

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-46920

(P2023-46920A)

(43)公開日 令和5年4月5日(2023.4.5)

(51)国際特許分類

H 0 5 B 6/10 (2006.01)

F I

H 0 5 B 6/10 3 3 1

テーマコード(参考)

3 K 0 5 9

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全22頁)

(21)出願番号 特願2021-155769(P2021-155769)

(22)出願日 令和3年9月24日(2021.9.24)

(71)出願人 000167200

株式会社ジェイテクトサーモシステム
奈良県天理市嘉幡町 2 2 9 番地

(74)代理人 110002044

弁理士法人プライタス

(72)発明者 中田 綾香

奈良県天理市嘉幡町 2 2 9 番地 光洋サ
ーモシステム株式会社内

(72)発明者 幸田 尚久

奈良県天理市嘉幡町 2 2 9 番地 光洋サ
ーモシステム株式会社内

(72)発明者 山本 亮介

奈良県天理市嘉幡町 2 2 9 番地 光洋サ
ーモシステム株式会社内

F ターム(参考) 3K059 AA08 AB28 AD05 CD55

最終頁に続く

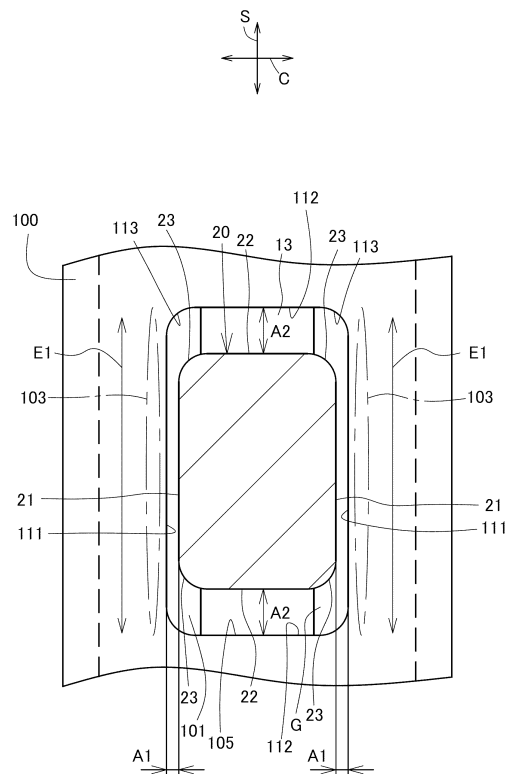
(54)【発明の名称】 熱処理装置、および、熱処理方法

(57)【要約】

【課題】開口が形成された被処理物を誘導加熱する際に、開口の縁部の過熱を抑制でき、且つ、被処理物の大きさが変わる度に治具と被処理物との相対位置を調整する手間を省略できる、熱処理装置、および、熱処理方法を提供する。

【解決手段】熱処理装置 1 は、磁性体である被処理物 100 と、被処理物 100 を誘導加熱するコイル 2 と、過熱抑制治具 20 と、を有する。被処理物 100 には開口 101, 102 が設けられる。開口の縁部 105, 106 において、誘導加熱により開口 101, 102 の周辺に流れる電流が集中する箇所へ対向するように過熱抑制治具 20 が配置される。

【選択図】 図 5



10

20

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁性体である被処理物と、
前記被処理物を誘導加熱するコイルと、
を備える熱処理装置において、
前記被処理物には開口が設けられ、
前記開口の縁部において、前記誘導加熱により前記開口の周辺に流れる電流が集中する箇所へ対向するように配置される治具を備えている、熱処理装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の熱処理装置であって、
前記治具が前記開口から前記被処理物の外方へ突出される、熱処理装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の熱処理装置であって、
前記誘導加熱時の前記治具と前記開口の縁部との間には隙間が設けられている、熱処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 請求項 3 の何れか 1 項に記載の熱処理装置であって、
前記治具は、少なくとも前記開口の縁部と対向する箇所が、絶縁体で形成されている、熱処理装置。

【請求項 5】

磁性体である被処理物をコイルで誘導加熱する熱処理方法において、
前記被処理物の開口の縁部において誘導加熱により前記開口の周辺に流れる電流が集中する箇所へ対向するように治具を配置して、誘導加熱を行う熱処理方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱処理装置、および、熱処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に記載の構成では、歯車のエッジの周辺に電磁波吸収部材を配置して高周波加熱を行なう。電磁波吸収部材は、例えば純鉄のような透磁率の比較的低い材料で作成される。そして、歯車の誘導加熱の際には、歯車のエッジ付近の磁束を歯車のエッジに近づかないようにして磁束密度が低減されることで、エッジの過度な温度上昇を阻止している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 8 - 295925 号公報（[要約]、[0021]）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

特許文献 1 に記載の構成では、電磁波吸収部材は、歯車のエッジを挟むように歯車の軸方向両側に配置されている。このため、歯車の大きさが変わる度に、歯車と電磁波吸収部材との相対位置を調整するという手間のかかる作業が必要である。また、歯車と電磁波吸収部材を支持する装置側との相対位置を調整することは、装置側を動かすことになる為、歯車を交換するような作業に比べ手間となり、作業性に改善の余地がある。

【0005】

上記の課題に鑑み、本発明の目的の一つは、開口が形成された被処理物を誘導加熱する際に、開口の縁部の過熱を抑制でき、且つ、被処理物の大きさが変わる度に治具と被処理物との相対位置を調整する手間を省略できる、熱処理装置、および、熱処理方法を提供す

50

ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

(1) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係わる熱処理装置は、磁性体である被処理物と、前記被処理物を誘導加熱するコイルと、を備える熱処理装置において、前記被処理物には開口が設けられ、前記開口の縁部において、前記誘導加熱により前記開口の周辺に流れる電流が集中する箇所へ対向するように配置される治具を備えている。

【0007】

(2) 前記治具が前記開口から前記被処理物の外方へ突出される場合がある。

【0008】

(3) 前記誘導加熱時の前記治具と前記開口の縁部との間には隙間が設けられている場合がある。

【0009】

(4) 前記治具は、少なくとも前記開口の縁部と対向する箇所が、絶縁体で形成されている場合がある。

【0010】

(5) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係わる熱処理方法は、磁性体である被処理物をコイルで誘導加熱する熱処理方法において、前記被処理物の開口の縁部において誘導加熱により前記開口の周辺に流れる電流が集中する箇所へ対向するように治具を配置して、誘導加熱を行う。

【発明の効果】

【0011】

本発明によると、開口が形成された被処理物を誘導加熱する際に、開口の縁部の過熱を抑制でき、且つ、被処理物の大きさが変わる度に治具と被処理物との相対位置を調整する手間を省略できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本発明の熱処理装置の模式的な平面図である。

【図2】図2は、誘導加熱コイル、および、被処理物等を示す斜視図である。

【図3】図3は、図2の一部を拡大した図である。

【図4】図4は、被処理物の開口に過熱抑制治具が挿入された状態を示す断面図であり、2つの開口が紙面の左右に並んだ状態を見ている。

【図5】図5は、被処理物の開口に過熱抑制治具が挿入された状態を示す断面図であり、2つの開口が紙面の前後に並んだ状態を見ている。

【図6】図6(A)は、第1実施形態の第1変形例を示す図である。図6(B)は、第1実施形態の第2変形例を示す図である。

【図7】図7(A)は、第1実施形態の第3変形例を示す図である。図7(B)は、第1実施形態の第4変形例を示す図である。

【図8】図8は、第1実施形態の第5変形例を示す図である。

【図9】図9は、第2実施形態に係る熱処理装置および被処理物を示す模式的な断面図である。

【図10】図10は、第2実施形態において被処理物の開口に過熱抑制治具が挿入された状態を示す一部断面図であり、2つの開口が紙面の前後に並んだ状態を見ている。

【図11】図11(A)は、第2実施形態の第1変形例を示す図である。図11(B)は、第2実施形態の第2変形例を示す図である。

【図12】図12(A)は、第2実施形態の第3変形例を示す図である。図12(B)は、第2実施形態の第4変形例を示す図である。

【図13】図13は、第2実施形態の第5変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

10

20

30

40

50

以下、本発明を実施するための形態について図面を参照しつつ説明する。

【0014】

< 第1実施形態 >

図1は、本発明の熱処理装置1の模式的な平面図である。図2は、誘導加熱コイル2、および、被処理物100等を示す斜視図である。図3は、図2の一部を拡大した図である。図4は、被処理物100の開口101、102に過熱抑制治具20が挿入された状態を示す断面図であり、2つの開口101、102が紙面の左右に並んだ状態を見ている。図5は、被処理物100の開口101、102に過熱抑制治具20が挿入された状態を示す断面図であり、2つの開口101、102が紙面の前後に並んだ状態を見ている。

【0015】

なお、以下では、特に説明なき場合、被処理物100が縦向きに配置されている状態を基準として説明を行う。本実施形態では、被処理物100の軸方向Sは、上下方向（鉛直方向）と平行である。

【0016】

図1～図4を参照して、熱処理装置1は、誘導加熱によって被処理物100に熱処理を施すように構成されている。この熱処理は、加熱処理である。加熱処理として、焼入のための加熱処理、浸炭加熱処理、均熱処理などを例示することができる。例えば浸炭加熱処理では、被処理物100の表面温度を精度よく均等にする必要がある。熱処理装置1は、バッチ処理装置であり、被処理物100を1つ毎に誘導加熱する。熱処理装置1は、大気雰囲気下で被処理物100を誘導加熱してもよいし、窒素ガス等の不活性ガス雰囲気下で被処理物100を誘導加熱してもよい。本実施形態では、浸炭ガス雰囲気下で被処理物100に浸炭処理を行う。

