

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公 開 特 許 公 報(A)

(11)特許出願公開番号
特開2024-162381
(P2024-162381A)

(43)公開日 令和6年11月21日(2024. 11. 21)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H 0 5 B 6/10 (2006.01)	H 0 5 B 6/10 3 1 1	3 K 0 5 9
	H 0 5 B 6/10 3 0 1	
	H 0 5 B 6/10 3 2 1	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21)出願番号	特願2023-77825(P2023-77825)	(71)出願人	504176911 国立大学法人大阪大学 大阪府吹田市山田丘1番1号
(22)出願日	令和5年5月10日(2023. 5. 10)	(71)出願人	390013815 学校法人金井学園 福井県福井市学園3丁目6番1号
		(71)出願人	596150529 テクノ電気工業株式会社 神奈川県秦野市戸川345番地
		(74)代理人	110000338 弁理士法人 HARAKENZO WOR LD PATENT & TRADEMA RK
		最終頁に続く	

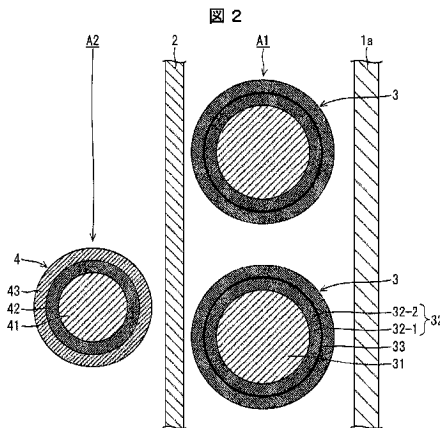
(54)【発明の名称】加熱装置

(57)【要約】

【課題】熱コンダクタンスの向上を実現できる加熱装置を提供する。

【解決手段】加熱装置(100)は、交流電流が流れる導電線(31)と、前記導電線を囲うように形成された導電性薄膜(33)とを備える開放型コイル(3)と、前記通電部の外部に配置された導電性の外部部品(1a、2)と、を備え、前記通電部から漏れ出た磁束で前記外部部品を誘導加熱する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

容器に收容された被処理物を加熱する加熱装置であって、
交流電流が流れる導電線と、前記導電線を囲うように形成された導電性薄膜とを備える通電部と、

前記通電部の外部に配置された導電性の外部部品と、を備え、

前記通電部から漏れ出た磁束で前記外部部品を誘導加熱する、加熱装置。

【請求項 2】

前記外部部品は、ドラフトチューブおよび前記容器の壁を含み、

前記通電部は、前記ドラフトチューブと前記壁との間に配置される、請求項 1 に記載の加熱装置。

10

【請求項 3】

前記通電部は、前記容器内において螺旋状に巻回するコイルである、請求項 1 に記載の加熱装置。

【請求項 4】

前記導電性薄膜は、前記導電線を少なくとも部分的に被覆する、請求項 1 に記載の加熱装置。

【請求項 5】

前記導電性薄膜の厚さは 2 mm 未満である、請求項 1 に記載の加熱装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】**【0001】**

本発明は、容器に收容された被処理物を加熱するための加熱装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、容器に設けられた通電部に高周波電流を供給することにより、容器に收容された被処理物を加熱する加熱装置が知られている。例えば、特許文献 1 は、通電部と、当該通電部に固定された導体である攪拌翼とを備え、通電部に高周波電流を供給することにより攪拌翼を誘導加熱し、誘導加熱された攪拌翼を容器内で回転させることにより被処理物を加熱する加熱装置を開示する。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特許第 6 9 2 7 5 1 0 号

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

上述の従来技術では、通電部に固定された導体である攪拌翼が被処理物を加熱する加熱部として誘導加熱される。しかしながら、上述の従来技術は、加熱部と被処理物との間の熱コンダクタンスの観点において、改善の余地がある。

40

【0005】

本発明の一態様は、熱コンダクタンスの向上を実現できる加熱装置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】**【0006】**

上記の課題を解決するために、本発明の態様 1 に係る加熱装置は、容器に收容された被処理物を加熱する加熱装置であって、交流電流が流れる導電線と、前記導電線を囲うように形成された導電性薄膜とを備える通電部と、前記通電部の外部に配置された導電性の外部部品と、を備え、前記通電部から漏れ出た磁束で前記外部部品を誘導加熱する。

【0007】

50

本発明の態様 2 に係る加熱装置では、上記態様 1 において、前記外部部品は、ドラフトチューブおよび前記容器の壁を含み、前記通電部は、前記ドラフトチューブと前記壁との間に配置されてもよい。

【0008】

本発明の態様 3 に係る加熱装置では、上記態様 1 または 2 において、前記通電部は、前記容器内において螺旋状に巻回するコイルであってもよい。

【0009】

本発明の態様 4 に係る加熱装置では、上記態様 1 から 3 において、前記導電性薄膜は、前記導電線を少なくとも部分的に被覆してもよい。

【0010】

本発明の態様 5 に係る加熱装置では、上記態様 1 から 4 において、前記導電性薄膜の厚さは 2 mm 未満であってもよい。

【発明の効果】

【0011】

本発明の一態様によれば、熱コンダクタンスを向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図 1】実施形態 1 に係る加熱装置の構成を概略的に示す断面図である。

