第１の導線からなる第２のコイルと前記第３の導線からなる第３のコイルを連結した第４のコイルが、通電されて被加熱容器を加熱した際に、前記被加熱容器の温度を前記最大電流で所定の最大加熱温度に至らしめると同時に、前記被加熱容器の温度分布を所定の均一度に至らしめるように、前記第１の分割位置と前記第２の分割位置を設定するようにし、第３工程で、前記第３のコイルを内周側から外周側へ向かって順に第３の分割位置で第４の導線と第５の導線に分割し、前記第２のコイルと前記第４の導線からなる第５のコイルを連結してなる第６のコイルと前記第５の導線からなる第７のコイルの各々のインダクタンスが略同じとなるように、前記第３の分割位置を設定するようにした。
【発明の効果】
【０００８】
この発明によれば、等間隔で渦巻き状に導線を配置したコイルを、被加熱容器の温度分布が所定の均一度に至るように導線の一部を取り除くことにより隙間を設けて分割し、次

に、分割された外周側のコイルを再分割するに際し、内周側のコイルと外周側のコイルを再分割して得た内側のコイルとを直列接続したコイルのインピーダンスと外周側のコイルを再分割して得た外側のコイルのインピーダンスとが略同じになるように再分割位置を設定するようにして、インピーダンスが略同じである２つのコイルからなる加熱コイルを構成したので、被加熱容器を均一に加熱することができると同時に、前記の２つのコイルを駆動する駆動回路を簡略化することができるという効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００９】

以下、この発明の実施の形態による加熱コイルの製造方法を、この製造方法で設計した加熱コイルを供える電磁誘導加熱調理器で被加熱容器としてステンレス製の鍋を想定して加熱した場合の鍋底温度の計算結果をもとにして説明する。

【００１０】

ところで、以下で説明する計算の内、交流磁場解析、鍋底の渦電流分布解析、渦電流損失に基づいたジュール熱による鍋底発熱密度分布の解析、及び、コイルのインダクタンス解析は、全て、汎用電磁界解析ソフトであるサイエンスソリューションズ株式会社製のＥＭ　Ｓｏｌｕｔｉｏｎ（登録商標）を用いた。この汎用電磁界解析ソフトは、変位電流を無視したＭａｘｗｅｌｌ方程式に３次元有限要素法を適用した電磁界計算が実行可能である。

【００１１】

なお、これらの計算ができるのは、このソフトに限られるわけではなく、一般に市販されている電磁界解析が可能な他のソフトも以下で説明する計算に対応したものであれば使用できることは言うまでもない。

【００１２】

なお、当該電磁誘導加熱調理器は被加熱容器である例えば鍋の鍋底を所定の最大加熱温度まで加熱でき、かつ、その鍋底温度分布が所定の均一度を有するように加熱できる加熱コイルを製造するものとする。

【００１３】

実施の形態１．

図１は、この発明に係る加熱コイルの製造方法によって設計した実施の形態１の加熱コイルを備える電磁誘導加熱調理器で、ステンレス製の鍋を加熱する構成の一例を正面側から見た断面図である。わかりやすくするために、説明に必要の無い、例えば、フェライトコア等の部材を省略して示している。

【００１４】

この電磁誘導加熱調理器の加熱コイルは、渦巻き形状をしており、渦巻きの中心側の内周コイル１と、外側の外周コイル２とから構成されている。この加熱コイルに駆動回路（図示せず）を接続して高周波電力を印加することで、交流磁界が発生し、被加熱容器の一例であるステンレス製の鍋３を均一加熱するようになっている。

【００１５】

なお、以下での説明では、鍋３のステンレスの材質はＳＵＳ４３０であり、鍋底直径が２００ｍｍ、鍋底厚さ２．５ｍｍとしている。また、ＳＵＳ４３０の電磁気的性質としては、比抵抗５．０ｘ１０$^{-7}$Ωｍ、比透磁率４００とし、熱的性質としては熱伝導率１６Ｗ／ｍＫ、比熱５００Ｊ／ｋｇ・Ｋと仮定して、電磁界解析と断熱モデルを用いた熱伝導解析を実施しているが、鍋の材質、及び、これらの定数の値は一例であり、鍋が他の材質であっても、また、その材質がこれらとは異なる定数を有するものであっても良いのは言うまでもない。

