

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5611982号  
(P5611982)

(45) 発行日 平成26年10月22日(2014.10.22)

(24) 登録日 平成26年9月12日(2014.9.12)

(51) Int.Cl.	F 1
H05B 6/36 (2006.01)	H05B 6/36 F
H05B 6/10 (2006.01)	H05B 6/10 311
C21D 1/42 (2006.01)	C21D 1/42 J

請求項の数 13 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2011-546412 (P2011-546412)
(86) (22) 出願日	平成22年1月16日 (2010.1.16)
(65) 公表番号	特表2012-515430 (P2012-515430A)
(43) 公表日	平成24年7月5日 (2012.7.5)
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/021291
(87) 国際公開番号	W02010/083479
(87) 国際公開日	平成22年7月22日 (2010.7.22)
審査請求日	平成25年1月8日 (2013.1.8)
(31) 優先権主張番号	61/145,541
(32) 優先日	平成21年1月17日 (2009.1.17)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	501395742 インダクタヒート インコーポレイテッド アメリカ合衆国 48071 ミシガン、 マディソン ハイツ、ノース エイビス ドライブ 32251
(74) 代理人	110000523 アクシス国際特許業務法人
(72) 発明者	ゲイリー・エイ・ドイオン アメリカ合衆国48236ミシガン州グロ ス・ポイント・ファームズ、トゥレーヌ・ ロード80
(72) 発明者	ドン・エル・ラブレス アメリカ合衆国48307ミシガン州ロチ エスター、アスペン・ドライブ843

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】複雑形状の加工品の誘導加熱処理

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

金属加工品の少なくとも 1 つの実質的に円柱状の部材を加熱するインダクタ組立品であつて、

当該インダクタ組立品は、能動インダクタ部及び受動インダクタ部から構成され、当該能動及び受動インダクタ部は、前記能動インダクタ部に供給される高周波交流電流を前記受動インダクタ部に対して磁気的に結合させる手段を有し、

前記少なくとも 1 つの実質的に円柱状の部材に対して磁場を適用して誘導加熱するべく前記少なくとも 1 つの実質的に円柱状の部材が配置されるように、少なくとも 1 つの実質的に閉じた開口が、前記能動インダクタ部に部分的に、及び前記受動インダクタ部に部分的に形成され、

前記磁場は、前記高周波交流電流による励磁に応じて、前記能動及び受動インダクタ部により生成される、当該インダクタ組立品において、

前記能動インダクタ部は、更に、

外側能動インダクタ貫通口の周りに形成された外側能動インダクタ部；

前記外側能動インダクタ貫通口内に配置され、かつ電気的に絶縁する絶縁空間により前記外側能動インダクタ部から分離された内側能動インダクタ部；

前記内側能動インダクタ部内に形成された能動インダクタ貫通口、ここで、当該能動インダクタ貫通口により、隣接する第 1 の外側及び第 1 の内側能動インダクタコイル部及び隣接する第 2 の外側及び第 2 の内側能動インダクタコイル部が形成され、当該隣接する

10

20

第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部及び当該隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部は、前記能動インダクタ貫通口の対向側に配置される；

前記隣接する第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部夫々の第1能動部分開口の組み合わせ、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部夫々の第2能動部分開口の組み合わせから形成された、略配列された能動部分インダクタ部開口の少なくとも1つの隣接組、ここで、前記隣接する第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部の前記第1能動部分開口夫々、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部の前記第2能動部分開口夫々は、外側及び内側能動コイル部対向面に対して個別接続した能動インダクタ部アーチ形コイル面を有する；

前記外側能動インダクタ部へ第1交流電流を供給するための前記外側能動インダクタ部における第1電力終端領域の組；及び 10

前記内側能動インダクタ部へ第2交流電流を供給するための前記内側能動インダクタ部における第2電力終端領域の組

を備え、

前記受動インダクタ部は、更に、

外側受動インダクタ部貫通口の周りに形成された外側受動インダクタ部；

前記外側受動インダクタ部貫通口内に配置され、前記外側受動インダクタ部から電気的に絶縁する絶縁空間により分離された内側受動インダクタ部；

前記内側受動インダクタ部内に形成された受動インダクタ貫通口、ここで、当該受動インダクタ貫通口により、隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部及び隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部が形成され、当該隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部及び当該隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部は、前記受動インダクタ貫通口の対向側に配置される；及び、

前記隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部夫々の第1受動部分開口の組み合わせ、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部夫々の第2受動部分開口の組み合わせから形成された、略配列された受動部分インダクタ部開口の少なくとも1つの隣接組、ここで、前記隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部の前記第1受動部分開口夫々、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部の前記第2受動部分開口夫々は、外側及び内側受動コイル部対向面に対して個別接続した受動インダクタ部アーチ形コイル面を有する、

を備え、

前記少なくとも1つの実質的に閉じた開口は、前記外側及び内側能動コイル部対向面が前記外側及び内側受動コイル部対向面から電気的に分離された態様で前記外側及び内側受動コイル部対向面に前記外側及び内側能動コイル部対向面が対向するとき、略配列された前記能動及び受動部分インダクタ部開口の前記少なくとも1つの隣接組の組により個別に形成されることを特徴とするインダクタ組立品。