【図 2】開放型コイルおよび密閉型コイルの断面を詳細に示す拡大断面図である。

【図 3】高周波電流の供給時における、容器内の磁界の分布を示す図である。

【図 4】導電性薄膜の厚さと、各加熱部における損失電力との関係を示すグラフである。

【図 5】高周波電流の周波数と、各加熱部における損失電力との関係を示すグラフである。

【図 6】導電性薄膜の厚さと、開放型コイルによる全損失電力との関係を示すグラフである。

【図 7】導電性薄膜の厚さと、開放型コイルへの損失電力の割合との関係を示すグラフである。

【図 8】実施形態 2 に係る加熱装置の構成を概略的に示す上面図および断面図である。

【図 9】実施形態 3 に係る加熱装置の構成を概略的に示す上面図および断面図である。

【図 10】実施形態 4 に係る加熱装置の構成を概略的に示す上面図および断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

〔実施形態 1〕

（本発明の一態様の特徴点について）

本発明の一態様に係る加熱装置は、容器に収容された被処理物を加熱するための加熱装置であって、被処理物を加熱する加熱部と被処理物との間の熱コンダクタンス hA を向上させることを目的とする。ここで、熱コンダクタンス hA は、熱伝達率 h と伝熱面積 A との積であり、加熱部から被処理物への熱の伝わりやすさを表す。加熱部における損失電力 W （すなわち、加熱部から被処理物に供給される単位時間あたりの熱量）は、この熱コンダクタンス hA を用いて、 $W = (hA) \cdot T$ で表される。ここで、 T は、加熱部の表面温度 T_w から被処理物の温度 T_s を引いた値である。

【0014】

熱コンダクタンス hA を向上させることは、以下のような利点を有する。すなわち、温度差 T が一定の場合、熱コンダクタンス hA が大きいほど損失電力 W は増大する。したがって、熱コンダクタンス hA を向上させることにより、被処理物を加熱するのに要する運転時間を短縮でき、製造に係る省エネルギー化および低コスト化を実現できる。また、損失電力 W が一定の場合、熱コンダクタンス hA が大きいほど T （すなわち、加熱部の表面温度 T_w ）は低減する。したがって、熱コンダクタンス hA を向上させることにより、被処理物の焦げ付きを低減し、製品の高品質化および高歩留まりを実現できる。また、加熱部の表面温度 T_w を均一にしやすくなり、効率よく被処理物を加熱することができる。

。

【0015】

本発明者らは、後述する通電部（開放型コイル3、コイル内蔵ドラフトチューブ2C）を容器の内部に設けることにより、伝熱面積Aを増大させて、熱コンダクタンスhAを向上できることを見出した。このような開放型コイルを備える加熱装置（加熱装置100, 100A, 100B, 100C）の構成の様々な例について以下に説明する。

【0016】

（加熱装置100の概略構成）

図1は、一実施形態に係る加熱装置100の構成を概略的に示す断面図である。図1は、加熱装置100の縦断面を示している。図1に示すように、加熱装置100は、容器1、ドラフトチューブ2、開放型コイル3、および密閉型コイル4を備える。また、加熱装置100は、開放型コイル3および密閉型コイル4に高周波電流を供給する給電部（不図示）を備える。図2は、開放型コイル3および密閉型コイル4の断面を詳細に示す拡大断面図である。

10

【0017】

加熱装置100は、容器1の内部に収容された被処理物を加熱するための装置である。被処理物は、液体、気体、固体（粉体、粒体等）およびこれらの混合物のいずれにも適用可能である。

【0018】

容器1は、被処理物を収容する円筒部材である。ドラフトチューブ2は、容器1の内部を外筒部A1と内筒部A2とに仕切る、容器1と同軸の円筒部材である。容器1の壁1a（側壁および底壁）およびドラフトチューブ2は、導電性を有する。

20

【0019】

開放型コイル3は、開放型コイル3から漏れ出た磁束で、開放型コイル3の外部に配置された導電性の外部部品を誘導加熱する。本実施形態では、外部部品は、容器1の壁1aおよびドラフトチューブ2を含む。開放型コイル3は、容器1の壁1a（図1に示す一例では側壁）とドラフトチューブ2との間（すなわち、外筒部A1）に配置される。開放型コイル3は、容器1内において（図1に示す一例では、容器1の軸方向に沿って）螺旋状に巻回するコイルである。

【0020】

図2に示すように、開放型コイル3は、交流電流が流れる導電線31と、導電線31を囲うように形成された導電性薄膜33とを備える。本実施形態では、開放型コイル3は、導電線31の周囲を絶縁層32（内側から第1絶縁層32-1および第2絶縁層32-2）で被覆している。そして、導電性薄膜33は、第1絶縁層32-1と第2絶縁層32-2との間に設けられる。

30

【0021】

導電線31は、銅リッツ線またはホローコンダクタ等である。絶縁層32は、例えばセラミック系の耐熱絶縁材料を含み、開放型コイル3の強度を保持する。導電性薄膜33は、銅、アルミニウム、またはステンレス鋼（SUS304）などの導電性材料を含む。導電線31に高周波電流を流すと、導電性薄膜33は誘導加熱される。開放型コイル3は、このような自己誘導加熱による発熱にて被処理物を加熱する。

40

【0022】

導電性薄膜33の厚さ（薄膜厚さ）は、2mm未満であればよい。これにより、導電線31に高周波電流を流したとき、導電線31にて発生する磁束は、導電性薄膜33を透過し、外部部品を十分に誘導加熱できる。好ましくは、薄膜厚さは、0.8mm以下である。後述する図6、図7で示されるように、薄膜厚さを0.8mm以下とすることにより、同じ高周波電流を流したときに全損失電力を大きくでき、かつ、外部部品への電力分配率を10%以上とすることができる。