【００１６】

また、ここでは、加熱コイルに印加する高周波電力の周波数は２０ｋＨｚとしているが、この周波数の値に限定されるわけではないのは言うまでもない。

【００１７】

図２は、図１に記載の加熱コイルの構成を詳細に説明するために、上面側から見た加熱

コイルの平面図である。図１と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。

【００１８】

図２より明らかなように、内周コイル１は、渦巻きの中心側のコイル部１ａと、このコイル部１ａと隙間が設けられて配置された外側のコイル部１ｂとから構成されており、さらに、コイル部１ａとコイル部１ｂは直列に連結されている。一方、外周コイル２は、このコイル部１ｂの外側に接近して設けられている。

【００１９】

内周コイル１の両端には接続用端子４ａ、４ｂが、外周コイル２の両端には接続用端子５ａ、５ｂが設けられており、これらの接続用端子４ａ、４ｂ、５ａ、５ｂを用いて、駆動回路の高周波出力が通電されることとなる。

【００２０】

通常は、被加熱容器である鍋３が大きい場合には、内周コイル１と外周コイル２の両方に通電し、鍋３が小さい場合には、内周コイル１のみに通電して使用する。

【００２１】

次に、この発明に係る加熱コイルの製造方法による実施の形態１の加熱コイルの設計工程について説明する。

【００２２】

図３は、加熱コイルを製造するための設計手順を説明するための工程フロー図であり、製造しようとする加熱コイルの外形寸法や通電する最大電流の条件設定を行う第１工程と、被加熱容器である鍋の鍋底の温度が最大電流で少なくとも所定の最大加熱温度に到達することができるのと同時に、鍋底の温度分布が所定の均一度を有するようにするための第２工程と、加熱コイルを構成する図２に記載のコイル部１ａとコイル部１ｂとからなる内周コイル１のインダクタンスと外周コイル２のインダクタンスが略同じとなるように第３の分割位置を設定する第３工程とから構成されている。

【００２３】

また、図４は、加熱コイルの製造工程の内、第１工程を説明するための上面側から見た第１のコイルの平面図、図５は、第２工程を説明するための上面側から見た第４のコイルの平面図、図６は、第３工程を説明するための上面側から見た第４のコイルの平面図、図７は、前記、第１工程、第２工程、及び第３工程を経て、図３に示した工程フローで設計して得られた加熱コイルの平面図である。

【００２４】

なお、図３、図４、図５、図６、及び、図７は、互いに同一符号は同一又は相当部分を示すので一度説明したものについては以後は説明を省略する。さらに、図１及び図２と同一符号は同一又は相当部分を示すので同様に説明を省略する。

【００２５】

以下に、図３乃至図７を用いて、実施の形態１の加熱コイルの製造方法を詳細に説明する。

【００２６】

図３において、電磁誘導加熱調理器の加熱コイルを製造するために、加熱コイルを設計する工程スタートＳ１を開始すると、まず、第１工程として、製造する加熱コイルの外形寸法に関する、内周半径Ｒ１と外周半径Ｒ２を、加熱対象とする鍋のサイズに基づいて設定する条件設定Ｓ２を行う。

【００２７】

ここで、内周半径Ｒ１は、図４に記載の加熱コイルの中心６と接続端子４ａとの距離であり、外周半径Ｒ２は、図４に記載の加熱コイルの中心６と接続端子５ｂとの距離である。

【００２８】

条件設定Ｓ２では、さらに、使用する導線の種類やサイズを選定した上で、導線を内周半径Ｒ１と外周半径Ｒ２との間に等間隔で配置するピッチを設定する。

【００２９】

さらに、当該電磁誘導加熱調理器に搭載する駆動回路が許容できる最大電流を設定する。以下の説明では、鍋３の鍋底への入熱が一例として常に４００Ｗとなるように加熱コイルに印加する高周波電流を調整している。なお、焼き物等に適した温度として、最大加熱温度を１２０℃とした。

【００３０】

次に、図３に記載の第２工程として、加熱コイルによる誘導加熱によって鍋底の温度分布が所定の均一度を得られるように、図４に記載の接続端子４ａから渦巻き状に円周側に広がって接続端子５ｂで終端する第１のコイル７を仮に分割するための分割仮設定Ｓ３を行う。

【００３１】

具体的には、まず、図４に示すように、第１のコイル７を分割する内周側から外周側に向かって順に互いに異なる第１の分割位置８と第２の分割位置９を仮に設定し、これらの分割位置で第１のコイル７の導線を切断し、接続端子４ａを始端とし第１の分割位置８を終端とする第１の導線７ａと、第１の分割位置８を始端とし第２の分割位置９を終端とする第２の導線７ｂと、第２の分割位置９を始端とし接続端子５ｂを終端とする第３の導線７ｃにする。