### 【請求項2】

請求項1に記載のインダクタ組立品であって、

略配列された能動又は受動部分インダクタ部開口の前記少なくとも1つの隣接組の前記能動又は受動インダクタアーチ形コイル面らは、輪郭付けられたコイルリップの組である。

### 【請求項3】

請求項2に記載のインダクタ組立品であって、

前記輪郭付けられたコイルリップの組は、

前記少なくとも1つの実質的に閉じた開口に配置された前記少なくとも1つの実質的に円柱状の部材に隣接した不均整に形状出しされた部材の不均整塊；

前記少なくとも1つの実質的に閉じた開口に配置された前記少なくとも1つの実質的に円柱状の部材の表面上の開口；又は

前記少なくとも1つの実質的に閉じた開口に配置された前記不均整に形状出しされた部

10

20

30

30

40

50

材と前記少なくとも 1 つの実質的に円柱状の部材間のフィレット領域の加熱を補償するよう輪郭出しされている。

【請求項 4】

請求項 2 に記載のインダクタ組立品であって、

前記輪郭付けられたコイルリップの組の対向面間に配置された少なくとも 1 つのリップ間磁束集中器を更に備える。

【請求項 5】

金属加工品の少なくとも 1 つの実質的に円柱状の部材を加熱するインダクタ組立品であって、

当該インダクタ組立品は、能動インダクタ部及び受動インダクタ部から構成され、当該能動及び受動インダクタ部は、前記能動インダクタ部に供給される高周波交流電流を前記受動インダクタ部に対して磁気的に結合させる手段を有し、

前記少なくとも 1 つの実質的に円柱状の部材に対して磁場を適用して誘導加熱するべく前記少なくとも 1 つの実質的に円柱状の部材が配置されるように、少なくとも 1 つの実質的に閉じた開口が、前記能動インダクタ部に部分的に、及び前記受動インダクタ部に部分的に形成され、

前記磁場は、前記高周波交流電流による励磁に応じて、前記能動及び受動インダクタ部により生成される、当該インダクタ組立品において、

前記能動インダクタ部は、更に、

外側能動インダクタ貫通口の周りに形成された外側能動インダクタ部；

前記外側能動インダクタ貫通口内に配置され、かつ電気的に絶縁する絶縁空間により前記外側能動インダクタ部から分離された内側能動インダクタ部；

前記内側能動インダクタ部内に形成された能動インダクタ貫通口、ここで、当該能動インダクタ貫通口により、隣接する第 1 の外側及び第 1 の内側能動インダクタコイル部及び隣接する第 2 の外側及び第 2 の内側能動インダクタコイル部が形成され、当該隣接する第 1 の外側及び第 1 の内側能動インダクタコイル部及び当該隣接する第 2 の外側及び第 2 の内側能動インダクタコイル部は、前記能動インダクタ貫通口の対向側に配置される；及び、

前記隣接する第 1 の外側及び第 1 の内側能動インダクタコイル部夫々の第 1 能動部分開口の組み合わせ、又は前記隣接する第 2 の外側及び第 2 の内側能動インダクタコイル部夫々の第 2 能動部分開口の組み合わせから形成された、略配列された能動部分インダクタ部開口の少なくとも 1 つの隣接組、ここで、前記隣接する第 1 の外側及び第 1 の内側能動インダクタコイル部の前記第 1 能動部分開口夫々、又は前記隣接する第 2 の外側及び第 2 の内側能動インダクタコイル部の前記第 2 能動部分開口夫々は、外側及び内側能動コイル部対向面に対して個別接続した能動インダクタ部アーチ形コイル面を有する、

を備え、

前記受動インダクタ部は、更に、

外側受動インダクタ部貫通口の周りに形成された外側受動インダクタ部；

前記外側受動インダクタ部貫通口内に配置され、前記外側受動インダクタ部から電気的に絶縁する絶縁空間により分離された内側受動インダクタ部；

前記内側受動インダクタ部内に形成された受動インダクタ貫通口、ここで、当該受動インダクタ貫通口により、隣接する第 1 の外側及び第 1 の内側受動インダクタコイル部及び隣接する第 2 の外側及び第 2 の内側受動インダクタコイル部が形成され、当該隣接する第 1 の外側及び第 1 の内側受動インダクタコイル部及び当該隣接する第 2 の外側及び第 2 の内側受動インダクタコイル部は、前記受動インダクタ貫通口の対向側に配置される；及び、

前記隣接する第 1 の外側及び第 1 の内側受動インダクタコイル部夫々の第 1 受動部分開口の組み合わせ、又は前記隣接する第 2 の外側及び第 2 の内側受動インダクタコイル部夫々の第 2 受動部分開口の組み合わせから形成された、略配列された受動部分インダクタ部開口の少なくとも 1 つの隣接組、ここで、前記隣接する第 1 の外側及び第 1 の内側受動

10

20

30

40

50

インダクタコイル部の前記第1受動部分開口夫々、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部の前記第2受動部分開口夫々は、外側及び内側受動コイル部対向面に対して個別接続した受動インダクタ部アーチ形コイル面を有する、  
を備え、

前記少なくとも1つの実質的に閉じた開口は、前記外側及び内側能動コイル部対向面が前記外側及び内側受動コイル部対向面から電気的に分離された様で前記外側及び内側受動コイル部対向面に前記外側及び内側能動コイル部対向面が対向するとき、略配列された前記能動及び受動部分インダクタ部開口の前記少なくとも1つの隣接組の組により個別に形成され、