【0023】

密閉型コイル4は、導電線41と、導電線41の周囲を被覆する絶縁層42と、絶縁層

50

4 2 の周囲を被覆する導体層 4 3 とを備える。導電線 4 1 は、銅リッツ線またはホローコンダクタ等である。導体層 4 3 は、銅、アルミニウム、またはステンレス鋼（SUS304）などの導電性材料を含む。導電線 4 1 に高周波電流を流すと、導体層 4 3 は誘導加熱される。密閉型コイル 4 は、このような自己誘導加熱による発熱にて被処理物を加熱する。

【0024】

導体層 4 3 の厚さは 2 mm より大きい。高周波電流の供給時に導電線 4 1 が生成する磁束は、このような導体層 4 3 に吸収され外部に漏れ出ない。すなわち、密閉型コイル 4 は、外部部品を誘導加熱しない。

【0025】

以上のように、密閉型コイル 4 は、自己誘導加熱による発熱のみにて被処理物を加熱する。一方、開放型コイル 3 は、自己誘導加熱による発熱に加えて、誘導加熱による外部部品の発熱にて、被処理物を加熱する。加熱装置 100 は、このような開放型コイル 3 を備えることにより、伝熱面積 A を増大させ、熱コンダクタンス hA を向上できる。本実施形態において、被処理物を加熱する加熱部は、容器 1 の壁 1 a、ドラフトチューブ 2、開放型コイル 3、および密閉型コイル 4 である。

【0026】

加熱装置 100 は、容器 1 の軸方向に沿った回転軸（不図示）を備えてもよい。回転軸の一端は、モータの駆動軸に連結される。また、回転軸は、ドラフトチューブ 2、開放型コイル 3、および / または密閉型コイル 4 に接続される。モータによって回転軸を回転駆動させることにより、ドラフトチューブ 2、開放型コイル 3、および / または密閉型コイル 4 が回転する。これにより、ドラフトチューブ 2、開放型コイル 3、および / または密閉型コイル 4 は、被処理物を攪拌できる（すなわち、攪拌翼として機能する）。特に、ドラフトチューブ 2 が回転することにより、ドラフトチューブ 2 の表面付近における、被処理物の温度が変化する境界層を削り、当該境界層を薄くすることができる。したがって、ドラフトチューブ 2 から被処理物への熱伝達率 h を大きくすることができる。また、さらなる攪拌性の向上のため、開放型コイル 3 は、シングルヘリカルリボン構造を有し、密閉型コイル 4 は、ダブルヘリカルリボン構造を有してもよい。

【0027】

加熱装置 100 は、図 2 に示した開放型コイル 3 が螺旋状に巻回するシングルヘリカル構造体の代わりに、開放型コイル 3 と通電されない攪拌翼（金属翼）とが交互に螺旋状に巻回するダブルヘリカル構造体を備えてもよい。この場合、容器 1 の壁 1 a およびドラフトチューブ 2 に加え、当該金属翼も開放型コイル 3 から漏れ出た磁束で誘導加熱される（すなわち、外部部品に含まれる）。これにより、加熱装置 100 における開放型コイル 3 の導電線 3 1 および絶縁層 3 2 が占める容積率は低減される。したがって、伝熱面積 A をより増大させ、その結果、熱コンダクタンス hA のさらなる向上が実現できる。また、加熱装置 100 は、径の細い金属翼を複数備えることにより、さらなる伝熱面積 A の増大（すなわち熱コンダクタンス hA の向上）を図れる。また、このようなダブルヘリカル構造体を上述の回転軸により回転させることにより、容器 1 内の循環流れを促進できる。また、加熱装置 100 における開放型コイル 3 の導電線 3 1 が占める容積率は低減されるため、加熱装置 100 を軽量化できる。

【0028】

導電性薄膜 3 3 は、導電線 3 1 を少なくとも部分的に被覆してもよい。言い換えると、導電性薄膜 3 3 は、少なくとも 1 つ以上の貫通孔（スリットまたは孔）を有していてもよい。貫通孔の内部には、絶縁層 3 2 が配置されている。貫通孔により、開放型コイル 3 からの磁束の漏れを促進できる。導電性薄膜 3 3 の開口率は、例えば 20 ~ 70 % であればよい。

【0029】

壁 1 a またはドラフトチューブ 2 のいずれかが導電性を有していればよい。すなわち、誘導加熱される外部部品は、壁 1 a またはドラフトチューブ 2 のいずれかであってもよい。

10

20

30

40

50

。

【 0 0 3 0 】

開放型コイル 3 および密閉型コイル 4 の断面形状は、図 1 および図 2 に示すように円形であってもよいし、円形以外の形状（例えば矩形）であってもよい。

【 0 0 3 1 】

（実施例 1）

実施形態 1 で示した加熱装置 1 0 0 において、開放型コイル 3 および密閉型コイル 4 に高周波電流を流したときの、容器 1 内の磁界の分布および加熱部における損失電力をシミュレーションした。以下、導電性薄膜 3 3 の構成等に係る各種条件と、当該各種条件に対応するシミュレーション結果とについて、図 3 ~ 図 5 を用いて説明する。