【００３２】

次に、図５に示すように、第２の導線７ｂを取り除き、第１の導線７ａからなる第２のコイル１０と第３の導線７ｃからなる第３のコイル１１を連結して第４のコイルとする。

【００３３】

図５に示す第４のコイルに対して、図３に記載の電磁界解析・熱伝導解析による鍋底温度分布の計算Ｓ４の内、電磁界解析の部分を既に説明している汎用電磁界ソフトを用いて行い、まず、第４のコイルに通電する高周波電流によって生じる交流磁場分布を求める。

【００３４】

次に、この交流磁場分布に基づいて、既に説明している汎用電磁界ソフトを用いて鍋３に誘起される渦電流分布を求め、さらに、鍋３の比抵抗の値に応じて生じる渦電流損失を計算し、鍋３のジュール熱による鍋底発熱密度分布を得る。

【００３５】

次に、得られた鍋底発熱密度分布に基づいて、熱伝導方程式に熱回路網を適用し、差分法で計算するように作成された非定常熱伝導解析ソフトを用いて、分割仮設定Ｓ３で第１の分割位置８と第２の分割位置９で分割して得た第４のコイルで鍋３を加熱した場合の鍋底温度分布を求める。

【００３６】

なお、鍋底温度分布の計算にここで用いた非定常熱伝導解析ソフトは自作によるものであるが、このソフトに限られるわけではなく、発熱源である鍋底発熱密度分布に基づいて非定常の熱伝導が計算できる一般に市販されている汎用熱伝導解析ソフトであればこの計算に使用できるのは言うまでもない。

【００３７】

次に、鍋３の鍋底の温度が所定の最大加熱温度に到達できる電流値が、条件設定Ｓ２にて設定した許容最大電流の範囲内にあり、かつ、求めた鍋底温度分布が所定の均一度に達したかどうかを判定１Ｓ５で判定し、所定の均一度に達した場合は第３の工程に進むが、達しない場合は第１のコイル７の分割仮設定Ｓ３に戻って、第１の分割位置８と第２の分割位置９の見直しを行って再度仮設定し、以下は上記の同様の処理を行い、判定１Ｓ５で鍋底温度分布が所定の均一度に達するまでこれらの処理を繰り返す。

【００３８】

第２工程がＳ６で終了すると、次は、第３工程において、加熱コイルを構成する内周コイル１と外周コイル２の各々のインダクタンスが略同じとなるように、第３のコイル１１の分割仮設定Ｓ７を行う。

【００３９】

具体的には、まず、図６に示すように、第３のコイル１１を分割する第３の分割位置１

２を仮に設定し、この第３の分割位置１２で第３のコイル１１の導線を切断し、内周側から外周側に向かって順に、第３の分割位置１２よりも内周側の第４の導線１１ａと、第３の分割位置１２を始端とし接続端子５ｂを終端とする第５の導線１１ｂにする。

【００４０】

次に、図７に示すように、第２のコイル１０と第４の導線１１ａからなる第５のコイル１３を連結して第６のコイルとする。

【００４１】

次に、第６のコイルと第５の導線１１ｂからなる第７のコイル１４の各々のインダクタンスの計算Ｓ８を、既に説明した汎用電磁界ソフトを用いてコイルに鎖交する磁束からインダクタンスを算出する方法で行い、各々のインダクタンスの値が略同じであるかどうかを判定２Ｓ９で判定し、略同じであれば第３の分割位置１２の設定Ｓ１０が完了したものとして工程ストップＳ１１で工程フローが終了するが、略同じでなければ、第３のコイル１１の分割仮設定Ｓ７に戻って、第３の分割位置１２の見直しを行って再度仮設定し、以下は上記の同様の処理を行った上で、判定２Ｓ９で各々のインダクタンスの値が略同じになるまで繰り返す。以上により、Ｓ１０で第３の分割位置１２が設定され、Ｓ１１で工程が終了する。

【００４２】

以上の工程フローにより得られた第６のコイルは、図２に示すコイル部１ａとコイル部１ｂから構成された内周コイル１そのものであり、第７のコイル１４は、外周コイル２そのものであって、この発明に係る実施の形態１の加熱コイルの製造方法で設計した実施の形態１の加熱コイルを得ることができる。

【００４３】

なお、図３に示す加熱コイルの製造方法の工程フローに基づいて、設計を行った例を以下にさらに詳細に説明する。ここでは、一例として、第１の工程として、加熱コイルの内周半径Ｒ１は１３．８ｍｍ、外周半径Ｒ２は９２．０ｍｍ、導線を配置するピッチを１．７ｍｍとした。また、使用する駆動回路から通電する許容最大電流を設定した。

【００４４】

さらに、既に述べているように、鍋３の鍋底への入熱が常に４００Ｗとなるように加熱コイルに印加する高周波電流を調整しており、所定の最大加熱温度は例えば１２０℃としている。