略配列された能動又は受動部分インダクタ部開口の前記少なくとも1つの隣接組の前記能動又は受動インダクタアーチ形コイル面らは、輪郭付けられたコイルリップの組であり

当該インダクタ組立品が、少なくとも1つのリップ横断磁束集中器を更に備え、当該少なくとも1つのリップ横断磁束集中器は、前記輪郭付けられたコイルリップの組の先端から距離をあけて前記輪郭付けられたコイルリップの夫々に部分的に組み込まれている。

#### 【請求項6】

金属加工品の少なくとも1つの実質的に円柱状の部材を加熱するインダクタ組立品であつて、

当該インダクタ組立品は、能動インダクタ部及び受動インダクタ部から構成され、当該能動及び受動インダクタ部は、前記能動インダクタ部に供給される高周波交流電流を前記受動インダクタ部に対して磁気的に結合させる手段を有し、

前記少なくとも1つの実質的に円柱状の部材に対して磁場を適用して誘導加熱するべく前記少なくとも1つの実質的に円柱状の部材が配置されるように、少なくとも1つの実質的に閉じた開口が、前記能動インダクタ部に部分的に、及び前記受動インダクタ部に部分的に形成され、

前記磁場は、前記高周波交流電流による励磁に応じて、前記能動及び受動インダクタ部により生成される、当該インダクタ組立品において、

前記能動インダクタ部は、更に、

外側能動インダクタ貫通口の周りに形成された外側能動インダクタ部；

前記外側能動インダクタ貫通口内に配置され、かつ電気的に絶縁する絶縁空間により前記外側能動インダクタ部から分離された内側能動インダクタ部；

前記内側能動インダクタ部内に形成された能動インダクタ貫通口、ここで、当該能動インダクタ貫通口により、隣接する第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部及び隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部が形成され、当該隣接する第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部及び当該隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部は、前記能動インダクタ貫通口の対向側に配置される；及び、

前記隣接する第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部夫々の第1能動部分開口の組み合わせ、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部夫々の第2能動部分開口の組み合わせから形成された、略配列された能動部分インダクタ部開口の少なくとも1つの隣接組、ここで、前記隣接する第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部の前記第1能動部分開口夫々、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部の前記第2能動部分開口夫々は、外側及び内側能動コイル部対向面に対して個別接続した能動インダクタ部アーチ形コイル面を有する、

を備え、

前記受動インダクタ部は、更に、

外側受動インダクタ部貫通口の周りに形成された外側受動インダクタ部；

前記外側受動インダクタ部貫通口内に配置され、前記外側受動インダクタ部から電気的に絶縁する絶縁空間により分離された内側受動インダクタ部；

前記内側受動インダクタ部内に形成された受動インダクタ貫通口、ここで、当該受動

10

20

30

40

50

インダクタ貫通口により、隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部及び隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部が形成され、当該隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部及び当該隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部は、前記受動インダクタ貫通口の対向側に配置される；及び、

前記隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部夫々の第1受動部分開口の組み合わせ、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部夫々の第2受動部分開口の組み合わせから形成された、略配列された受動部分インダクタ部開口の少なくとも1つの隣接組、ここで、前記隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部の前記第1受動部分開口夫々、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部の前記第2受動部分開口夫々は、外側及び内側受動コイル部対向面に対して個別接続した受動インダクタ部アーチ形コイル面を有する、

を備え、

前記少なくとも1つの実質的に閉じた開口は、前記外側及び内側能動コイル部対向面が前記外側及び内側受動コイル部対向面から電気的に分離された態様で前記外側及び内側受動コイル部対向面に前記外側及び内側能動コイル部対向面が対向するとき、略配列された前記能動及び受動部分インダクタ部開口の前記少なくとも1つの隣接組の組により個別に形成され、

略配列された能動又は受動部分インダクタ部開口の前記少なくとも1つの隣接組の前記能動又は受動インダクタアーチ形コイル面らは、輪郭付けられたコイルリップの組であり

当該インダクタ組立品が、前記輪郭付けられたコイルリップの対向面間に配置された少なくとも1つのリップ間磁束集中器、及び少なくとも1つのリップ横断磁束集中器を更に備え、前記少なくとも1つのリップ横断磁束集中器は、前記輪郭付けられたコイルリップの組の先端から距離をあけて前記輪郭付けられたコイルリップの組の夫々に組み込まれている。

#### 【請求項7】

請求項1乃至6のいずれか一項に記載のインダクタ組立品であって、

前記少なくとも1つの実質的に閉じた開口に前記少なくとも1つの実質的に円柱状の部材が配置されているとき、前記インダクタ組立品又は金属加工品を回転させるドライバを更に備える。

#### 【請求項8】

金属加工品の少なくとも1つの実質的に円柱状の部材を誘導加熱する方法であって、当該方法は、

少なくとも1つの実質的に円柱状の部材の軸方向周りに実質的に閉じた開口を形成するステップ、ここで、当該実質的に閉じた開口は、能動インダクタ部に部分的に及び受動インダクタ部に部分的に形成され、前記能動インダクタ部は、