【0017】

本実施形態では、被処理物100は、金属部品であり、たとえば、トルク伝達シャフトの素材としての中空の金属軸である。なお、被処理物100は、一般的な長尺な金属軸に限らず、軸方向が短い形態であっても含まれる。被処理物100は、開口が形成され且つ誘導加熱可能な磁性体であればよい。被処理物100の材質として、SCM材、SCR材等の合金鋼を例示できる。なお、本実施形態では、被処理物100が中空軸である形態を例に説明するけれども、被処理物100は、当該被処理物100の径方向に貫通する開口が形成された中実シャフトであってもよい。

【0018】

被処理物100には、開口101、102が設けられている。本実施形態の開口101、102は、被処理物100を当該被処理物100の径方向に貫通する貫通孔であり、被処理物100の径方向に並んでいる。なお、開口101、102の何れかが省略されてもよいし、開口101、102の少なくとも一方が被処理物100の軸方向Sに沿って複数形成されていてもよい。

【0019】

本実施形態の各開口101、102は、軸方向Sに細長い矩形状に形成されているとともに四隅が滑らかな湾曲形状に形成されている。なお、各開口101、102は、縦長形状に限らず、軸方向Sに短く被処理物100の周方向Cに長い横長形状であってもよい。

【0020】

開口101は、開口の縁部105によって区画されており、開口102は開口の縁部106によって区画されている。開口の縁部105、106は、何れも、軸方向Sに沿って延びる一对の第1縁部111、111と、周方向Cに沿って延びる一对の第2縁部112、112と、複数（本実施形態では、4つ）のコーナー部113と、を有している。

【0021】

第1縁部111、111は、軸方向Sに沿って延びる縁部であり、周方向Cに向かい合っている。第2縁部112、112は、周方向Cに沿って延びる縁部であり、軸方向Sに向かい合っている。各コーナー部113は、円弧形状をしており、対応する2つの縁部111、112に連続している。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

熱処理装置 1 は、被処理物 1 0 0 と、誘導加熱コイル 2 と、電源 3 と、被処理物 1 0 0 を支持する支持機構 4 と、を有している。

【 0 0 2 3 】

電源 3 は、商用電源に接続される交流電源回路であり、商用電源を所定の電圧、電流、および、周波数の電力に変換して誘導加熱コイル 2 へ出力する。なお、誘導加熱コイル 2 が被処理物 1 0 0 へ磁束を作用させて被処理物 1 0 0 を誘導加熱できればよく、電源 3 は、交流電源に限定されない。

【 0 0 2 4 】

誘導加熱コイル 2 は、銅等、高周波電流を流されることで交番磁束を発生する材料で形成されている。誘導加熱コイル 2 は、電源 3 から上述した交流電力を与えられることで、被処理物 1 0 0 を誘導加熱する。誘導加熱コイル 2 は、被処理物 1 0 0 の軸方向 S に沿って細長い形状に形成されている。実施形態では、誘導加熱コイル 2 は、軸方向 S における被処理物 1 0 0 の全域に亘って被処理物 1 0 0 を加熱する。

10

【 0 0 2 5 】

誘導加熱コイル 2 は、誘導加熱時の被処理物 1 0 0 の軸方向 S に沿って延び互いに向かい合って配置される第 1 加熱導体 5 および第 2 加熱導体 6 と、これらの加熱導体 5 , 6 同士を接続する第 1 接続導体 7 および第 2 接続導体 8 と、電源 3 に接続される第 1 端子 9 および第 2 端子 1 0 と、を有している。

【 0 0 2 6 】

第 1 加熱導体 5 および第 2 加熱導体 6 は、被処理物 1 0 0 に交番磁束を与えて被処理物 1 0 0 に渦電流を発生させるために設けられている。第 1 加熱導体 5 および第 2 加熱導体 6 は、本実施形態では、軸方向 S に細長い形状に形成されている。

20

【 0 0 2 7 】

軸方向 S における加熱導体 5 , 6 の長さは、被処理物 1 0 0 の全長よりも長い。加熱導体 5 , 6 の上端部と下端部との間に被処理物 1 0 0 の開口 1 0 1 , 1 0 2 が配置されており、加熱導体 5 , 6 への通電によって発生する磁束が、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 を含む被処理物 1 0 0 の全体を通過する。

【 0 0 2 8 】

本実施形態では、第 1 加熱導体 5 と第 2 加熱導体 6 とは直列に接続されて互いに平行である。誘導加熱コイル 2 に交流電流が流れているときにおいて、第 1 加熱導体 5 および第 2 加熱導体 6 には、軸方向 S を向く電流が流れる。この構成により、被処理物 1 0 0 には、加熱導体 5 , 6 の周囲に軸方向 S と直交する磁束（水平方向の磁束）が作用する。そして、被処理物 1 0 0 には、この磁束による渦電流が生じる。被処理物 1 0 0 の開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 において、渦電流の流れ方向の主成分は、矢印 E 1 に示すように、軸方向 S である。すなわち、本実施形態では、開口 1 0 1 , 1 0 2 の周囲において、矢印 E 1 に流れる電流によって開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 が加熱されることが考えられる。

30

【 0 0 2 9 】

加熱導体 5 , 6 の上端部同士が、第 1 接続導体 7 によって互いに接続されている。同様に、加熱導体 5 , 6 の下端部同士が、第 2 接続導体 8 によって互いに接続されている。

40

【 0 0 3 0 】

第 1 端子 9 および第 2 端子 1 0 は、電源 3 から高周波電力を加熱導体 5 , 6 へ供給するために設けられている。本実施形態では、端子 9 , 1 0 は、第 2 加熱導体 6 に接続されている。具体的には、軸方向 S における第 2 加熱導体 6 の中間部に端子 9 , 1 0 の一端が繋がっている。端子 9 , 1 0 の他端は、直接、または、コネクタ等の他の導電部材（図示せず）を介して電源 3 の電極に接続されている。

【 0 0 3 1 】

次に、被処理物 1 0 0 を支持する支持機構 4 について説明する。

【 0 0 3 2 】

支持機構 4 は、回転モータ 1 1 と、回転モータ 1 1 によって回転されるホルダ 1 2 と、

50

過熱抑制治具 20 と、を有している。

【0033】

回転モータ 11 は、誘導加熱時に被処理物 100 をホルダ 12 とともに被処理物 100 の中心軸線回りに回転させる。回転モータ 11 は、本実施形態では、被処理物 100 の下方に配置されているけれども、被処理物 100 の上方に配置されていてもよい。回転モータ 11 の出力軸にホルダ 12 が取り付けられている。

【0034】

ホルダ 12 は、シャフト 13 と、シャフト 13 の下部に取り付けられる載置部 14 と、シャフト 13 の上部に取り付けられるキャップ 15 と、を有している。

【0035】

シャフト 13 は、回転モータ 11 の出力軸によって回転される。シャフト 13 は、本実施形態では、軸方向 S に延びている。

【0036】

載置部 14 は、例えば環状板で形成されており、シャフト 13 に保持されている。載置部 14 に被処理物 100 が載せられている。載置部 14 に被処理物 100 が載せられている状態では、シャフト 13 は、被処理物 100 を軸方向 S に貫通している。

【0037】

キャップ 15 は、例えば環状板で形成されており、シャフト 13 に貫通されている。キャップ 15 は、被処理物 100 の上端を載置部 14 側に押さえている。

【0038】

過熱抑制治具 20 は、開口の縁部 105 , 106 において、誘導加熱により開口 101 , 102 の周辺に流れる電流が集中する箇所へ対向するように配置される治具である。過熱抑制治具 20 は、被処理物 100 の開口 101 , 102 に挿入されている。過熱抑制治具 20 は、誘導加熱により開口の縁部 105 , 106 に流れる渦電流の流れ方向の主成分 E1 と直交する方向（本実施形態では、周方向 C）において開口の縁部 105 , 106 に隣接配置された治具であるともいえる。過熱抑制治具 20 は、例えば、開口 101 , 102 に挿入された状態でシャフト 13 に通されることでシャフト 13 に保持される。また、過熱抑制治具 20 は、シャフト 13 から抜き取られることで、開口 101 , 102 を通して被処理物 100 から取り出すことができる。本実施形態では、過熱抑制治具 20 は、開口 101 , 102 が並んでいる方向に細長い四角柱状に形成されている。

【0039】

過熱抑制治具 20 は、磁性体からなる治具本体 20a と、治具本体 20a の外表面に形成され過熱抑制治具 20 の外表面を構成する絶縁体（絶縁層）20b と、を有している。

【0040】

治具本体 20a は、高周波電流が流れている加熱導体 5 , 6 によって生じる磁束を吸収する材料としての磁性体で構成されている。治具本体 20a を構成する磁性体は、高周波電流が流れている加熱導体 5 , 6 によって生じ且つ開口の縁部 105 , 106 を通る磁束を吸収する性質を有していればよい。このような磁性体として、銅、アルミニウム等の非鉄金属、非鉄金属の合金、炭素鋼、ステンレス鋼を例示できる。銅、アルミニウム等は、非磁性体として扱われる場合もあるが、本実施形態では、磁性体として扱う。

【0041】

炭素鋼として、S10C , S20C 等の低炭素鋼（機械構造用炭素鋼、JIS（日本産業規格））を例示できる。

【0042】

ステンレス鋼として、SUS304 等のオーステナイト系ステンレス、SUS430 等のフェライト系ステンレス、および、SUS410 等のマルテンサイト系ステンレスを例示できる。