10

【 0 0 3 2 】

本シミュレーションにおいて、容器 1 の外径は 2 1 6 . 3 mm、高さは 3 5 0 mm とした。また、容器 1 の壁 1 a の厚さは 4 mm とした。また、ドラフトチューブ 2 の厚さは 3 mm とした。また、開放型コイル 3 の断面形状は円形であり、開放型コイル 3 の直径は 2 0 mm、導電線 3 1 の直径は 1 6 mm とした。また、密閉型コイル 4 の断面形状は円形であり、密閉型コイル 4 の直径は 2 0 mm、導電線 4 1 の直径は 1 4 mm、絶縁層 4 2 の厚さは 1 . 5 mm、導体層 4 3 の厚さは 1 . 5 mm とした。容器 1 の壁 1 a と開放型コイル 3 との間の距離は 6 . 1 5 mm、開放型コイル 3 とドラフトチューブ 2 との間の距離は 3 mm、ドラフトチューブ 2 と密閉型コイル 4 との間の距離は 3 mm とした。開放型コイル 3 の薄膜厚さ、材料、および開口率については、本シミュレーションの条件として適宜変更した。

20

【 0 0 3 3 】

本シミュレーションにおいて、開放型コイル 3 および密閉型コイル 4 に供給する高周波電流の大きさは 1 0 0 A とした。開放型コイル 3 に供給する高周波電流の周波数は、本シミュレーションの条件として 1 0 0 H z ~ 4 0 k H z の範囲で適宜変更した。密閉型コイル 4 に供給する高周波電流の周波数は、4 0 k H z とした。

【 0 0 3 4 】

図 3 は、高周波電流の供給時における、容器 1 内の磁界の分布を示す図である。図 3 の符号 3 0 0 1 , 符号 3 0 0 2 , 符号 3 0 0 3 は、導電性薄膜 3 3 がそれぞれ銅、アルミニウム、S U S 3 0 4 を含み、導電性薄膜 3 3 が貫通孔を有している場合の、容器 1 内の磁界の分布を示す。図 3 の符号 3 0 0 4 , 符号 3 0 0 5 , 符号 3 0 0 6 はそれぞれ、導電性薄膜 3 3 が銅、アルミニウム、S U S 3 0 4 を含み、導電性薄膜 3 3 が貫通孔を有していない場合の磁束の漏れを示す。いずれの場合も、薄膜厚さは 0 . 0 1 mm とし、高周波電流の周波数は 4 0 k H z とした。

30

【 0 0 3 5 】

図 3 に示すように、高周波電流の供給時に導電線 3 1 が生成する磁束は、開放型コイル 3 から漏れ出している。そして、このような磁束は、導電性を有する容器 1 の壁 1 a およびドラフトチューブ 2 に鎖交している。これにより、容器 1 の壁 1 a およびドラフトチューブ 2 に誘導電流（渦電流）が誘起され、損失電力が発生する。

【 0 0 3 6 】

また、開放型コイル 3 から漏れ出す磁界の大きさは、S U S 3 0 4 、アルミニウム、銅の順に大きい。これは、S U S 3 0 4 、アルミニウム、銅の抵抗率（それぞれ 7 0 , 2 . 6 5 , 1 . 7 [$\mu \cdot \text{cm}$] ）の大きさに対応している。

40

【 0 0 3 7 】

また、導電性薄膜 3 3 に貫通孔を設けた場合、貫通孔を設けていない場合と比較し、開放型コイル 3 から漏れ出す磁界の大きさは大きい。すなわち、開放型コイル 3 に貫通孔を設けることにより、開放型コイル 3 からの磁束の漏れを促進できることが分かる。

【 0 0 3 8 】

図 4 は、薄膜厚さ と、各加熱部における損失電力との関係を示すグラフである。図 4 の符号 4 0 0 1 、符号 4 0 0 2 、符号 4 0 0 3 はそれぞれ、ドラフトチューブ 2 、開放型

50

コイル 3、容器 1 の壁 1 a における損失電力を示す。ここで、図 4 におけるグラフ 4 A、4 C、4 E は、導電性薄膜 3 3 に貫通孔を設けた場合の上記グラフであり、図 4 におけるグラフ 4 B、4 D、4 F は、導電性薄膜 3 3 に貫通孔を設けなかった場合の上記グラフである。いずれの場合も、導電性薄膜 3 3 の材料は S U S 3 0 4 とし、高周波電流の周波数は 4 0 k H z とした。

【 0 0 3 9 】

図 4 の符号 4 0 0 1、符号 4 0 0 3 に示すように、薄膜厚さ が小さいほど、外部部品における損失電力は大きくなる。これは、薄膜厚さ が小さいほど、開放型コイル 3 から漏れ出す磁界が大きくなることを示す。一方、図 4 の符号 4 0 0 2 に示すように、開放型コイル 3 における損失電力は、特定の薄膜厚さ においてピークを有する。

10

【 0 0 4 0 】

図 4 の符号 4 0 0 1、符号 4 0 0 3 に示すように、いずれの薄膜厚さにおいても、導電性薄膜 3 3 に貫通孔を設けることにより、外部部品における損失電力は大きくなる。これは、導電性薄膜 3 3 に貫通孔を設けることにより、開放型コイル 3 からの磁界の漏れを促進できることを示す。一方、図 4 の符号 4 0 0 2 に示すように、特定の薄膜厚さの範囲において、導電性薄膜 3 3 に貫通孔を設けることにより、開放型コイル 3 における損失電力は小さくなる。

【 0 0 4 1 】

なお、図 4 には示していないが、導電性薄膜 3 3 の材料が銅およびアルミニウムであった場合も、薄膜厚さ と、各加熱部における損失電力との関係について同様の傾向を示した。

20

【 0 0 4 2 】

図 5 は、高周波電流の周波数と、各加熱部における損失電力との関係を示すグラフである。図 5 の符号 5 0 0 1 ~ 符号 5 0 0 6 は、導電性薄膜 3 3 の材料および厚さを図 5 に示すように設定したときの、各加熱部における損失電力を示す。