外側能動インダクタ部貫通口の周りに形成された外側能動インダクタ部；

前記外側能動インダクタ貫通口内に配置され、かつ電気的に絶縁する絶縁空間により前記外側能動インダクタ部から分離された内側能動インダクタ部；

前記内側能動インダクタ部内に形成された能動インダクタ貫通口、ここで、当該能動インダクタ貫通口により、隣接する第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部及び隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部が形成され、当該隣接する第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部及び当該隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部は、前記能動インダクタ貫通口の対向側に配置される；及び、

前記隣接する第1の外側及び第1の内側能動インダクタコイル部夫々の第1能動部分開口の組み合わせ、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部夫々の第2能動部分開口の組み合わせから形成された、略配列された能動部分インダクタ部開口の少なくとも1つの隣接組、ここで、前記隣接する第1の外側及び第1の内側能動

10

20

30

40

50

インダクタコイル部の前記第1能動部分開口夫々、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側能動インダクタコイル部の前記第2能動部分開口夫々は、外側及び内側能動コイル部対向面に対して個別接続し、かつ能動コイルリップとして輪郭付けされた能動インダクタ部アーチ形コイル面を有する：を備え、

前記受動インダクタ部は、

外側受動インダクタ部貫通口の周りに形成された外側受動インダクタ部；

前記外側受動インダクタ部貫通口内に配置され、電気的に絶縁する絶縁空間により前記外側受動インダクタ部から分離された内側受動インダクタ部；

前記内側受動インダクタ部内に形成された受動インダクタ貫通口、ここで、当該受動インダクタ貫通口により、隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部及び隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部が形成され、当該隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部及び当該隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部は、前記受動インダクタ貫通口の対向側に配置される；及び、

前記隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部夫々の第1受動部分開口の組み合わせ、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部夫々の第2受動部分開口の組み合わせから形成された、略配列された受動部分インダクタ部開口の少なくとも1つの隣接組、ここで、前記隣接する第1の外側及び第1の内側受動インダクタコイル部の前記第1受動部分開口夫々、又は前記隣接する第2の外側及び第2の内側受動インダクタコイル部の前記第2受動部分開口夫々は、外側及び内側受動コイル部対向面に対して個別接続され、かつ受動コイルリップとして輪郭付けされた受動インダクタ部アーチ形コイル面を有する、を更に備え、

略配列された前記能動及び受動部分インダクタ部開口の前記少なくとも1つの隣接組の組は、前記外側及び内側能動コイル部対向面が前記外側及び内側受動コイル部対向面から電気的に分離された態様で前記外側及び内側受動コイル部対向面に前記外側及び内側能動コイル部対向面が対向するとき、少なくとも1つの前記実質的に閉じた開口を個別に形成する；

前記外側能動インダクタ部に対して第1交流電流を供給するステップ；

前記内側能動インダクタ部に対して第2交流電流を供給するステップ；

少なくとも前記外側能動及び外側受動インダクタ部に形成された各能動及び受動コイルリップの周囲に第1磁場が形成されるように、前記外側能動及び外側受動インダクタ部を磁気的に結合するステップ；及び

少なくとも前記内側能動及び内側受動インダクタ部に形成された各能動及び受動コイルリップの周囲に第2磁場が形成されるように、前記内側能動及び内側受動インダクタ部を磁気的に結合するステップ、を含む方法。

#### 【請求項9】

請求項8に記載の方法であって、

少なくとも前記第1及び第2交流電流間の位相関係、又は前記第1又は第2交流電流の周波数、又は前記第1及び第2交流電流間の時間位相は、前記実質的に閉じた開口内の前記少なくとも1つの実質的に円柱状の部材を誘導加熱する過程において変更される。

#### 【請求項10】

請求項8又は9に記載の方法であって、

前記実質的に閉じた開口内の前記少なくとも1つの実質的に円柱状の部材を誘導加熱する過程において、前記能動インダクタ部及び前記受動インダクタ部、又は前記金属加工品のいずれかを回転させるステップを更に含む。

#### 【請求項11】

請求項8乃至10のいずれか一項に記載の方法であって、

少なくとも1つのリップ間磁束集中器は、少なくとも1つのコイルリップの組の対向面間に配置されている。

#### 【請求項12】

10

20

30

40

50

請求項 8 乃至 10 のいずれか一項に記載の方法であって、少なくとも 1 つのリップ横断磁束集中器は、少なくとも 1 つのコイルリップの組の先端から間隔をあけた位置において、前記少なくとも 1 つの前記コイルリップの組の対向面に埋め込まれている。

【請求項 13】

請求項 8 乃至 10 のいずれか一項に記載の方法であって、少なくとも 1 つのリップ間磁束集中器は、少なくとも 1 つのコイルリップの組の対向面間に配置されており、

少なくとも 1 つのリップ横断磁束集中器は、少なくとも 1 つのコイルリップの組の先端から間隔をあけた位置において、前記少なくとも 1 つのコイルリップの組の対向面に埋め込まれている。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の参照