【0043】

治具本体 20a は、導電性を有している。治具本体 20a は、導電性を有していることで、高周波電流が流れている加熱導体 5 , 6 からの磁束によって被処理物 100 とともに

10

20

30

40

50

誘導加熱される。

【 0 0 4 4 】

本実施形態では、治具本体 2 0 a は、S U S 3 0 4 で構成されている。すなわち、治具本体 2 0 a を難浸炭で且つ融点の高いステンレス鋼で形成している。これにより、複数の被処理物 1 0 0 を繰り返し浸炭加熱したときにおける、治具本体 2 0 a の炭素濃度上昇を少なくできる。その結果、治具本体 2 0 a の炭素濃度上昇に起因する耐溶融性能の低下を通じて、過熱抑制治具 2 0 の耐久性を高めることができる。よって、過熱抑制治具 2 0 を繰り返し利用できる回数をより多くできる。

【 0 0 4 5 】

なお、本実施形態では、前述したように、被処理物 1 0 0 の材質は、S C M 材等の合金鋼であり、常温では磁性体である。一方、本実施形態の被処理物 1 0 0 は、誘導加熱時の温度域であるオーステナイト温度域では、磁性が弱まる。また、治具本体 2 0 a は、誘導加熱時にオーステナイト域まで加熱される。このとき、過熱抑制治具 2 0 の透磁率と被処理物 1 0 0 の透磁率とは、概ね等価となる。

【 0 0 4 6 】

絶縁体 2 0 b は、治具本体 2 0 a と、被処理物 1 0 0 の開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 と、の間で導通による溶着（接合）を抑制するために設けられている。絶縁体 2 0 b は、治具本体 2 0 a の外表面に例えばセラミック等の絶縁体で形成されている。絶縁体 2 0 b は、誘導加熱コイル 2 の誘導加熱時において被処理物 1 0 0 と過熱抑制治具 2 0 との間で導通しなければよく、具体的な材質および厚みは限定されない。より具体的には、絶縁体 2 0 b は、過熱抑制治具 2 0 のうち、少なくとも開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 と向かい合って配置される箇所の外表面を構成していることが好ましい。絶縁体 2 0 b は、僅かな厚みの層であり、過熱抑制治具 2 0 の外表面形状は、治具本体 2 0 a の外表面形状と同じであるといえる。なお、過熱抑制治具 2 0 と開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 との距離が、過熱抑制治具 2 0 と開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 とで導通を生じない程度に大きい場合には、絶縁体 2 0 b が省略されてもよい。

【 0 0 4 7 】

過熱抑制治具 2 0 には、貫通孔 2 0 c が形成されており、この貫通孔 2 0 c にホルダ 1 2 のシャフト 1 3 が通されている。過熱抑制治具 2 0 は、シャフト 1 3 に取り外し可能に保持されている。本実施形態では、特に言及なき場合、過熱抑制治具 2 0 がシャフト 1 3 に保持され且つ開口 1 0 1 , 1 0 2 に挿入されている状態を基準に説明する。

【 0 0 4 8 】

過熱抑制治具 2 0 は、本実施形態では、開口 1 0 1 , 1 0 2 を開口 1 0 1 , 1 0 2 が並ぶ方向から見たときに、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 と略相似な外形（本実施形態では、矩形形状）を有している。

【 0 0 4 9 】

過熱抑制治具 2 0 は、軸方向 S に沿って延びる一对の第 1 側面 2 1 , 2 1 と、軸方向 S と直交する方向に沿って延びる一对の第 2 側面 2 2 , 2 2 と、複数（本実施形態では、4 つ）のコーナー部 2 3 と、を有している。

【 0 0 5 0 】

一对の第 1 側面 2 1 , 2 1 は、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の対応する第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 と周方向 C に向かい合っている。一对の第 2 側面 2 2 , 2 2 は、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の対応する第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 と軸方向 S に向かい合っている。コーナー部 2 3 は、径方向から見て円弧形状をしており、対応する 2 つの側面 2 1 , 2 2 に連続している。

【 0 0 5 1 】

本実施形態では、誘導加熱時の過熱抑制治具 2 0 と開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 との間には隙間 G が設けられている。本実施形態では、過熱抑制治具 2 0 の全体が、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 から離隔している。これにより、浸炭ガスが開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 と過熱抑制治具 2 0 との間を通ることができ、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の浸炭をより均等に

10

20

30

40

50

行うことができる。誘導加熱時において、過熱抑制治具 20 と、開口の縁部 105, 106 の第 1 縁部 111 との間隙 G は、第 1 縁部 111, 111 の磁束が過熱抑制治具 20 に吸収されるように、且つ、過熱抑制治具 20 と開口の縁部 105, 106 との間での熱伝導をしないように設定されている。上記隙間 G を適度な大きさとするこゝで、開口の縁部 105, 106 の磁束を治具本体 20a が吸収する効果をより確実に発揮できる。また、上記隙間 G をゼロより大きくすることで、過熱抑制治具 20 を被処理物 100 に接触させずに済み、過熱抑制治具 20 から開口の縁部 105, 106 への熱伝導による開口の縁部 105, 106 の温度低下を抑制できる。

【0052】

前述したように、本実施形態では、誘導加熱により開口の縁部 105, 106 に流れる電流の流れ方向の主成分 E1 は、軸方向 S となる。このため、開口の縁部 105, 106 のうち、第 1 縁部 111, 111 に流れる電流量が特に大きくなって過熱される傾向にある。すなわち、第 1 縁部 111, 111 は、誘導加熱により開口 101, 102 の周辺に流れる電流が集中する箇所となる。このように、過熱される傾向にある第 1 縁部 111, 111 と対向するように、過熱抑制治具 20 の第 1 側面 21, 21 が沿わされている。本実施形態では、誘導加熱により開口の縁部 105, 106 に流れる電流の流れ方向の主成分 E1 と直交する方向（本実施形態では、周方向 C）における開口の縁部 105, 106 の最も幅広の幅広部 103（一对の第 1 縁部 111, 111）が存在している。そして、この幅広部 103（一对の第 1 縁部 111, 111）と前記直交する方向（周方向 C）に並ぶようにして、過熱抑制治具 20 が開口 101, 102 に挿入されている。

【0053】

上述した過熱抑制治具 20 の配置により、開口の縁部 105, 106 の磁束、特に、第 1 縁部 111, 111 の磁束を過熱抑制治具 20 で吸収している。これにより、第 1 縁部 111, 111 に流れる電流の値が被処理物 100 の他の部分の電流値よりも大きくなることを抑制されている。過熱抑制治具 20 と開口の縁部 105, 106 との間隙 G は、過熱抑制治具 20 と第 1 縁部 111, 111 との間において最も小さくされていることが好ましい。より具体的には、過熱抑制治具 20 の一方の第 1 側面 21 と開口の縁部 105, 106 の対応する第 1 縁部 111 との距離 A1 よりも、一方の第 2 側面 22 と対応する第 2 縁部 112 との距離 A2 のほうが小さいことが好ましい（ $A1 < A2$ ）。これにより、開口の縁部 105, 106 のなかで、誘導加熱によって特に過熱されやすい第 1 縁部 111, 111 の磁束を、より確実に過熱抑制治具 20 で吸収できる。なお、距離 $A1 = A2$ であってもよい。

【0054】

本実施形態では、過熱抑制治具 20 の一部が、開口 101, 102 から被処理物 100 の外方に突出している。本実施形態では、過熱抑制治具 20 は、シャフト 13 から開口の縁部 105, 106 に向けて延びて開口 101, 102 を貫通しており、さらに、被処理物 100 の径方向外方に突出している。本実施形態では、過熱抑制治具 20 の両端部 20d, 20d が、被処理物 100 から突出している。これにより、開口の縁部 105, 106 の磁束を過熱抑制治具 20 でより吸収しやすい。被処理物 100 の外周面からの過熱抑制治具 20 の突出量 B と、過熱抑制治具 20 による、開口の縁部 105, 106 の磁束を吸収する量とは、ある値までは相関がある。しかしながら、上記突出量 B が大きすぎても、開口の縁部 105, 106 の磁束を過熱抑制治具 20 が吸収できる量は飽和する。よって、上記突出量 B は、開口の縁部 105, 106 の磁束を吸収する効果に応じて適宜設定されることが好ましい。

【0055】

また、開口 101, 102 が並ぶ方向における過熱抑制治具 20 の両端部 20d, 20d のそれぞれにおいて、一对の第 1 側面 21, 21 が向かい合う方向のコーナー部 20e, 20e は、丸い形状よりは角張ってる形状のほうが、開口の縁部 105, 106 の磁束を吸収し易い。これにより、過熱抑制治具 20 の両端部 20d, 20d が、エッジ効果によって開口の縁部 105, 106 の磁束をより多く吸収できる。

【 0 0 5 6 】

上記の構成を有する熱処理装置 1 において、被処理物 1 0 0 の開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 において誘導加熱により開口 1 0 1 , 1 0 2 の周辺に流れる電流が集中する第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 へ対向するように過熱抑制治具 2 0 を配置して、誘導加熱を行う。