【 0 0 4 3 】

図 5 に示すように、高周波電流の周波数が大きいほど開放型コイル 3 における損失電力は大きくなる。一方、高周波電流の周波数が 5 k H z より大きい範囲において、外部部品における損失電力はほとんど変化しない。これは、高周波電流の周波数を調整することにより、容器 1 の壁 1 a、ドラフトチューブ 2、開放型コイル 3 における損失電力の合計（開放型コイル 3 による全損失電力）に対する開放型コイル 3 における損失電力の割合（開放型コイル 3 への電力分配率）を調整できることを示す。

30

【 0 0 4 4 】

また、高周波電流の周波数と、導電性薄膜 3 3 の材料が S U S 3 0 4、アルミニウム、銅のときの各加熱部における損失電力との関係はそれぞれ、薄膜厚さ が導電性薄膜 3 3 の材料の抵抗率の比となるとき（例えば、薄膜厚さ が 0 . 2 m m、0 . 0 1 m m、0 . 0 0 6 m m のとき）、同様の傾向を示す。

【 0 0 4 5 】

（実施例 2）

次に、容器 1、ドラフトチューブ 2、開放型コイル 3、および密閉型コイル 4 の寸法を上述の実施例 1 から 3 倍にスケールアップしたモデルにて、損失電力の薄膜厚さ依存性をシミュレーションした。以下、損失電力の薄膜厚さ依存性について、図 6、図 7 を用いて説明する。

40

【 0 0 4 6 】

図 6 は、薄膜厚さ と、開放型コイル 3 による全損失電力との関係を示すグラフである。図 6 に示すように、導電性薄膜 3 3 の材料が S U S 3 0 4 の場合、全損失電力は 0 . 1 m m 前後にピークを有する。なお、図 6 には示していないが、導電性薄膜 3 3 の材料が銅およびアルミニウムであった場合、全損失電力は 0 . 0 1 m m 前後にピークを有する。

【 0 0 4 7 】

50

図 7 は、薄膜厚さ と、開放型コイル 3 への電力分配率との関係を示すグラフである。図 7 に示すように、高周波電流の周波数を高くするほど開放型コイル 3 への電力分配率は増加する。また、導電性薄膜 33 の材料が SUS304 の場合、開放型コイル 3 への電力分配率は、 $t = 2\text{ mm}$ 前後にピークを有する。薄膜厚さ が 2 mm から減少または増加するにつれて、開放型コイル 3 への電力分配率は低下する（すなわち、外部部品への電力分配率は増加する）。

【0048】

図 7 に示すように、薄膜厚さ が 2 mm 未満の範囲において、薄膜厚さ および高周波電流の周波数を制御することにより開放型コイル 3 への電力分配率を可変制御可能である。開放型コイル 3 への電力分配率を調整することにより、外部部品への電力分配率を制御

10

【0049】

〔実施形態 2〕

本発明の他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。

【0050】

図 8 は、一実施形態に係る加熱装置 100A の構成を概略的に示す上面図（符号 8001）および断面図（符号 8002）である。符号 8001 中の矢印は、部材の回転方向を示す。加熱装置 100A は、容器 1 の内部に收容された被処理物を加熱するための装置である。加熱装置 100A は、密閉型コイル 4 の代わりに通電されない攪拌翼 5 を有する点で加熱装置 100 と相違する。攪拌翼 5 は、例えばダブルヘリカルコイルである。

20

【0051】

加熱装置 100A では、開放型コイル 3 を容器 1 の壁 1a とドラフトチューブ 2 との間に配置している。したがって、開放型コイル 3 に高周波電流を供給することにより、開放型コイル 3 への自己誘導加熱に加えて、容器 1 の壁 1a およびドラフトチューブ 2 への誘導加熱が可能である。

【0052】

ドラフトチューブ 2、開放型コイル 3、および攪拌翼 5 は、容器 1 の軸を中心に回転する。開放型コイル 3 および攪拌翼 5 は同じ向き（図 8 に示す一例では反時計回り）に回転し、ドラフトチューブ 2 は開放型コイル 3 および攪拌翼 5 とは逆向き（図 8 に示す一例では時計回り）に回転する。これにより、ドラフトチューブ 2 の表面付近における、被処理物の温度が変化する境界層をより薄くすることができる。なお、ドラフトチューブ 2 は、開放型コイル 3 および攪拌翼 5 と同じ向きに回転してもよい。

30

【0053】

〔実施形態 3〕

本発明の他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。

40

【0054】

図 9 は、一実施形態に係る加熱装置 100B の構成を概略的に示す上面図（符号 9001）および断面図（符号 9002）である。符号 9001 中の矢印は、部材の回転方向を示す。加熱装置 100B は、容器 1 の内部に收容された被処理物を加熱するための装置である。加熱装置 100B は、加熱装置 100A に対して、開放型コイル 3 と攪拌翼 5 との位置を入れ替えたものである。

【0055】

加熱装置 100B では、開放型コイル 3 をドラフトチューブ 2 より内側に配置している。したがって、開放型コイル 3 に高周波電流を供給することにより、開放型コイル 3 への

50

自己誘導加熱に加えて、ドラフトチューブ 2 への誘導加熱が可能である。

【 0 0 5 6 】

〔実施形態 4〕

本発明の他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。

【 0 0 5 7 】

図 10 は、一実施形態に係る加熱装置 100C の構成を概略的に示す上面図（符号 10001）および断面図（符号 10002）である。符号 10001 中の矢印は、部材の回転方向を示す。加熱装置 100C は、容器 1 の内部に収容された被処理物を加熱するための装置である。加熱装置 100C は、開放型コイル 3 および密閉型コイル 4 の代わりに攪拌翼 5 を有し、ドラフトチューブ 2 の代わりにコイル内蔵ドラフトチューブ 2C を有する点で加熱装置 100 と相違する。