本出願は、2009年1月17日に出願された米国仮出願NO.61/145,541の優先権を主張し、ここに、その全体は参照により組み込まれる。

【0002】

本発明は、概して、1以上の概して円柱形状の構成部材を有する複雑形状の金属加工品の誘導加熱処理に関する。

20

【背景技術】

【0003】

米国特許No.6,274,857(857特許)は、ここにその全体が参照により組み込まれ、クランクシャフトの選択された構成部材といった不均整に形状出しされた加工品の誘導加熱処理の方法及びこれに用いられる装置を開示する。857特許の図の参考番号を用いて、それらを参照すると、下部及び上部インダクタ部材(107)と(109)各々の典型的な結合組が、特許図2(a)、2(b)及び2(c)に開示されている。下部インダクタ部材は、貫通口(117a)周りに亘って配置されたコイル部の組によって、単一の直列輪状能動回路が形成されるように、電力終端領域(122)において交流電流(ac)電源に接続される。従って、下部インダクタ部材は、能動インダクタ部とも呼ばれる。対応する上部インダクタ部材(特許図2(b))は、単一巻き閉輪状コイルであり、受動インダクタ部とも呼ばれる。少なくともコイルリップの一組、例えば、コイルリップ(123a)及び(123b)は、少なくとも一方のコイル部の部分開口、例えば、部分開口(121a)、の周囲に設けられている。コイルリップの第2の組は、上部インダクタ部材、例えば、部分開口(121b)の周囲に設けられており、下部及び上部インダクタ部材の結合組が最も近接した位置にある時、特許図2(c)に示されるように、実質的に閉じたインダクタが、例えば、特許図6(a)に示す加工品部材(207)の周囲に形成される。加工品部材(207)は、例えば、クランクシャフト上のクランクピンであり、それに対して、ピストン接続ロッドは、冶金焼入れ後に取り付けられる。ピンは、平衡錘(特許図6(b)又は6(c)の不均整に形状出しされた隣り合う加工品部材(206)及び(208))のいずれか一端にに対して取り付けられ得る。下部及び上部インダクタ部材が近接配置されており、下部インダクタ(107)に交流電流が供給されると、磁束集中器、例えば、特許図2(c)の集中器(103a)及び(103b)は、下部(能動)インダクタ部材中の電流により生じた下部インダクタ部材周りの生成磁束を磁気的に結合することに用いられ、これにより、下部インダクタにおけるものと反対方向の瞬時の方向を有する電流が上部(受動)インダクタ部材において誘起される。閉じた配置において、誘電材料(410)は、特許図2(c)に示されるように、下部及び上部インダクタ部材の対向面を分離する。特許図5(a)に開示されている1以上の側面遮蔽部材(137)は、加熱処理される加工品部材のための磁束集中器として機能するべく、かつ加熱処理される構成部材に隣接する加工品の構成部材に対する磁界遮断として機能するべく、コイルリップの周囲に形成されたアーチ形コイル領域の周囲のコイル部の内側及び外側の一方又は両方に設けられる。下部及び上部インダクタ用の一巻きの單一コイルにつ

30

40

50

いて説明したが、相対的に大きい個々の加工品部材を焼き入れするために、下部及び上部インダクタの一方又は双方のために2以上の巻きを具備する單一コイルが用いられることも857特許には開示されている。

#### 【0004】

米国特許No.6,859,125(125特許)は、ここにその全体が参照により組み込まれ、不均整に形状出しされた加工品の誘導加熱処理の857装置及び方法の改良を開示する。125特許の図の参照番号を用いて、それらを参照すると、下部インダクタ部材(17)は、特許図5に示すように、コイル巻(16)及び(18)により二重平行輪状能動回路を形成するように、電力終端領域(122a)及び(122b)にて交流電源に接続される。電流制限スリット(14)は、二重平行輪状能動回路を形成するべく用いられ、かつ、平行接続された隣接コイル部の組に亘って、より均一な電流分布を供給するべく用いられる。平行接続された隣接コイル部の組の少なくとも一方は、アーチ形コイル面が形成されたコイル部(17a)の部分開口(21a)といった部分開口を有する。アーチ形コイル面は、特許図5に、各々の隣接コイル部の内側コイルリップ(23b)、外側コイルリップ(23a)、及び開口部(31)として典型的に開示されているよう、オリフィスによって互いに分離されたコイルリップの組として形成される。コイルリップは、不均整に形状出しされた部材の不均整塊、実質的に円柱状の部材の表面上の開口、又はフィレットの選択加熱を選択的に補償するために輪郭出しされる。能動インダクタ部(17)は、125特許に開示されているように、単一巻き受動インダクタ部に対して結合され得る。代替的に、能動インダクタ部(17)は、特許図6に示されるように、2個の巻き受動インダクタ部(19)に対して、又は、断面電流制限スリット(30)によって2つの電気的に絶縁されたコイル(32)及び(33)に分割された、特許図7の受動インダクタ部(29)に対して結合する得る。能動インダクタ部(17)が、受動インダクタ部の一つに対して結合するとき、加工品は、125特許に開示されているように、コイルリップペアと共に誘導加熱され得る。

#### 【0005】

125及び857特許は、概して、加工品部材の「バンド」加熱処理として知られることを解決するものである。例えば、選定された加熱処理対象の加工品部材207'が上述のクランクピンである場合、均一な加熱処理は、概して、添付の図1(a)に開示されるように、加工部品207'と隣接する不均整に形状出しされた部品206'及び208'との間のインターフェイス領域を有するフィレット領域207a'及び207b'ではなく、ピンの横断表面領域A'の全体に亘って、均一に加熱処理することが要求される。結果的に、添付の図1(a)及び図1(b)に開示されているように、加工品部材207'を周囲する下部及び上部インダクタコイル部107'及び109'におけるコイルリップ(図1(a)に部分的に開示された下部コイルリップ組123a'及び123b')は、組み合わせにより、ピンの横断表面領域A'の全体周辺の均一に誘導された熱の「バンド」を形成する。図1(a)は、典型的な側面遮蔽部材137'も示し、図1(b)は、下部及び上部インダクタコイル部の対向面を分離する典型的な誘電体410'も示す。