【 0 0 5 7 】

以上説明したように、本実施形態によると、被処理物 1 0 0 の誘導加熱時、被処理物 1 0 0 の開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 は、被処理物 1 0 0 の他の部分と比べてエッジ効果によって過熱されやすい傾向にある。しかしながら、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 が一律に過熱されるのではなく、誘導加熱により開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 に流れる電流が集中する第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 (幅広部 1 0 3) が最も高温となる。そして、被処理物 1 0 0 の誘導加熱時に電流が集中し高温となりやすい第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 からの磁束を吸収し易い位置に過熱抑制治具 2 0 を配置することで、第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 の周囲における磁束密度の偏りが低減されて開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の電流の分布をより均等にできる。その結果、第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 におけるジュール熱による過熱を抑制できる。すなわち、被処理物 1 0 0 における開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の過熱を抑制できる。しかも、過熱抑制治具 2 0 を開口 1 0 1 , 1 0 2 内に挿入する構成である。このため、被処理物 1 0 0 の大きさ (開口 1 0 1 , 1 0 2 の外側部分の大きさ) が変更されても、それに合った過熱抑制治具 2 0 を挿入するだけでよいので、従来のように装置の位置を変更するような大掛かりな作業をしなくてもよい。よって、被処理物 1 0 0 の大きさが変わる度に過熱抑制治具 2 0 と被処理物 1 0 0 との相対位置を調整するために装置側を動かす手間を省略でき、ユーティリティが向上する。このような作業性の向上を通じて、被処理物 1 0 0 の加工に必要な時間を短縮できる。よって、被処理物 1 0 0 の生産効率の向上を通じて被処理物 1 0 0 の製造コストを低減できる。

【 0 0 5 8 】

また、本実施形態によると、過熱抑制治具 2 0 (端部 2 0 d , 2 0 d) が開口 1 0 1 , 1 0 2 から被処理物 1 0 0 の外方へ突出している。この構成によると、過熱抑制治具 2 0 が開口 1 0 1 , 1 0 2 から突出することで、開口 1 0 1 , 1 0 2 周辺の磁束を過熱抑制治具 2 0 に吸収する量をより多くできる。これにより、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 における誘導加熱時のエッジ効果が低減され、電流が第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 に集中することを抑制できる。その結果、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の各部における加熱量の偏りを抑制できる。

【 0 0 5 9 】

また、本実施形態によると、誘導加熱時の過熱抑制治具 2 0 と開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 との間に隙間 G が設けられている。この隙間 G は、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の磁束が過熱抑制治具 2 0 に吸収されるように、且つ、過熱抑制治具 2 0 と開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 との間の熱伝導がされないように設定されている。過熱抑制治具 2 0 と開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 との隙間 G を適度な大きさとするすることで、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 周辺の磁束を過熱抑制治具 2 0 に吸収する効果を発揮でき、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の過熱を抑制できる。また、過熱抑制治具 2 0 と開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 との間に隙間 G を設けることで、誘導加熱時に過熱抑制治具 2 0 から開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 への熱伝導を抑制でき、この熱伝導に起因する開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の温度低下を抑制できる。よって、被処理物 1 0 0 の温度を、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の周囲とそれ以外とで偏ることを抑制できる。

【 0 0 6 0 】

また、本実施形態によると、過熱抑制治具 2 0 は、少なくとも開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 と対向する箇所が、絶縁体 2 0 b で形成されている。この構成によると、被処理物 1 0 0 の開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 と過熱抑制治具 2 0 とが短絡によって溶着 (接合) することを防止できる。

【 0 0 6 1 】

以下では、上述の第 1 実施形態の構成と異なる点について主に説明し、同様の構成には

図に同様の符号を付して詳細な説明を省略する。

【 0 0 6 2 】

< 第 1 実施形態の変形例 >

次に、第 1 実施形態の変形例を説明する。第 1 実施形態の変形例では、誘導加熱コイル 2 が第 1 加熱導体 5 および第 2 加熱導体 6 を有している構成を前提に説明する。

【 0 0 6 3 】

< 過熱抑制治具の表面に起伏が形成された変形例 >

第 1 実施形態では、過熱抑制治具 2 0 の一对の第 2 側面 2 2 , 2 2 が平坦である形態を例に説明した。しかしながら、この通りでなくてもよい。過熱抑制治具 2 0 の外表面に起伏形状が存在していてもよい。

【 0 0 6 4 】

図 6 (A) は、第 1 実施形態の第 1 変形例を示す図である。図 6 (A) では、一方の開口 1 0 1 側の構成を図示し、他方の開口 1 0 2 側の構成は、一方の開口 1 0 1 側の構成と同じであるので図示を省略している。図 6 (A) に示すように、過熱抑制治具 2 0 A の一对の第 2 側面 2 2 A , 2 2 A のそれぞれに凹部が形成されていてもよい。この場合、過熱抑制治具 2 0 A の断面形状は、H 形状である。誘導加熱時、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 において、第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 の電流の流れ方と第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 の電流の流れ方が異なる。第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 には渦電流が集中する一方、第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 には、第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 に流れるほどの大きな電流は流れない。よって開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 において、第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 の発熱量よりも第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 の発熱量のほうが小さい。このため、第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 を通る磁束を過熱抑制治具 2 0 A で吸収する必要性は、第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 を通る磁束を過熱抑制治具 2 0 で吸収する必要性と比べて低い。よって、第 2 側面 2 2 A , 2 2 A と、第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 との間の空間が、第 1 側面 2 1 A , 2 1 A と、第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 との間の空間より広くされていても、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の過熱を過熱抑制治具 2 0 A で抑制する効果を十分に発揮できる。

【 0 0 6 5 】

< 被処理物の開口の形状、および、過熱抑制治具の形状の変形例 >

第 1 実施形態では、開口 1 0 1 , 1 0 2 が細長い孔である形態を例に説明した。しかしながら、この通りでなくてもよい。開口は、丸孔であってもよい。

【 0 0 6 6 】

図 6 (B) は、第 1 実施形態の第 2 変形例を示す図である。図 6 (B) では、一方の開口 1 0 1 B 側の構成を図示し、他方の開口 1 0 2 B 側の構成は、一方の開口 1 0 1 B 側の構成と同じであるので図示を省略している。図 6 (B) に示すように、この変形例では、開口 1 0 1 B , 1 0 2 B は、単一の曲率半径を有する丸孔である。この変形例では、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B は、丸い縁部である。そして、被処理物 1 0 0 において、誘導加熱により開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B に流れる電流の流れ方向の主成分 E 1 は、軸方向 S である。開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B においては、軸方向 S と直交する方向 (本変形例では、周方向 C) における最も幅広の幅広部 1 0 3 B において、渦電流が主成分 E 1 にスムーズに流れる構成となっている。このため、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B において、上記幅広部 1 0 3 B に渦電流が集中して最も過熱され易い。

【 0 0 6 7 】

そこで、本変形例では、過熱抑制治具 2 0 B は、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B において、誘導加熱により開口 1 0 1 B , 1 0 2 B の周辺に流れる電流が集中する幅広部 1 0 3 B へ対向するように配置される。より具体的には、過熱抑制治具 2 0 B は、幅広部 1 0 3 B に対して主成分 E 1 と直交する方向 (周方向 C) に並ぶように、開口 1 0 1 B , 1 0 2 B に挿入されている。過熱抑制治具 2 0 B は、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B の直径よりも小さな外径の円柱形状に形成されている。

【 0 0 6 8 】

この変形例によると、誘導加熱コイル 2 に高周波電流が流れることで幅広部 1 0 3 B に

10

20

30

40

50

流れる磁束を過熱抑制治具 20B で吸収できる。これにより、幅広部 103B におけるジュール熱による過熱が抑制され、開口の縁部 105B , 106B における過熱を抑制できる。

【0069】

なお、図 6 (B) に示す変形例では、開口 101B , 102B が並ぶ方向から見たときの過熱抑制治具 20B の形状が、開口 101B , 102B の丸孔形状と相似な円形状であった。しかしながら、この通りでなくてもよい。

【0070】

図 7 (A) は、第 1 実施形態の第 3 変形例を示す図である。図 7 (A) では、一方の開口 101B 側の構成を図示し、他方の開口 102B 側の構成は、一方の開口 101B 側の構成と同じであるので図示を省略している。図 7 (A) に示すように、過熱抑制治具 20C は、誘導加熱により開口の縁部 105B , 106B に流れる電流の流れ方向の主成分 E1 と直交する方向 (本変形例では、周方向 C) に相対的に長く、主成分 E1 と平行な方向に相対的に短い扁平な四角柱状に形成されている。図 7 (A) に示す過熱抑制治具 20C の断面形状は、周方向 C における端面の形状が滑らかに丸い長方形であるといえる。

10

【0071】

過熱抑制治具 20C は、主成分 E1 と直交する周方向 C において開口の縁部 105B , 106B と向かい合う一对の第 1 側面 21C , 21C と、主成分 E1 と平行な軸方向 S において開口の縁部 105B , 106B と向かい合う一对の第 2 側面 22C , 22C と、を有している。

20

【0072】

一对の第 1 側面 21C , 21C は、開口の縁部 105B , 106B の直径よりも小さな外径を有する円弧面であり、幅広部 103B と対向しており、幅広部 103B とは主成分 E1 と直交する周方向 C に対向している。一对の第 2 側面 22C , 22C は、主成分 E1 と直交する方向に延びる平坦面であり、起伏形状を有していてもよい。開口の縁部 105B , 106B から一对の第 1 側面 21C , 21C までの周方向 C に沿った距離 A1C は、開口の縁部 105B , 106B から一对の第 2 側面 22C , 22C までの軸方向 S に沿った距離 A2C よりも小さい ($A1C < A2C$)。過熱抑制治具 20C と開口の縁部 105B , 106B との距離の最小値は、幅広部 103B と一对の第 1 側面 21C , 21C との距離であることが好ましい。これにより、開口の縁部 105B , 106B のうち渦電流が集中して最も過熱されやすい幅広部 103B を通過するように作用する磁束を過熱抑制治具 20C で効率よく吸収でき、幅広部 103B の渦電流による過熱を抑制できる。