10

【 0 0 5 8 】

コイル内蔵ドラフトチューブ 2C は、ドラフトチューブ 2 と同様に、容器 1 の内部を外筒部と内筒部とに仕切る、容器 1 と同軸の円筒部材である。コイル内蔵ドラフトチューブ 2C は、交流電流が流れる導電線 31C と、導電線 31C が巻回した巻回体を内蔵する絶縁体 32C と、導電線 31C を囲うように形成された導電性薄膜 33C とを備える。

【 0 0 5 9 】

導電線 31C は、銅リッツ線またはホローコンダクタ等である。絶縁体 32C は、例えばセラミック系の耐熱絶縁材料である。導電性薄膜 33C は、銅、アルミニウム、ステンレス鋼（SUS304）などの導電性材料を含む。

20

【 0 0 6 0 】

導電線 31C に高周波電流を流すと、導電性薄膜 33C は誘導加熱される。コイル内蔵ドラフトチューブ 2C は、このような自己誘導加熱による発熱にて被処理物を加熱する。また、導電線 31C に高周波電流を流したとき、導電線 31C にて発生する磁束は、導電性薄膜 33C を透過し、外部部品（攪拌翼 5）を誘導加熱する。すなわち、コイル内蔵ドラフトチューブ 2C に導電線 31C および導電性薄膜 33C を含ませることにより、コイル内蔵ドラフトチューブ 2C への自己誘導加熱に加えて、ドラフトチューブ 2 の周りの攪拌翼 5 への誘導加熱が可能である。

30

【 0 0 6 1 】

図 10 に示すように、導電性薄膜 33C は、絶縁体 32C の表面を被覆するように形成されてもよい。また、導電性薄膜 33C は、絶縁体 32C の内部において、導電線 31C が巻回した巻回体を囲うように形成されてもよい。また、導電性薄膜 33C は、導電線 31C の周囲を被覆する絶縁層の周囲に形成されてもよい。すなわち、コイル内蔵ドラフトチューブ 2C は、絶縁体 32C に開放型コイル 3 を内蔵するものであってもよい。

【 0 0 6 2 】

なお、加熱装置 100C において、一方の攪拌翼 5 を導電体の筒に置き換えてもよい。この場合、コイル内蔵ドラフトチューブ 2C への自己誘導加熱に加えて、導電体の筒への誘導加熱が可能である。

40

【 0 0 6 3 】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【符号の説明】

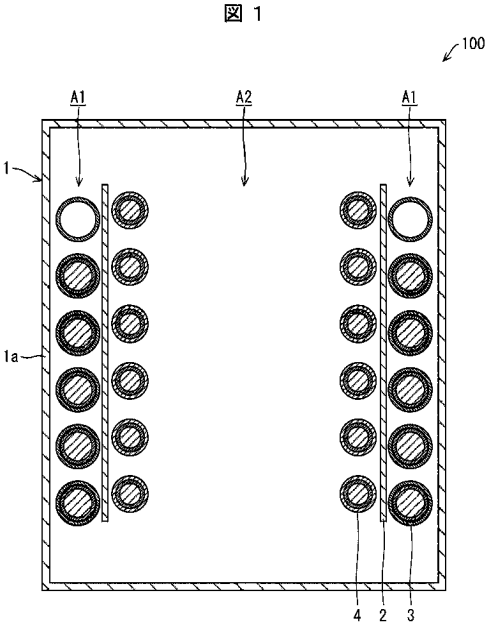
【 0 0 6 4 】

- 1 容器
- 1a 壁
- 2 ドラフトチューブ
- 2C コイル内蔵ドラフトチューブ（通電部）

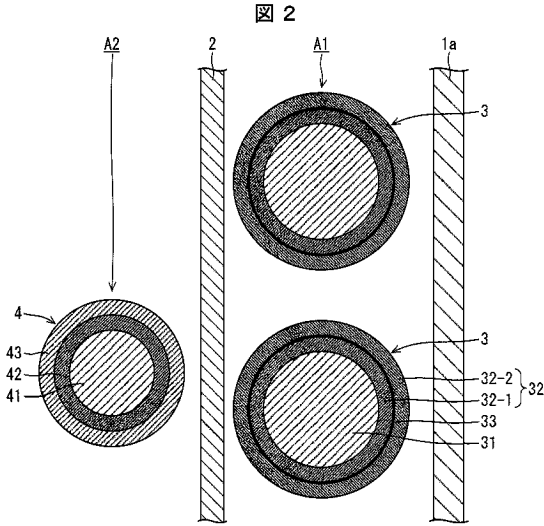
50

- 3 開放型コイル（通電部）
- 3 1、3 1 C 導電線
- 3 3、3 3 C 導電性薄膜
- 1 0 0、1 0 0 A、1 0 0 B、1 0 0 C 加熱装置