#### 【0006】

857特許は、添付図2(a)に例示的に開示されているように、コイルリップ124a'及び124b'上の外側指定傾斜領域を形成することによって、加工品部材の横断表面領域A'の全体と合わせて、フィレット領域B'を加熱処理するための実施例を開示する。

#### 【0007】

125特許は、断面電流制限スリットにより分離された並行配置コイル巻の組に対向コイルリップの組を位置づけ、これにより、コイル部の組間に配置された選択された加工品部材とそれに隣接する加工品部材との間のフィレット領域B'のみがそれらにより誘導加熱されることを開示する。添付の図2(b)に開示されているように、これは、コイル間部材の断面電流制限スリットSを、125特許により教示されているように、6mmから25mmの範囲で相対的に広くすることにより達成される。コイルリップ23a'及び23b'の第1の組は、スリットの一方側にあり、他方、コイルリップ23c'及び23d'の第2の組は、スリットの対向側にある。125特許に開示されているように、幅広スリットは、フィレット領域B'に対する直接誘導加熱を実現するために、磁束集中器138'により組み込まれる。

10

20

30

40

50

## 【0008】

構成加工品のフィレット領域のみの加熱処理、又はフィレット領域及び／又は構成加工品の横幅に沿う選択領域の選択的加熱処理のための125及び857特許の教示、及びフィレット及び表面領域双方の冶金焼入れは、ある程度、制限される。例えば、構成加工品がクラシックシャフトピン又は狭い（例えば、30mm幅未満）横断支持範囲を有する主ジャーナルである場合、857及び125特許の教示を利用すると、「サムネイル」程度の加熱模様C'が、各々、添付図3(a)及び図3(b)に示されるように生じる。サムネイル程度の加熱模様は、概して、幾つかの要因から望ましいものではない。第1に、フィレット領域に向かう十分な焼入れ深さを達成するため、中央の焼入れ深さが必要よりも際立つて深くなることによって、そのような加熱模様によりエネルギーが浪費されてしまう。第2に、熱吸収の増加により部品がより大きく膨張するため、そのような加熱模様により、より多くの歪が加熱部品に生じてしまう。クラシックシャフトのような複合加工品の形状を考慮すれば、より大きな金属膨張は、これに対応して、より多くの形状歪を招いてしまう。加えて、相変態温度を超えるまで加熱された金属量が増加すると、加工品部材の事前加熱された冶金と比較して異なる体積密度を結果として有するマルテンサイト、低ベイナイト、及びその他のような低温度変態構造が増加してしまう。これは、「サムネイル」模様を有する加熱処理加工品の形状／大きさ歪をも増加させる。図3(a)に示す組を有する内側及び外側能動回路コイルリップ123a'及び123b'との間の領域120'、及び図3(b)に示す組を有するコイルリップ23a'/23b'及び23c'/23d' とスリットSとの間の領域120"に導電性コイルリップが存在しない場合であっても、このサムネイル模様は生じ得る。サムネイル加熱模様は、図3(a)に示す加工品部材の中心横断領域A'1及び図3(b)に示す加工品部材の中心横断領域A'2において十分な強度の磁場を生じさせるように、内側及び外側コイルリップ組間の十分な電磁結合から生じるものである。インダクタの電磁気エンド効果に起因して、ペアリング表面の対向した横断端領域A'3において磁界強度が減じることもある。更に、加工品部材207'の両端近傍に配置された、相対的に冷たい（誘導加熱されていない）不均整に形状出しがされた平衡錘206'及び208'の存在に起因して、少なからぬ熱吸収効果が生じる；つまり、端領域A'3における誘導加熱は、加工品部材の各横断端領域から伝導し、隣接する不均整に形状出しがされた加工品部材に向かう。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0009】

【特許文献1】米国特許第6,274,857号明細書

【特許文献2】米国特許第6,859,125号明細書

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0010】

本発明のある目的は、クラシックシャフトのような複合加工品の円柱状部材の冶金加熱処理に用いられる装置及びその方法を提供することである。

## 【0011】

本発明の別の目的は、円柱状部材の横幅及びフィレット領域に亘って、複雑加工品の円柱状部材の誘導焼入れを広範に制御することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0012】

ある観点では、本発明は、金属加工品の少なくとも1つの実質的に円柱状の部材を誘導加熱処理するインダクタ組立品及び方法であり、ここでは、実質的に円柱状の部材は、不均整に形状出しがされた部材と実質的に円柱形状の部材との間にフィレットを形成するように、不均整に形状出しがされた部材の少なくとも一側面に取り付けられる。インダクタ組立品は、能動及び受動インダクタ部から構成される。能動インダクタ部は、1以上の交流電流電源に接続され、受動インダクタ部は、能動インダクタ部に磁気的に接続される。能動インダクタ部は、各々が電気的に絶縁された内側及び外側能動インダクタ部を備える。外