【００４５】

また、加熱コイルの半径方向の鍋底温度の均一度については、所定の最大加熱温度から例えば低温側に１０℃以内に入る鍋底の長さが鍋底の半径に占める割合を意味するものとし、所定の均一度は例えば５０％以上としている。

【００４６】

図８は、図３に示す第２工程において、第１の分割位置８と第２の分割位置９の組み合わせを変えて求めた鍋３の鍋半径方向の鍋底温度分布図である。第１の分割位置８と第２の分割位置９の間の隙間が０ｍｍの場合の鍋底温度分布曲線１５と、同じく隙間が１３．６ｍｍの場合の鍋底温度分布曲線１６と、同じく隙間が２８．９ｍｍの場合の鍋底温度分布曲線１７と、同じく隙間が４２．５ｍｍの場合の鍋底温度分布曲線１８を示している。

【００４７】

図８において、第１の分割位置８と第２の分割位置９の間の隙間を大きくすると、所定の最大加熱温度である１２０℃から低温側に１０℃以内に入る鍋底の長さは長くなっていく傾向を示し、隙間を大きくするほど鍋底温度分布の均一度が向上する傾向にあることがわかる。なお、隙間が４２．５ｍｍの場合の鍋底温度分布曲線１８の場合は、均一度の点では良いが、図４に示す第２の導線７ｂとして第１のコイルから取り除くこととなる割合が極めて大きく、その結果、誘導加熱のためのコイルとして機能する部分が小さくなって、所定の最大電流では鍋底の最大加熱温度を１２０℃に到達させることができなくなったことから、図３に示す工程フローに記載の判定１Ｓ５にてＮＯの判定となった。

【００４８】

ところで、隙間が０ｍｍの場合の鍋底温度分布曲線１５では、均一度が３５％と所定の均一度である５０％を著しく満足していない。また、隙間が１３．６ｍｍの場合の鍋底温度分布曲線１６では、均一度が４６％と若干であるが５０％を満足していない。このような場合、特に隙間が１３．６ｍｍの場合では、鍋３に水を入れて沸騰させると、気泡がドーナツ状に発生する。また、焼き物等を行うと、ドーナツ状の焦げ目ができる場合がある。

【００４９】

一方、２８．９ｍｍの場合の鍋底温度分布曲線１７では、１０℃以内に入る鍋底の長さが６４ｍｍであり、均一度が６４％となって、所定の均一度である５０％を満足するとともに、鍋底の最大加熱温度が１２０℃に到達させるための高周波電流は所定の最大電流を越えることは無かった。

【００５０】

以上により、図３に示す第２工程においては、図４に記載の第１のコイル７の中心６から半径方向に３５．９ｍｍの位置を第１の分割位置８とし、中心６から半径方向に６４．８ｍｍの位置を第２の分割位置９とし、２８．９ｍｍの隙間を空けるようにしたので、最大加熱温度に到達できる電流値が許容される最大電流の範囲内で、かつ、鍋底の温度分布が所定の均一度である５０％を越えており、第１の分割位置８と第２の分割位置９の設定が完了して、第３工程に移ることができた。

【００５１】

第３工程においては、図６に示す第３のコイル１１の第３の分割位置１２を、第６のコイルと第７のコイル１４の各々のインダクタンスが略同じになるように設定するが、まずは、図９において、加熱コイルのターン数とインダクタンスとにどのような関係があるのかを説明する。

【００５２】

図９は、１ターンの加熱コイルを想定して、その加熱コイルの外径に対する１ターン当たりのインダクタンスの大きさの関係を示すインダクタンス特性図である。

【００５３】

図９によれば、１ターン当たりのインダクタンスは、略加熱コイルの外径に比例していることがわかる。従って、第３のコイル１１を適正な位置で分割することで、鍋底温度分布の均一度を変化させること無く、第６のコイルのインダクタンスの値と第７のコイル１４のインダクタンスの値を略同じにすることが可能である。

【００５４】

そこで、既に説明したように、図３の工程フローの第３工程に示した製造方法で、第６のコイルと第７のコイル１４のインダクタンスが略同じになるように第３のコイル１１の第３の分割位置１２を電磁界解析により求めたところ、図６に示す第３の分割位置１２は、中心６から半径方向に７５．０ｍｍの位置であることが得られた。

【００５５】

以上により、図３に示す第３工程を完了することで図７に示す加熱コイルを得ることができ、既に、説明したように、第６のコイルは図２に示すコイル部１ａとコイル部１ｂから構成された内周コイル１そのものであり、第７のコイル１４は図２の外周コイル２そのものであって、この発明に係る実施の形態１の加熱コイルの一例を得ることができた。