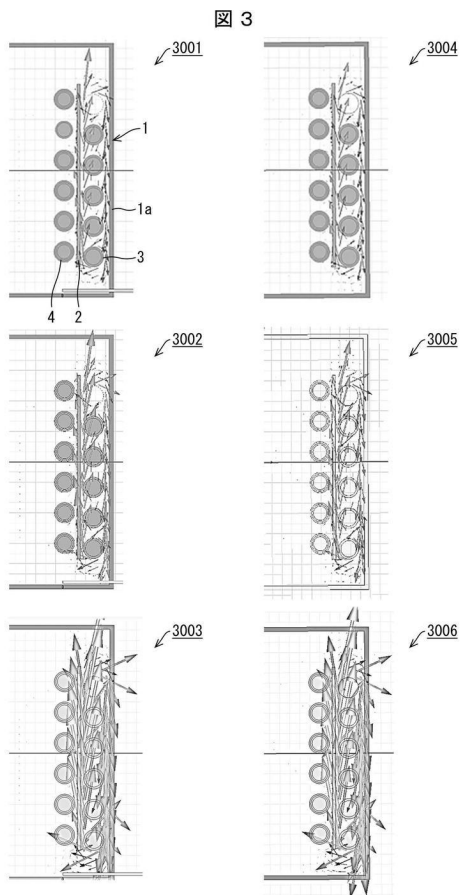
【 図 1 】



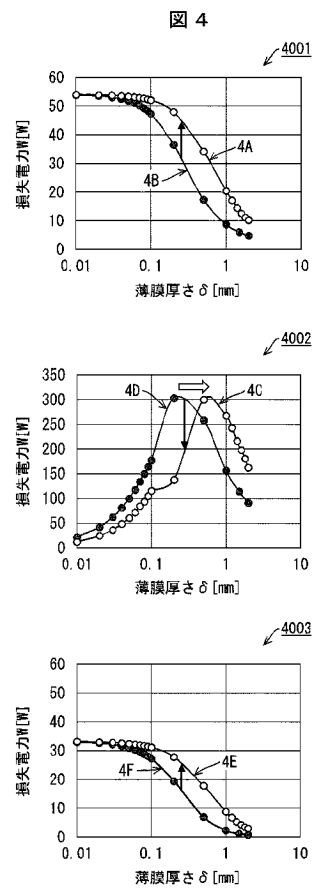
【 図 2 】



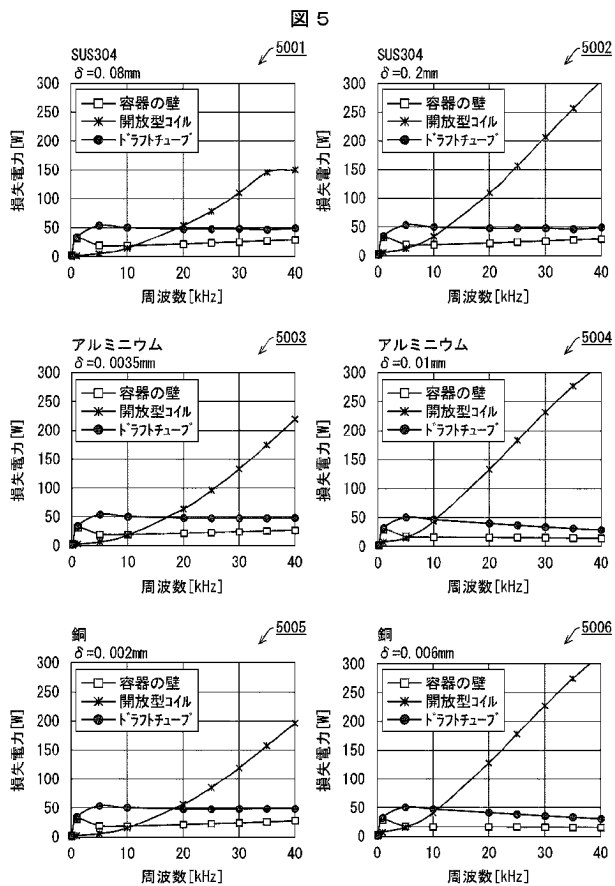
【図 3】



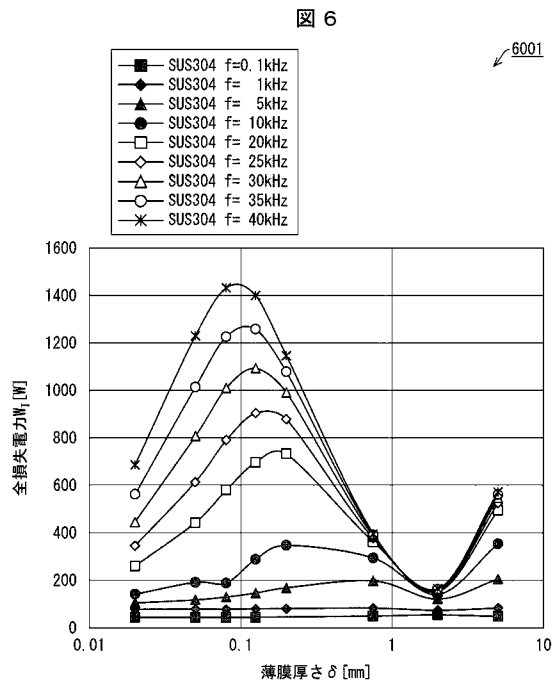
【図 4】



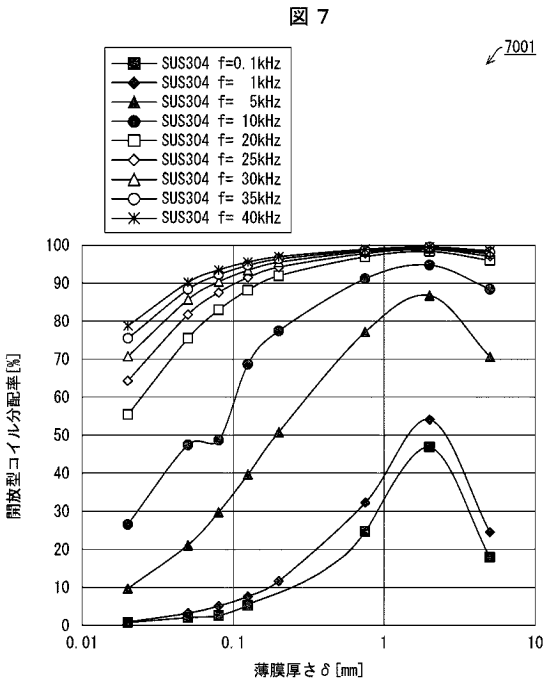
【図 5】



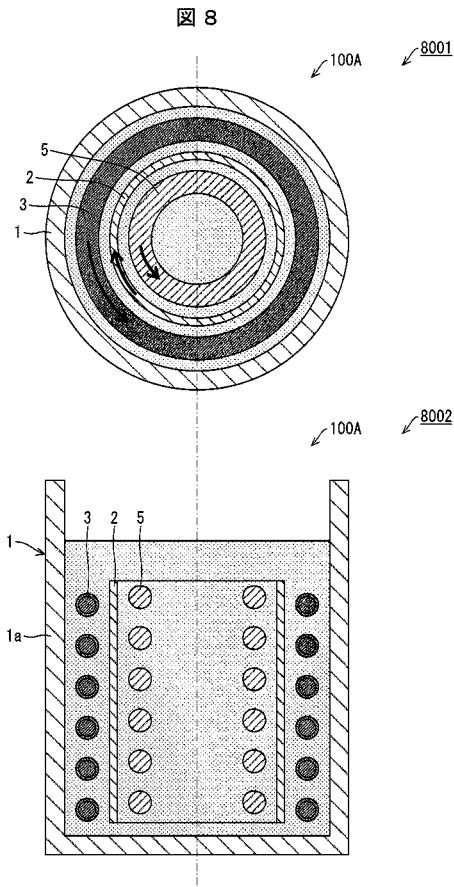
【図 6】



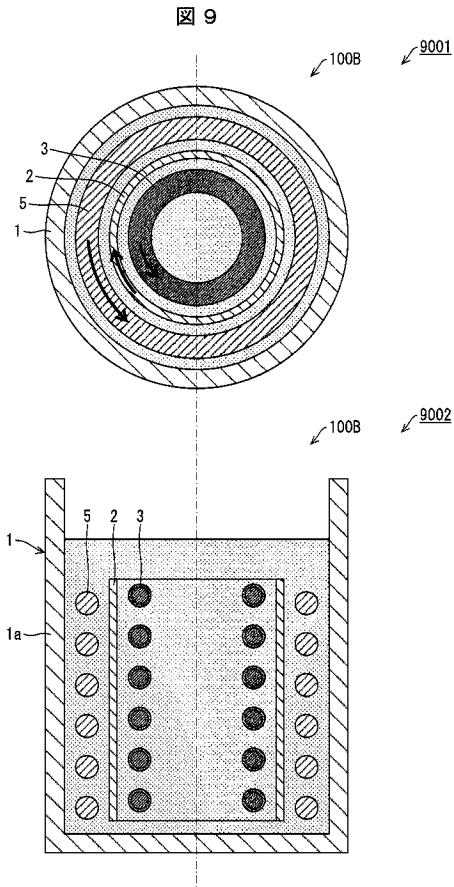