30

【0073】

なお、第 1 実施形態および上述の各変形例では、開口 101 , 102 および開口 101B , 102B の何れもが、軸方向 S における被処理物 100 の中間位置に形成された形態を例に説明した。しかしながら、この通りでなくてもよい。開口は、軸方向 S における被処理物 100 の端部に形成されていてもよい。

【0074】

図 7 (B) は、第 1 実施形態の第 4 変形例を示す図である。この変形例では、開口 101D , 102D は、軸方向 S における被処理物 100 の例えば一端 (上端) に形成されている。開口 101D , 102D の形状は、第 1 実施形態の開口 101 , 102 のうちの上側の一部を水平に切り取った形状に相当する U 字状の開口部分である。

40

【0075】

各開口の縁部 105D , 106D は、軸方向 S に沿って延びる一对の第 1 縁部 111D , 111D と、周方向 C に沿って延びる一つの第 2 縁部 112D と、複数 (本実施形態では、2 つ) のコーナー部 113D と、を有している。

【0076】

第 1 縁部 111D , 111D は、軸方向 S に沿って延びる縁部である。第 2 縁部 112D , 112D は、周方向 C に沿って延びる縁部である。コーナー部 113D は、円弧形状をしており、対応する 2 つの縁部 111D , 112D に連続している。

50

【 0 0 7 7 】

本変形例においても、第1実施形態と同様に、誘導加熱により開口の縁部105D, 106Dに流れる電流の流れ方向の主成分E1は、軸方向Sとなる。このため、開口の縁部105D, 106Dのうち、軸方向Sと直交する方向に最も幅広の幅広部103D(第1縁部111D, 111D)に流れる電流値が特に大きくなって過熱される傾向にある。このように、渦電流が集中して過熱される傾向にある第1縁部111D, 111Dに対向する箇所に、過熱抑制治具20Dの第1側面21D, 21Dが配置されている。換言すれば、誘導加熱により開口の縁部105D, 106Dに流れる電流の流れ方向の主成分E1と直交する周方向Cにおける開口の縁部105D, 106Dの最も幅広部分である一对の第1縁部111D, 111Dと周方向Cに並ぶようにして、過熱抑制治具20Dが開口101D, 102Dに挿入されている。

10

【 0 0 7 8 】

上述した過熱抑制治具20Dの配置により、開口の縁部105D, 106Dの磁束を過熱抑制治具20Dで吸収し、第1縁部111D, 111Dに流れる電流値が被処理物100の他の部分の電流値よりも大きくなるのが抑制されている。過熱抑制治具20Dと開口の縁部105D, 106Dとの隙間は、過熱抑制治具20Dと第1縁部111D, 111Dとの間において最も小さくされていることが好ましい。より具体的には、過熱抑制治具20Dの一方の第1側面21Dと対応する第1縁部111Dとの距離A1Dが、一方の第2側面22Dと対応する第2縁部112Dとの距離A2Dよりも小さくされていることが好ましい($A1D < A2D$)。これにより、開口の縁部105D, 106Dのなかで、誘導加熱によって特に過熱されやすい第1縁部111D, 111Dの周囲の磁束を、より確実に過熱抑制治具20Dで吸収できる。なお、距離 $A1D = A2D$ であってもよい。

20

【 0 0 7 9 】

この変形例において、過熱抑制治具20Dに代えて、断面H字形状過熱抑制治具20Aが用いられてもよい。

【 0 0 8 0 】

なお、図7(B)に示す変形例では、開口101D, 102Dが並ぶ方向にみたときにおける開口101D, 102Dの形状が、軸方向Sに細長いU字形状であった。しかしながら、この通りでなくてもよい。

【 0 0 8 1 】

図8は、第1実施形態の第5変形例を示す図である。図8では、一方の開口101E側の構成を図示し、他方の開口102E側の構成は、一方の開口101E側の構成と同じであるので図示を省略している。

30

【 0 0 8 2 】

図8に示すように、開口101E, 102Eが並ぶ方向にみたときにおける開口101E, 102Eの形状は、半円形状である。この構成において、誘導加熱により開口の縁部105E, 106Eに流れる電流の流れ方向の主成分E1は、軸方向Sとなる。そして、開口の縁部105E, 106Eのうち、主成分E1と直交する周方向Cにおける最も幅広の幅広部103Eに電流が集中し電流値が特に大きくなって過熱される傾向にある。このように、過熱される傾向にある幅広部103Eと対向するように、過熱抑制治具20Eが配置される。過熱抑制治具20Eの形状は、過熱抑制治具20Bと同様の円柱形状である。

40

【 0 0 8 3 】

上述した過熱抑制治具20Eの配置により、開口の縁部105E, 106Eの磁束を過熱抑制治具20Eで吸収し、幅広部103E, 103Eへの電流の集中による過熱が抑制されている。

【 0 0 8 4 】

なお、図8に示す変形例において、過熱抑制治具20Eに代えて細い形状の過熱抑制治具20Cが用いられてもよい。

【 0 0 8 5 】

50

また、図 8 に示す変形例では、開口 101E, 102E が並ぶ方向にみたときにおける開口の縁部 105E, 106E の形状は、半円形状であった。しかしながら、この通りでなくてもよい。開口 101E, 102E が並ぶ方向にみたときにおける開口の縁部 105E, 106E の形状は、半円以外の円弧形状であってもよい。この場合、開口の縁部 105E, 106E の角度範囲は、各開口の縁部 105E, 106E の曲率中心回りの開口の縁部 105E, 106E の角度であり、0 度を超過して 180 度未満であってもよいし、180 度を超過して 360 度未満であってもよい。このような開口の縁部においても、過熱抑制治具 20E による磁束吸収によって、過熱を抑制できる。

【0086】

< 第 2 実施形態 >

次に、第 2 実施形態について説明する。図 9 は、第 2 実施形態に係る熱処理装置 1F および被処理物 100 を示す模式的な断面図である。図 10 は、第 2 実施形態において被処理物 100 の開口 101, 102 に過熱抑制治具 20F が挿入された状態を示す一部断面図であり、2 つの開口 101, 102 が紙面の前後に並んだ状態を見ている。

【0087】

第 2 実施形態が第 1 実施形態と異なっているのは、主に、誘導加熱コイル 2F が螺旋状のコイルで被処理物 100 を誘導加熱する点と、過熱抑制治具 20F が第 1 実施形態の過熱抑制治具 20 と比べて縦長である点と、にある。誘導加熱コイル 2F は、螺旋状の加熱導体 16 を含んでいる。加熱導体 16 の長手方向 D は、螺旋方向である。加熱導体 16 の両端部は、電源（図示せず）と電気的に接続されており、この電源から高周波電流等、加熱導体 16 に磁束を発生させる電流を与えられる。

【0088】

被処理物 100 の上端部、中間部、および、下端部が、加熱導体 16 で囲まれた空間に配置されている。

【0089】

本実施形態では、高周波電流を流されている加熱導体 16 が発生する磁束によって、被処理物 100 に渦電流が生じる。加熱導体 16 が螺旋状に延びていることにより、誘導加熱により開口の縁部 105, 106 に流れる電流の流れ方向の主成分 E1F は、被処理物 100 の周方向 C に沿った方向となる。

【0090】

このため、開口の縁部 105, 106 うち、周方向 C に沿って延びる第 2 縁部 112, 112 に電流が集中しこの第 2 縁部 112, 112 に流れる電流値が特に大きくなって過熱される傾向にある。このように、電流が集中し過熱される傾向にある第 2 縁部 112, 112 へ対向するように、過熱抑制治具 20F の第 2 側面 22F, 22F が配置されている。換言すれば、誘導加熱により開口の縁部 105, 106 に流れる電流の流れ方向の主成分 E1F と直交する方向（本実施形態では、軸方向 S）における開口の縁部 105, 106 の最も幅広の幅広部 103F（一对の第 2 縁部 112, 112）と軸方向 S に並ぶようにして、過熱抑制治具 20F が開口 101, 102 に挿入されている。

【0091】

上述した過熱抑制治具 20F の配置により、開口の縁部 105, 106 の磁束を過熱抑制治具 20F で吸収し、開口の縁部 105, 106 の第 2 縁部 112, 112 に電流が集中することで第 2 縁部 112, 112 に流れる電流の値が被処理物 100 の他の部分の電流値よりも大きくなるのが抑制されている。過熱抑制治具 20F と開口の縁部 105, 106 との間は、過熱抑制治具 20F と第 2 縁部 112, 112 との間において最も小さくされていることが好ましい。より具体的には、過熱抑制治具 20F の一方の第 1 側面 21F と開口の縁部 105, 106 の対応する第 1 縁部 111 との距離 A1F よりも、一方の第 2 側面 22F と対応する第 2 縁部 112 との距離 A2F のほうが小さいことが好ましい（ $A1F > A2F$ ）。これにより、開口の縁部 105, 106 のなかで、誘導加熱によって電流が集中し特に過熱されやすい第 2 縁部 112, 112 の磁束を、より確実に過熱抑制治具 20F で吸収できる。なお、距離 $A1F = A2F$ であってもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

< 第 2 実施形態の変形例 >

次に、第 2 実施形態の変形例を説明する。第 2 実施形態の変形例では、誘導加熱コイル 2 F の加熱導体 1 6 が被処理物 1 0 0 を誘導加熱する構成を前提に説明する。

【 0 0 9 3 】

< 過熱抑制治具の表面に起伏が形成された変形例 >

第 2 実施形態では、過熱抑制治具 2 0 F の一对の第 1 側面 2 1 F , 2 1 F が平坦である形態を例に説明した。しかしながら、この通りでなくてもよい。過熱抑制治具 2 0 F に代えて、外表面に起伏形状が存在する過熱抑制治具 2 0 G が用いられてもよい。