10

20

30

40

50

側及び内側能動インダクタ部の双方は、アーチ形コイルリップ構造が形成された隣接する部分貫通口の組を少なくとも1つ有する。すなわち、外側能動コイルリップは、外側能動インダクタ部の部分貫通口に形成され、内側能動コイルリップは、隣接して、内側能動インダクタ部の部分貫通口に形成される。受動インダクタ部は、各々が電気的に絶縁された内側及び外側受動インダクタ部を備え、これに対応する外側受動コイルリップ及び内側受動コイルリップを有する。外側及び内側能動コイルリップが、各々、外側及び内側受動コイルリップと対を為すと、誘導的に加工品部材を加熱処理可能な略円柱状の内部空間が形成される。

【0013】

リップ間磁束集中器は、加工品部材の横幅に亘って、誘導冶金焼入れ模様を制御するために、内側及び外側能動及び/又は内側及び外側受動コイル組間に配置されるかもしれない。

10

【0014】

リップ横断磁束集中器は、加工品部材の横幅に亘って誘導冶金焼入れ模様を制御するために、能動及び/又は受動コイルリップの組付近に配置されるかもしれない。

【0015】

内側及び外側能動及び受動インダクタコイル部に供給される交流電流の電気パラメーターは、加工品部材の横幅に亘って誘導冶金焼入れ模様を制御するために、各々、独立して変動されるかもしれない。

【0016】

20

本発明の他の形態においては、インダクタ組立品は、2つの能動インダクタ部間が磁気結合されていない2つの能動インダクタ部から構成されるかもしれない。

【0017】

本発明の上記及び他の側面は、本明細書及び添付請求項において説明される。

【0018】

以下に簡単に要約される添付図は、本発明を例示的に理解するためのものであり、明細書及び添付請求項において更に説明される発明を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】図1(a)及び図1(b)は、円柱状加工品部材のバンド冶金加熱処理の概念を表し、図1(a)は、図1(b)の線A-Aに沿う部分断面図である。

30

【図2(a)】図2(a)は、その全横断表面領域に亘って円柱状の加工品部材を加熱処理するための従来装置の部分断面正面図である。

【図2(b)】図2(b)は、主として円柱状加工品のフィレット領域を加熱処理する従来の装置の部分断面正面図である。

【図3】図3(a)及び図3(b)は、円柱状加工品部材の横幅に亘る、典型的、望まないサムネイル冶金加熱処理模様の部分断面図である。

【図4(a)】図4(a)は、本発明のインダクタ組立品に用いられる能動インダクタ部の一例を斜視したものである。

【図4(b)】図4(b)は、本発明のインダクタ組立品に用いられる受動インダクタ部の一例を斜視したものである。

40

【図4(c)】図4(c)は、図4(a)及び図4(b)に開示された能動及び受動インダクタ部から構成された本発明のインダクタ組立品の一例を斜視したものである。

【図4(d)】図4(d)は、対向する能動及び受動コイルリップの組間に配置された加工品部材の一例を断面視したものである。

【図5】図5(a)、図5(b)及び図5(c)は、本発明のリップ間磁束集中器の典型的な使用例を部分的に断面視したものである。図5(a)'及び図5(a)''は、誘導加熱処理工程の過程において用いられる代替瞬時電流模様を有する図5(a)の配置を部分的に断面視したものである。

【図6】図6(a)及び図6(b)は、内側及び外側能動インダクタ部の双方に同相電流を供給す

50

る2つの代替的な電源回路を模式的に示すものである。

【図7】図7(a)及び図7(b)は、180度位相がずれた電流を内側及び外側能動インダクタ部に対して供給する2つの代替的な電源回路を模式的に示すものである。

【図8】図8(a)及び図8(b)は、外側及び内側組の能動及び受動インダクタ部ごとの瞬時電流の向きを模式的に示すものである。

【図9(a)】図9(a)は、内側及び外側能動インダクタ部の電流間の電流位相制御を模式的に示すものである。

【図9(b)】図9(b)は、内側及び外側能動インダクタ部の電流間の周波数制御を模式的に示すものである。

【図10】図10(a)、図10(b)及び図10(c)は、内側及び外側能動インダクタ部の電流間の時間シフト制御を模式的に示すものである。

【図11】図11(a)から図11(d)は、図13(a)の線B-Bでの断面に示された集中器を備えるリップ横断磁束集中器の様々な適用を断面視したものである。

【図12】図12は、本発明に用いられるリップ間磁束集中器に係る非限定の一例を斜視したものである。

【図13】図13(a)は、本発明に用いられるリップ横断磁束集中器に係る非限定の一例を斜視したものである。図13(a)'及び図13(a)''は、リップ横断磁束集中器を具備及び不具備の磁束通路夫々の比較制御を表したものである。図13(b)は、本発明に用いられるリップ横断磁束集中器の他の例を斜視したものである。

【図14】図14は、受動インダクタ部のコイルリップ周辺に組み込まれた図13(a)に開示のリップ横断磁束集中器を具備した図4(c)に開示のインダクタ組立品である。

【図15】図15は、受動インダクタ部のコイルリップ周辺に組み込まれた図13(b)に開示のリップ横断磁束集中器を具備した図4(c)に開示のインダクタ組立品である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0020】