【図 7】



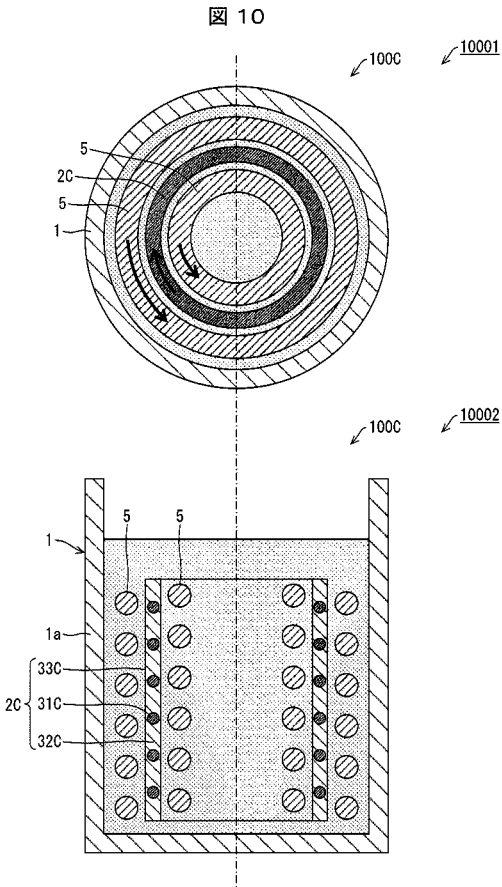
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 麻 寧緒

大阪府吹田市山田丘 1 番 1 号 国立大学法人大阪大学内

(72)発明者 中尾 一成

大阪府吹田市山田丘 1 番 1 号 国立大学法人大阪大学内

(72)発明者 中道 正紀

福井県福井市学園 3 丁目 6 番 1 号 学校法人金井学園 福井工業大学内

(72)発明者 門馬 修一

神奈川県秦野市戸川 3 4 5 番地 テクノ電気工業株式会社内

F ターム(参考) 3K059 AA08 AB28 AD03 CD52