【 0 0 9 4 】

図 1 1 (A) は、第 2 実施形態の第 1 変形例を示す図である。図 1 1 (A) では、一方の開口 1 0 1 側の構成を図示し、他方の開口 1 0 2 側の構成は、一方の開口 1 0 1 側の構成と同じであるので図示を省略している。図 1 1 (A) に示すように、過熱抑制治具 2 0 G は、I 形状 (横向き の H 形状) となるように配置される。過熱抑制治具 2 0 G においては、一对の第 1 側面 2 1 G , 2 1 G が、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の一对の第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 とそれぞれ周方向 C に向かい合う。そして、一对の第 2 側面 2 2 G , 2 2 G が、一对の第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 とそれぞれ軸方向 S に向かい合う。誘導加熱時、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 において、第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 の電流の流れ方と第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 の電流の流れ方が異なる。第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 には渦電流が集中する一方、第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 には、第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 に流れるほどの大きな電流は流れない。よって、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 において、第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 の発熱量よりも第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 の発熱量のほうが小さい。このため、第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 を通る磁束を過熱抑制治具 2 0 G で吸収する必要性は、第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 を通る磁束を過熱抑制治具 2 0 G で吸収する必要性と比べて低い。よって、第 1 側面 2 1 G , 2 1 G と、第 1 縁部 1 1 1 , 1 1 1 との間の空間が、第 2 側面 2 2 G , 2 2 G と、第 2 縁部 1 1 2 , 1 1 2 との間の空間より広くされていても、開口の縁部 1 0 5 , 1 0 6 の過熱を過熱抑制治具 2 0 G で抑制する効果を十分に発揮できる。

【 0 0 9 5 】

< 被処理物の開口の形状、および、過熱抑制治具の形状の変形例 >

第 2 実施形態では、開口 1 0 1 , 1 0 2 が細長い孔である形態を例に説明した。しかしながら、この通りでなくてもよい。開口は、丸孔であってもよい。

【 0 0 9 6 】

図 1 1 (B) は、第 2 実施形態の第 2 変形例を示す図である。図 1 1 (B) では、一方の開口 1 0 1 B 側の構成を図示し、他方の開口 1 0 2 B 側の構成は、一方の開口 1 0 1 B 側の構成と同じであるので図示を省略している。図 1 1 (B) に示すように、この変形例では、開口 1 0 1 B , 1 0 2 B は、単一の曲率半径を有する丸孔である。そして、この変形例では、被処理物 1 0 0 において、誘導加熱により開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B に流れる電流の流れ方向の主成分 E 1 F は、周方向 C である。そして、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B においては、周方向 C と直交する方向 (本変形例では、軸方向 S) における最も幅広の幅広部 1 0 3 H において、渦電流が主成分 E 1 F にスムーズに流れる構成となっている。このため、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B において、幅広部 1 0 3 H に渦電流が集中して最も過熱され易い。

【 0 0 9 7 】

そこで、本変形例では、過熱抑制治具 2 0 H は、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B において、誘導加熱により開口 1 0 1 B , 1 0 2 B の周辺に流れる電流が集中する幅広部 1 0 3 H へ対向するように配置される。より具体的には、過熱抑制治具 2 0 H は、幅広部 1 0 3 H に対して主成分 E 1 F と直交する軸方向 S に並ぶように、開口 1 0 1 B , 1 0 2 B に挿入されている。過熱抑制治具 2 0 H の構成は、第 1 実施形態の第 2 変形例における過熱抑制治具 2 0 B と同様の円筒形状である。

【 0 0 9 8 】

10

20

30

40

50

この変形例によると、誘導加熱コイル 2 F に高周波電流が流れることで幅広部 1 0 3 H に流れる磁束を過熱抑制治具 2 0 H で吸収できる。これにより、幅広部 1 0 3 H におけるジュール熱による過熱が抑制され、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B における過熱を抑制できる。

【 0 0 9 9 】

なお、図 1 1 (B) に示す変形例では、開口 1 0 1 B , 1 0 2 B が並ぶ方向から見たときの過熱抑制治具 2 0 H の形状が、開口 1 0 1 B , 1 0 2 B の丸孔形状と相似な円形形状であった。しかしながら、この通りでなくてもよい。

【 0 1 0 0 】

図 1 2 (A) は、第 2 実施形態の第 3 変形例を示す図である。図 1 2 (A) では、一方の開口 1 0 1 B 側の構成を図示し、他方の開口 1 0 2 B 側の構成は、一方の開口 1 0 1 B 側の構成と同じであるので図示を省略している。図 1 2 (A) に示すように、過熱抑制治具 2 0 I は、誘導加熱により開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B に流れる電流の流れ方向の主成分 E 1 F と直交する方向（本変形例では、軸方向 S ）に相対的に長く、主成分 E 1 F と平行な方向（本変形例では周方向 C ）に相対的に短い扁平な四角柱状に形成されている。過熱抑制治具 2 0 I の断面形状は、軸方向 S の端面の形状が滑らかに丸い長方形であるといえる。

10

【 0 1 0 1 】

過熱抑制治具 2 0 I は、第 1 実施形態の第 3 変形例における横向きに過熱抑制治具 2 0 C を縦向きに配置したといえる。過熱抑制治具 2 0 I は、主成分 E 1 F と直交する軸方向 S において開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B と向かい合う一対の第 1 側面 2 1 I , 2 1 I と、主成分 E 1 と平行な周方向 C において開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B と向かい合う一対の第 2 側面 2 2 I , 2 2 I と、を有している。

20

【 0 1 0 2 】

開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B から一対の第 1 側面 2 1 I , 2 1 I の何れかまでの軸方向 S に沿った距離 A 1 I は、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B から一対の第 2 側面 2 2 I , 2 2 I の何れかまでの周方向 C に沿った距離 A 2 I よりも小さい (A 1 I < A 2 I) 。過熱抑制治具 2 0 I と開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B との距離の最小値は、幅広部 1 0 3 H と一対の第 1 側面 2 1 I , 2 1 I との距離 A 1 I であることが好ましい。これにより、開口の縁部 1 0 5 B , 1 0 6 B のうち渦電流が集中して最も過熱されやすい幅広部 1 0 3 H を通過する磁束を過熱抑制治具 2 0 I で効率よく吸収でき、幅広部 1 0 3 H の渦電流による過熱を抑制できる。

30

【 0 1 0 3 】

なお、第 2 実施形態および上述の各変形例では、開口 1 0 1 , 1 0 2 および開口 1 0 1 B , 1 0 2 B の何れもが、軸方向 S における被処理物 1 0 0 の中間位置に形成された形態を例に説明した。しかしながら、この通りでなくてもよい。開口は、軸方向 S における被処理物 1 0 0 の端部に形成されていてもよい。

【 0 1 0 4 】

図 1 2 (B) は、第 2 実施形態の第 4 変形例を示す図である。この変形例では、開口 1 0 1 D , 1 0 2 D は、軸方向 S における被処理物 1 0 0 の例えば上端に形成されている。開口 1 0 1 D , 1 0 2 D の形状は、第 2 実施形態の開口 1 0 1 , 1 0 2 のうちの上側の一部を水平に切り取った形状に相当する。

40

【 0 1 0 5 】

本変形例においても、第 2 実施形態と同様に、誘導加熱により開口の縁部 1 0 5 D , 1 0 6 D に流れる電流の流れ方向の主成分 E 1 F は、周方向 C となる。このため、開口の縁部 1 0 5 D , 1 0 6 D のうち、第 2 縁部 1 1 2 D に渦電流が集中して過熱される傾向にある。このように、渦電流が集中して過熱される傾向にある第 2 縁部 1 1 2 D に対向する箇所に、過熱抑制治具 2 0 J の第 2 側面 2 2 J が配置されている。換言すれば、誘導加熱により開口の縁部 1 0 5 D , 1 0 6 D に流れる電流の流れ方向の主成分 E 1 F と直交する方向（本実施形態では、軸方向 S ）における開口の縁部 1 0 5 D , 1 0 6 D の最も幅広の幅

50

広部 103J (第2縁部 112D) と軸方向 S に並ぶようにして、過熱抑制治具 20J が開口 101D, 102D に挿入されている。

【0106】

上述した過熱抑制治具 20J の配置により、開口の縁部 105D, 106D の磁束を過熱抑制治具 20J で吸収し、第2縁部 112D に流れる渦電流の電流値が被処理物 100 の他の部分の渦電流の電流値よりも大きくなることが抑制されている。過熱抑制治具 20J と開口の縁部 105D, 106D との間は、過熱抑制治具 20J と第2縁部 112D, 112D との間において最も小さいことが好ましい。より具体的には、過熱抑制治具 20J の一方の第1側面 21J と対応する第1縁部 111D との距離 A1J よりも、一方の第2側面 22J と第2縁部 112D との距離 A2J のほうが小さいことが好ましい (A1J > A2J)。これにより、開口の縁部 105D, 106D のなかで、誘導加熱によって特に過熱されやすい第2縁部 112D (幅広部 103J) の周囲の磁束を、より確実に過熱抑制治具 20J で吸収できる。なお、距離 A1J = A2J であってもよい。

10

【0107】

この変形例において、過熱抑制治具 20J に代えて、第1側面 21J, 21J に起伏が形成された過熱抑制治具、例えば断面 H 形状の過熱抑制治具が用いられてもよい。

【0108】

なお、図 12 (B) に示す変形例では、開口 101D, 102D が並ぶ方向にみたときにおける開口 101D, 102D の形状が、軸方向 S に細長い U 形状であった。しかしながら、この通りでなくてもよい。