【００５６】

このようにして得られた一例の加熱コイルの寸法形状を図２を用いて説明すると、加熱コイルの内周半径Ｒ１は１３．８ｍｍ、外周半径Ｒ２は９２．０ｍｍであり、導線を配置するピッチが１．７ｍｍであることから、内周コイル１を構成するコイル部１ａのターン数は１３ターン、コイル部１ｂのターン数は６ターンで、コイル部１ａの外周とコイル部１ｂの内周との間には２８．９ｍｍの隙間が設けられている。さらに、外周コイル２のターン数は１０ターンである。

【００５７】

上記では、ピッチを１．７ｍｍとしてターン数を決定したが、ピッチを変えても鍋底温

度分布や内周コイル１と外周コイル２のインダクタンスが略同じである点には影響しないので、コイル部１ａそのものである第２のコイル１０のターン数をＡ、コイル部１ｂそのものである第５のコイル１３のターン数をＢ、外周コイル２そのものである第７のコイル１４のターン数をＣとおくと、略Ａ：Ｂ：Ｃ＝１３：６：１０の関係が成立することは言うまでも無い。

【００５８】

以上のようにして得られた第６のコイルである内周コイル１と第７のコイル１４である外周コイル２とのそれぞれに駆動回路が接続された加熱コイルを搭載した電磁誘導加熱調理器は、被加熱容器である鍋３の鍋底を所定の均一度で加熱することができると同時に、内周コイル１と外周コイル２のインピーダンスが略同じであることからそれぞれの駆動回路が互いに同じものであれば足り、ひいては、駆動回路を簡略化することができるという効果がある。

【００５９】

また、小鍋に対応して内周コイル１のみを通電するという使い方はできなくなるが、第６のコイルである内周コイル１と第７のコイル１４である外周コイル２とを１台の駆動回路に並列接続して、電磁誘導加熱調理器に搭載することも可能である。インピーダンスの異なるコイルを並列接続にした場合、コイルに流れる電流にばらつきが生じ、駆動電流の波形が変化し、その結果、加熱コイルの駆動効率が低下するという問題が生じるが、第６のコイルである内周コイル１と第７のコイル１４である外周コイル２とは各々のインダクタンスを略同じとなるようにしているので、駆動効率の低下を起こすことが無く、その結果、被加熱容器を均一に加熱することができると同時に、単に１台の駆動回路を接続するだけで加熱コイルを効率良く駆動でき、駆動回路を簡略化することができるという効果がある。

【００６０】

実施の形態２.

実施の形態１の製造方法による加熱コイルにおいては、第６のコイルである内周コイルの外周側は第７のコイルである外周コイルの内周側と接近して配置されているが、被加熱容器として小鍋を加熱する場合には、外周コイルは駆動せずに内周コイルのみを駆動させることとなる。その場合、内周コイルの外周側と外周コイルの内周側との間を空けずに接近させていると、内周コイルと外周コイルとの磁気結合により、駆動回路により内周コイルに印加された高周波電力の一部が外周コイルに伝わり、外周コイルからその磁束が加熱コイルの外側に洩れることとなり、その結果、わずかではあるが、小鍋に対する加熱効率の低下を引き起こすという問題が生じる。

【００６１】

この問題に対しては、内周コイルの外周側と外周コイルの内周側との間に隙間を設けることが有効である。

【００６２】

具体的には、実施の形態１において説明した図３に記載の工程フローにおいて、第１工程及び第２工程は実施の形態１と同様であるとし、第３工程において、第３の分割位置を設定した後に、図６ないしは図７に示す第２のコイル１０と第５のコイル１３の連結を解除し、第５のコイル１３の外周側の第４の導線１１ａの内の所定のターン数分を削除すると同時に、内周側の第４の導線１１ａの内の前記所定のターン数分を追加した上で、再度、前記第２のコイル１０と前記第５のコイル１３を連結して第６のコイルとするようにした。なお、上記以外の事項については実施の形態１にて説明した内容と同様である。