20

【0109】

図 13 は、第2実施形態の第5変形例を示す図である。図 13 では、一方の開口 101E 側の構成を図示し、他方の開口 102E 側の構成は、一方の開口 101E 側の構成と同じであるので図示を省略している。

【0110】

図 13 に示すように、開口 101E, 102E が並ぶ方向にみたときにおける開口 101E, 102E の形状は、半円形状である。この構成において、誘導加熱により開口の縁部 105E, 106E に流れる電流の流れ方向の主成分 E1F は、周方向 C となる。そして、開口の縁部 105E, 106E のうち、主成分 E1 と直交する軸方向 S における最も幅広の幅広部 103K に電流が集中しこの幅広の幅広部 103K での電流値が特に大きくなって過熱される傾向にある。このように、特に過熱される傾向にある幅広部 103K と向かい合うように、過熱抑制治具 20K が配置される。過熱抑制治具 20K の形状は、第2実施形態の第2変形例の過熱抑制治具 20H と同様の円柱形状である。

30

【0111】

上述した過熱抑制治具 20K の配置により、開口の縁部 105E, 106E の周辺の磁束を過熱抑制治具 20K で吸収し、幅広部 103K に流れる電流値が被処理物 100 の他の部分の電流値よりも大きくなることが抑制されている。

【0112】

なお、図 13 に示す変形例において、過熱抑制治具 20K に代えて、第2実施形態の第3変形例の過熱抑制治具 20I が用いられてもよい。

40

【0113】

また、図 13 に示す変形例では、開口 101E, 102E が並ぶ方向にみたときにおける開口の縁部 105E, 106E の形状は、半円形状であった。しかしながら、この通りでなくてもよい。開口 101E, 102E が並ぶ方向にみたときにおける開口の縁部 105E, 106E の形状は、半円以外の円弧形状であってもよい。この場合、開口の縁部 105E, 106E の角度範囲は、各開口の縁部 105E, 106E の曲率中心回りの開口の縁部 105E, 106E の角度であり、0度を超えて180度未満であってもよいし、180度を超えて360度未満であってもよい。このような開口の縁部においても、過熱抑制治具 20K による磁束吸収によって、開口の縁部の過熱を抑制できる。

【0114】

50

なお、上述の各実施形態および各変形例では、被処理物の軸方向から見て、過熱抑制治具は、被処理物の周方向における全ての範囲で開口から被処理物の径方向に突出する形態を例に説明した。しかしながら、この通りでなくてもよい。例えば、被処理物の軸方向から見て、過熱抑制治具は、被処理物の周方向における一部のみの範囲が開口から被処理物の径方向に突出していてもよい。例えば、過熱抑制治具は、軸方向から見て、矩形等の多角形であり、且つ、過熱抑制治具の全長が被処理物の外径と同じであってもよい。この場合、軸方向から見たときに、被処理物の周方向における過熱抑制治具の中央部は、被処理物から突出していない一方で、上記周方向における過熱抑制治具の端部（過熱抑制治具の角部）は、被処理物から突出することとなる。このような構成であっても、過熱抑制治具が被処理物の開口から被処理物の外方へ突出しているといえる。

10

【0115】

本発明は、上述の各実施形態および各変形例に限定されず、特許請求の範囲に記載の範囲内において、種々の変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

【0116】

本発明は、熱処理装置、および、熱処理方法として、広く適用することができる。

【符号の説明】

【0117】

1, 1F 熱処理装置

2, 2F コイル

20

20A, 20B, 20C, 20D, 20E, 20F, 20G, 20H, 20I, 20J, 20K 治具

20b 絶縁体

20d 長手方向端部（治具の一部）

103, 103B, 103E, 103H, 103J, 103K 幅広部（電流が集中する箇所）

100 被処理物

101, 101B, 101D, 101E 開口

102, 102B, 102D, 102E 開口

105, 105B, 105D, 105E 開口の縁部

30

106, 106B, 106D, 106E 開口の縁部

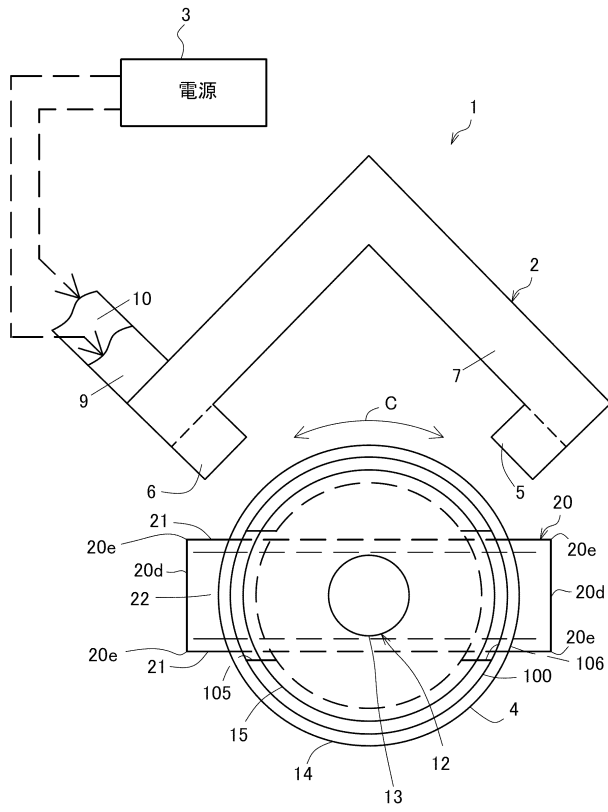
G 隙間

40

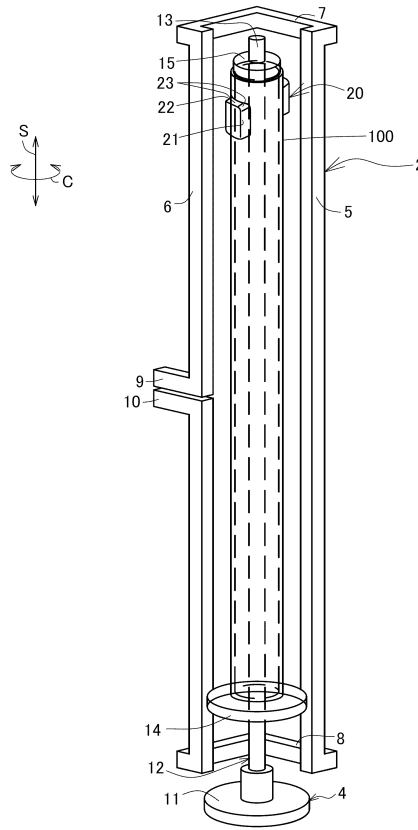
50

【図面】

【図 1】



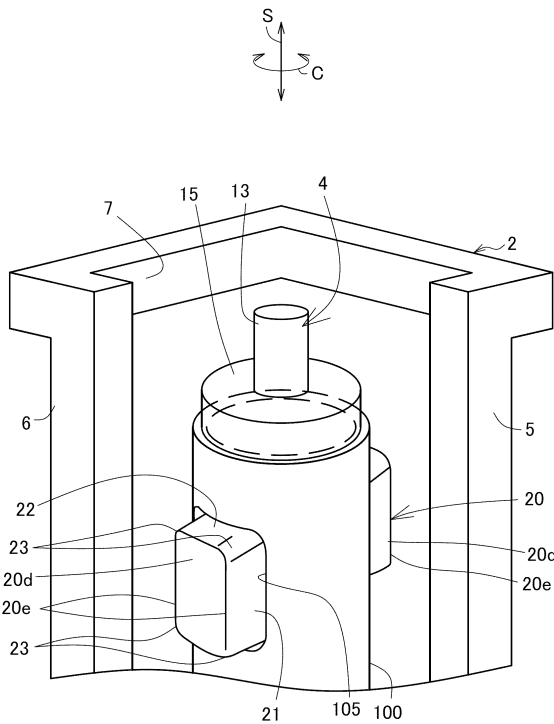
【図 2】



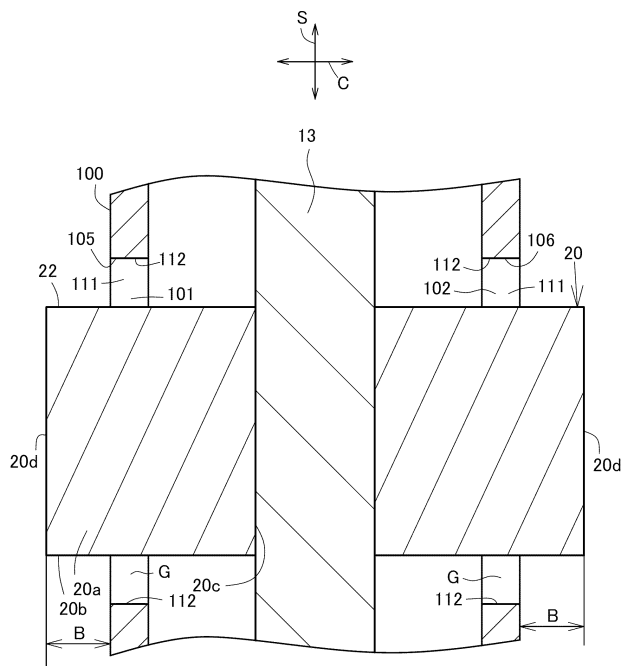
10

20

【図 3】



【図 4】

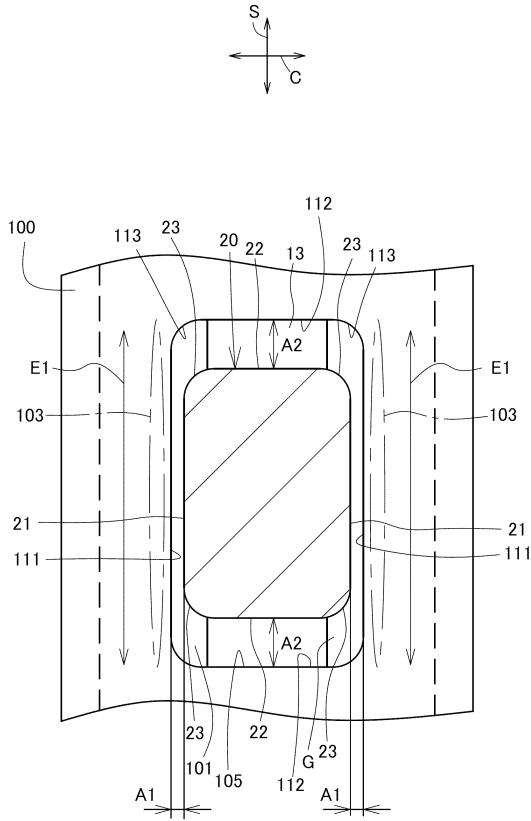


30

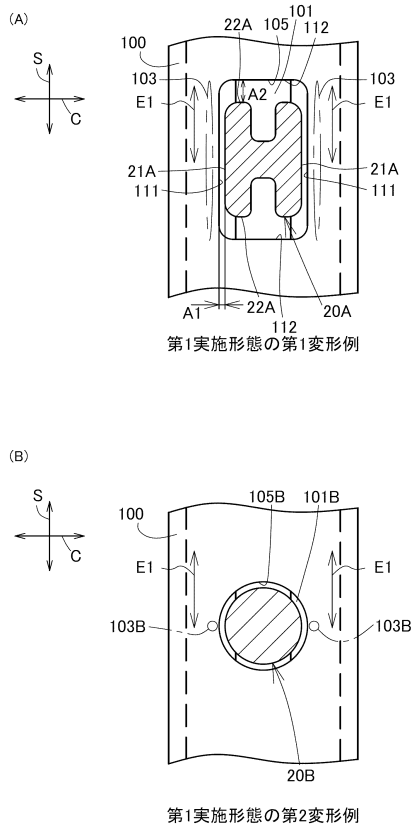
40

50

【 図 5 】



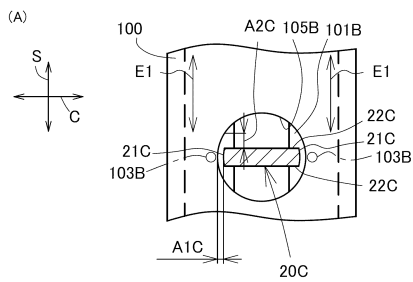
【 図 6 】



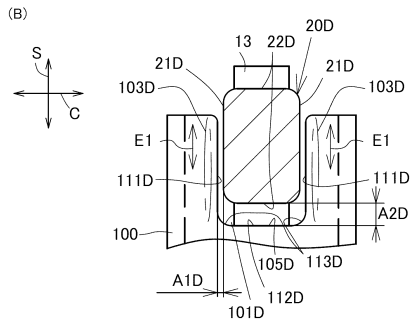
10

20

【 図 7 】

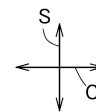


第1実施形態の第3変形例

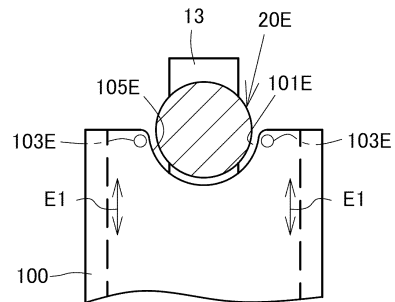


第1実施形態の第4変形例

【 図 8 】



30

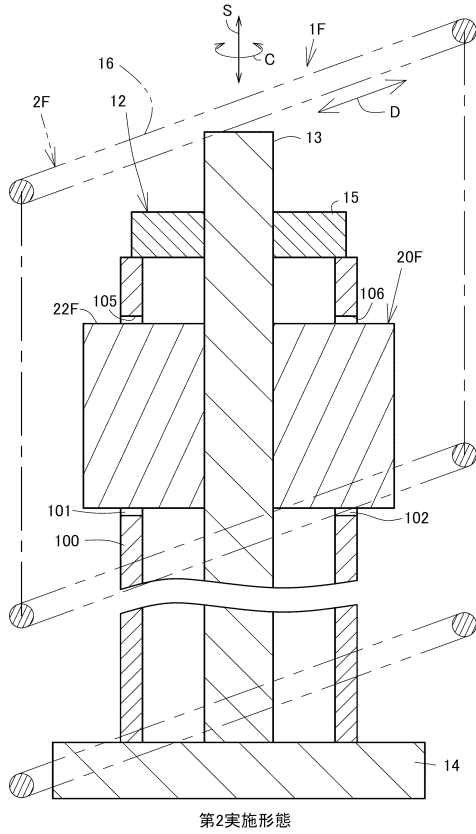


第1実施形態の第5変形例

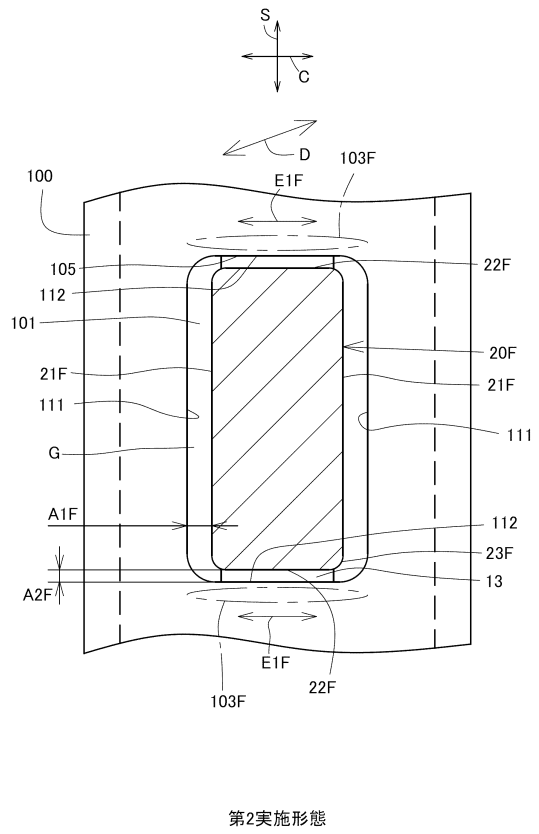
40

50

【 図 9 】



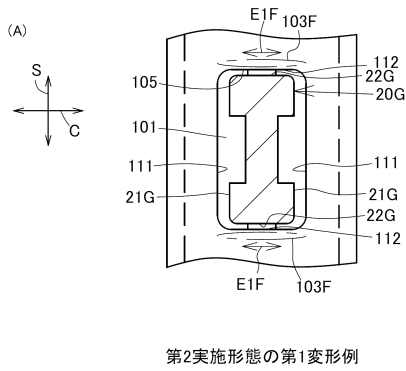
【 図 1 0 】



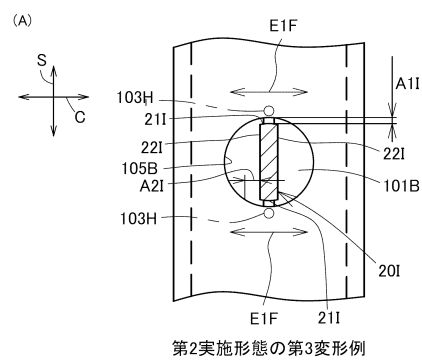
10

20

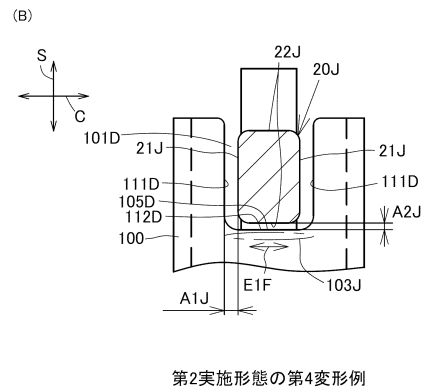
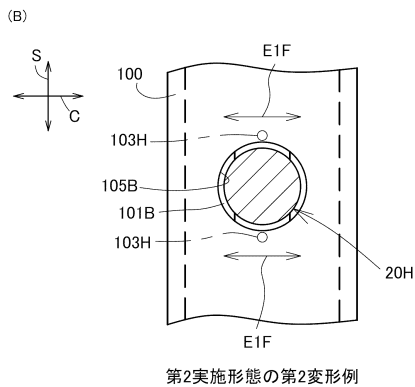
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



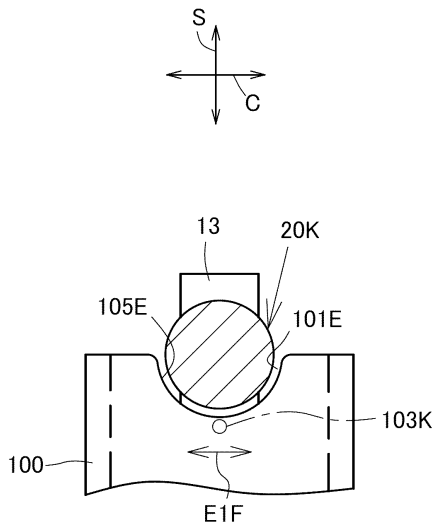
30



40

50

【 図 1 3 】



10

第2実施形態の第5変形例

20

30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考)

CD72