【００６３】

これにより、第６のコイルの外周側と第７のコイル１４の内周側との間には所定のターン数分に対応した隙間が形成されることとなる。

【００６４】

図１０は、上記に説明した手順で第６のコイルの外周側と第７のコイル１４の内周側との隙間の幅を変えた場合の鍋３の鍋半径方向の鍋底温度分布図である。隙間が無い場合の

鍋底温度分布曲線１９と、３ターン分の隙間を形成した場合の鍋底温度分布曲線２０と、７ターン分の隙間を形成した場合の鍋底温度分布曲線２１を示している。

【００６５】

図１０において、第６のコイルの外周側と第７のコイル１４の内周側との隙間を大きくすると鍋底温度分布の均一度が低下する傾向にあることがわかる。

【００６６】

さらに、図１１は、図１０に対応した鍋半径方向の鍋底発熱密度分布図であり、隙間が無い場合の鍋底発熱密度分布曲線２２と、３ターン分の隙間を形成した場合の鍋底発熱密度分布曲線２３と、７ターン分の隙間を形成した場合の鍋底発熱密度分布曲線２４を示している。

【００６７】

図１１によれば、図１０に示すように、隙間が大きくなるほど鍋底温度分布の均一度が低下する原因は、被加熱容器である鍋３の外径側の発熱密度が低くなる傾向を有することによることがわかる。

【００６８】

なお、図１０において、３ターン分の隙間を形成した場合の鍋底温度分布曲線２０によれば、所定の加熱最大温度である１２０℃から低温側に１０℃以内に入る鍋底の長さが４７ｍｍであり、均一度が４７％となっている。

【００６９】

一方、図１２は、第６のコイルと第７のコイル１４との隙間（ターン数分）に対する第６のコイルと第７のコイル１４の結合係数比の変化を示す図である。ここで、縦軸は隙間無しを１として規格化されている。

【００７０】

図１２によれば、３ターン分の隙間を形成すれば結合係数比は０．８１程度まで低減することができ、その結果、第６のコイルと第７のコイル１４との結合が弱くなって、第７のコイル１４から洩れる磁束を実用上問題とならないレベルまで低減することが可能となる。

【００７１】

従って、実施の形態２の製造方法で得られた加熱コイルを搭載した電磁誘導加熱調理器において、鍋３の鍋底温度分布の所定の均一度が４７％と若干の低下を許容する用途であれば、小鍋を加熱するために、第６のコイルである内周コイル１のみに通電したとしても、第７のコイル１４である外周コイル２から洩れる磁束が低減されるので、その結果、小鍋でない鍋に対しては鍋底温度分布が所定の均一度を有して均一加熱でき、かつ、駆動回路を簡略化できると同時に、小鍋に対しては磁束洩れに起因した加熱効率の低下を抑制することができるという効果がある。

【００７２】

また、小鍋に対応して内周コイル１のみを通電するという使い方はできなくなるが、第６のコイルである内周コイル１と第７のコイル１４である外周コイル２とを１台の駆動回路に並列接続して、電磁誘導加熱調理器に搭載することも可能で、第６のコイルである内周コイル１と第７のコイル１４である外周コイル２とは各々のインダクタンスを略同じとなるようにしているので、駆動効率の低下を起こすことが無く、その結果、被加熱容器を均一に加熱することができると同時に、単に１台の駆動回路を接続するだけで加熱コイルを効率良く駆動でき、駆動回路を簡略化することができるという効果は実施の形態１と同様である。

【００７３】

実施の形態３．

実施の形態１及び実施の形態２では、電磁誘導加熱調理器には加熱コイルが１層のみ搭載された場合のみを示したが、駆動回路の種別によっては、インダクタンスを大きくした方が印加する高周波電力に対する加熱効率が良い場合がある。

【００７４】

図１３は、加熱コイルを２層に積層して搭載した電磁誘導加熱調理器の断面図で、２層に積層することでインダクタンスを２の２乗倍に大きくすることができ、その上で、実施の形態１や実施の形態２と同様の効果を得ることができる。

【００７５】

また、層数は２層に限られるものではなく、もっとインダクタンスを大きくする場合には、さらに層数を増やせば良いことは言うまでも無い。

【図面の簡単な説明】

【００７６】

【図１】この発明に係る加熱コイルの製造方法で設計した実施の形態１の加熱コイルを備える電磁誘導加熱調理器の断面図である。

【図２】この発明に係る加熱コイルの製造方法で設計した実施の形態１の加熱コイルの構成を詳細に説明するための加熱コイルの平面図である。

【図３】実施の形態１の加熱コイルを製造するための手順を示した工程フロー図である。

【図４】第１工程を説明するための第１のコイルの平面図である。

【図５】第２工程を説明するための第４のコイルの平面図である。

【図６】第３工程を説明するための第４のコイルの平面図である。

【図７】図３に示した工程フローで設計して得られた加熱コイルの平面図である。

【図８】第２工程において、第１の分割位置８と第２の分割位置９の組み合せを変えて求めた鍋３の鍋半径方向の鍋底温度分布図である。

【図９】加熱コイルの外径に対する１ターン当たりのインダクタンスの大きさの関係を示すインダクタンス特性図である。

【図１０】第６のコイルの外周側と第７のコイル１４の内周側との隙間を変えた場合の鍋３の鍋半径方向の鍋底温度分布図である。

【図１１】図１０に対応した鍋半径方向の鍋底発熱密度分布図である。

【図１２】第６のコイルと第７のコイル１４との隙間（ターン数分）に対する第６のコイルと第７のコイル１４の結合係数比の変化を示す図である。

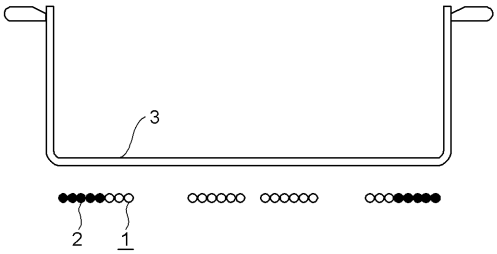
【図１３】加熱コイルを２層に積層して搭載した電磁誘導加熱調理器の断面図である。

【符号の説明】

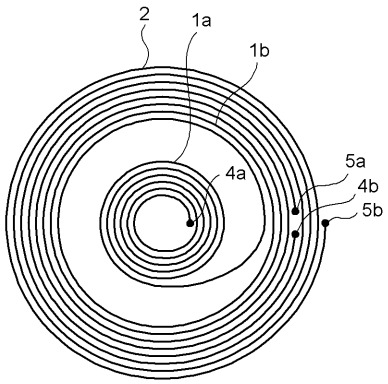
【００７７】

１　内周コイル
２　外周コイル
３　鍋
７　第１のコイル
７ａ　第１の導線
７ｂ　第２の導線
７ｃ　第３の導線
８　第１の分割位置
９　第２の分割位置
１０　第２のコイル
１１　第３のコイル
１２　第３の分割位置
１３　第５のコイル
１４　第７のコイル

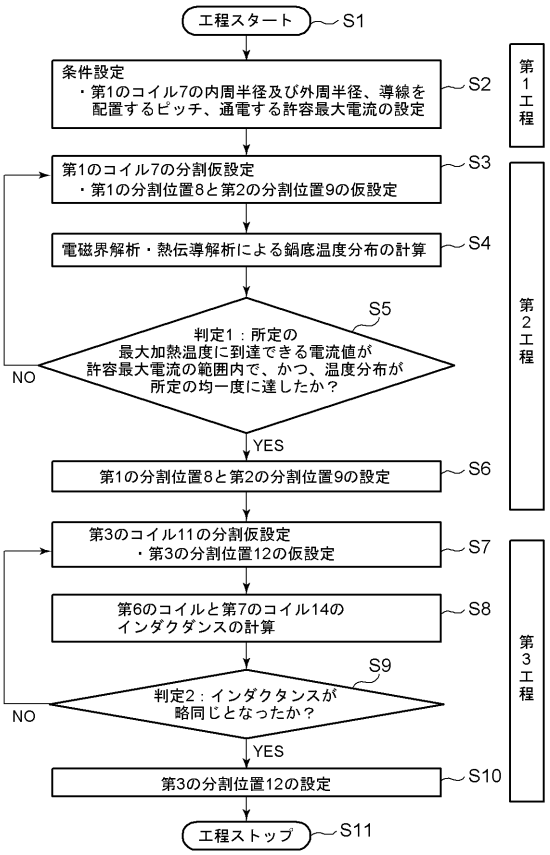
【図１】



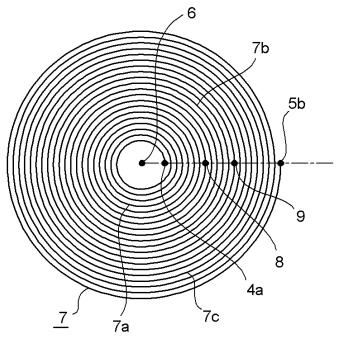
【図２】



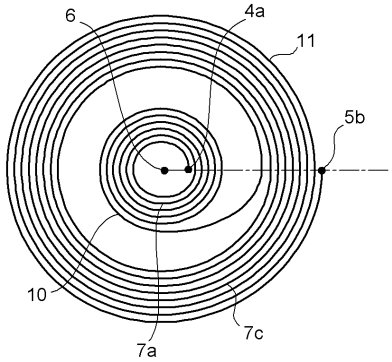
【図３】



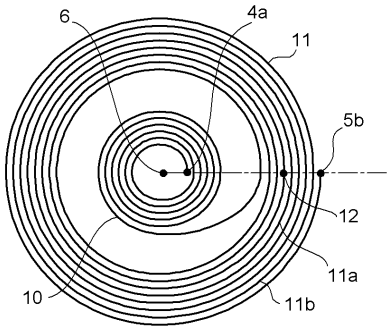
【図４】



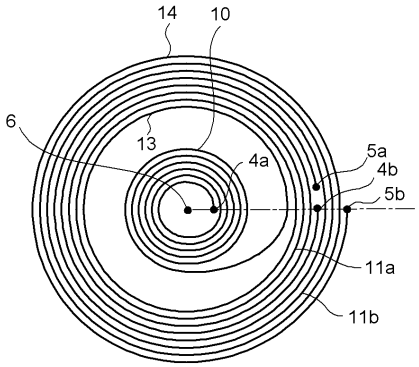
【図５】



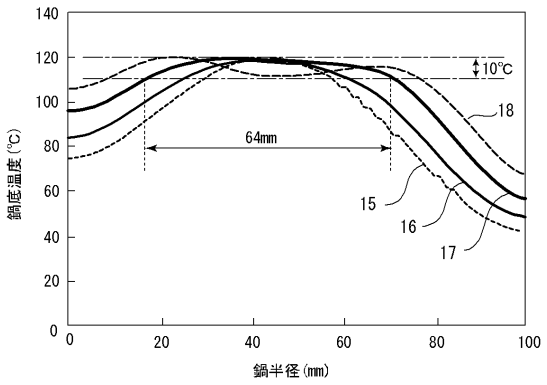
【図６】



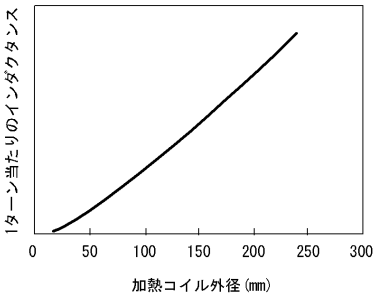
【図７】



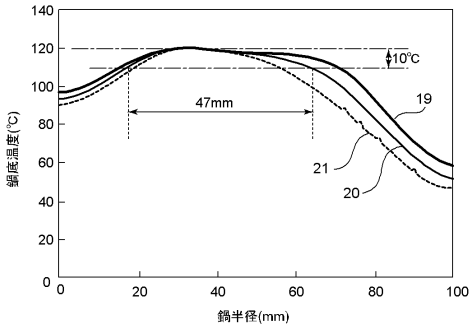
【図８】



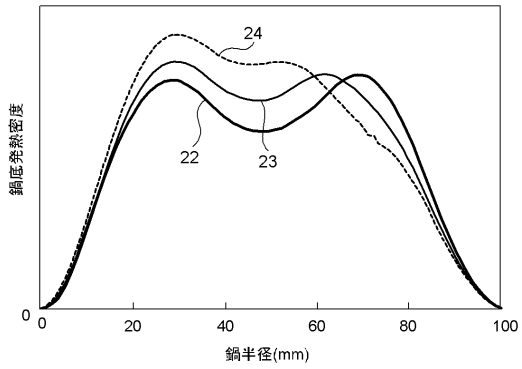
【図９】



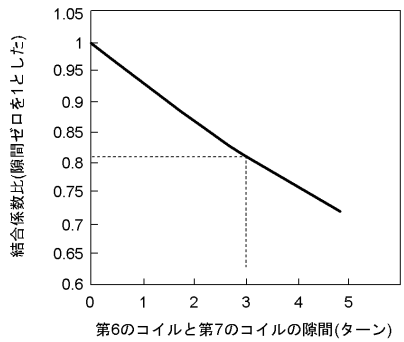
【図１０】



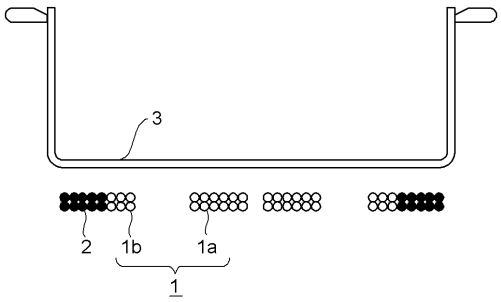
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

審査官　土屋　正志

(56)参考文献　特開平１１－２０４２４４（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０５５６７８（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１１３２７８（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２３１９１８（ＪＰ，Ａ）
実開昭４９－０８６４５７（ＪＰ，Ｕ）
実開平０６－０７０１９３（ＪＰ，Ｕ）
特開平０４－３３７２７９（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３１９２９６（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２２０９９０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０５Ｂ　　６／１２
Ｈ０５Ｂ　　６／３６
Ｈ０５Ｂ　　６／４４