同一の数字により同一の要素が示される図を参照すると、図4(a)、図4(b)及び図4(c)には、金属加工品を作り上げる少なくとも1つの円柱状構成材の冶金加熱処理に用いられる本発明のインダクタ組立品10の非限定例が開示されている。インダクタ組立品10は、能動インダクタ部12及び受動インダクタ部32を有する。能動インダクタ部は、少なくとも1つの電源に接続され、他方、受動インダクタ部は、能動インダクタ部に電磁結合され、電源に直接接続されない。

##### 【0021】

図4(a)を主として参照すると、能動インダクタ部12は、外側能動インダクタ部14と内側能動インダクタ部16を備え、これらは、互いに電気的に絶縁されている。内側能動インダクタ部は、外側能動インダクタ部により形成された貫通口内に配置され、貫通口は、外側能動インダクタ部14に対して内側に形成されている。

##### 【0022】

外側能動インダクタ部14は、対向する第1の14a及び第2の14b外側能動コイル部の組、磁束結合領域14c、及び電力終端領域14d'及び14d''を有し、これら全ては、内側の貫通口18の周りに相互接続されている。少なくとも1つの外側能動インダクタコイル部は、図4(a)に示す開口14a'及び14b'といったような、少なくとも1つの部分貫通口を有する。各部分貫通口のアーチ形表面領域は、図4(a)のコイルリップ15a及び15bといった能動外側コイルリップを形成するように輪郭付けられ得る。以降に更に説明されるように、外側能動インダクタ部14は、電力終端領域14d'及び14d''において、少なくとも1つの電源回路に接続され得る。

##### 【0023】

内側能動インダクタ部16は、対向する第1の16a及び第2の16b内側能動コイル部の組、磁束結合領域16c、及び電力終端領域16d'及び16d''を有し、これら全ては、外側能動インダクタ部の内側の貫通口内に内側能動インダクタコイル部が配置された時に形成される内側の貫通口18周りに相互接続されている。少なくとも1つの内側能動インダクタコイル部

10

20

30

40

50

は、図4(a)に示す開口16a'及び16b'といったような、少なくとも1つの部分貫通口を有する。各部分貫通口のアーチ形表面領域は、図4(a)のコイルリップ17a及び17bといった能動内側コイルリップを形成するように輪郭付けられ得る。以降に更に説明されるように、内側能動インダクタコイル部16は、電力終端領域16d'及び16d"において、少なくとも1つの電源回路に接続され得る。

【0024】

図4(a)の配置によれば、各々対応して、外側及び内側能動コイルリップの第1組は、コイルリップ15a及び17aにより形成され、外側及び内側能動コイルリップの第2組は、コイルリップ15b及び17bにより形成される。

【0025】

外側及び内側能動インダクタ部間の電気的絶縁は、各部材間に絶縁空間20(図4(a)において破斜線にハッチングされた陰影により示される)を設けることにより達成される。一組の外側及び内側能動コイルリップにおいて少なくとも1つの対向する能動コイルリップ間の領域において、以降に更に説明されるように、少なくとも1つのリップ間磁束集中器22(図4(a)において実斜線にハッチングされた陰影により示される)が設けられる。絶縁空間20は、空気分離又は、他の適する固体又は気体絶縁材であっても良い。

【0026】

図4(b)を主として参照すると、受動インダクタ部32は、外側受動インダクタコイル部34と内側受動インダクタコイル部36を備え、これらは、互いに電気的に絶縁されている。内側受動インダクタコイル部は、外側受動インダクタコイル部34内に形成された貫通口38内に配置されている。

【0027】

外側受動インダクタ部34は、対向する第1の34a及び第2の34b外側受動インダクタコイル部の組、磁束結合領域34c(図4(b)の結合磁束集中器60bの下に隠れている)を有し、これら全ては、閉ループ電気回路を形成するべく、内側の貫通口38周りに相互接続されている。外側受動インダクタコイル部の少なくとも1つは、図4(b)に示された開口34a'と共に、開口34a'及び34b'といったような、少なくとも1つの部分貫通口を有する。各部分貫通口のアーチ形表面領域は、図4(b)において部分的に見えるリップ35aと併せて、コイルリップ35a及び35bといったような、受動外側コイルリップを形成するように輪郭付けられ得る。

【0028】

内側受動インダクタ部36は、対向する第1の36a及び第2の36b内側受動インダクタコイル部の組、磁束結合領域36c(図4(b)の結合磁束集中器60dの下に隠れている)を有し、これら全ては、外側受動インダクタ部内に形成された貫通口内に内側受動インダクタコイル部が配置された時に形成される、体積が減じられた内側の貫通口38周りに相互接続されている。内側受動インダクタコイル部の少なくとも1つは、図4(b)に示された開口36b'と共に、開口36a'及び36b'といったような、少なくとも1つの部分貫通口を有する。各部分貫通口のアーチ形表面領域は、図4(b)において部分的に見えるリップ37bと併せて、コイルリップ37a及び37bといったような、受動内側コイルリップを形成するように輪郭付けられ得る。

【0029】

図4(b)の配置によれば、各々対応して、外側及び内側受動コイルリップの第1組は、コイルリップ35a及び37aにより形成され、外側及び内側能動コイルリップの第2組は、コイルリップ35b及び37bにより形成される。

【0030】

外側及び内側受動インダクタ部間の電気的絶縁は、各部材間に絶縁空間20(図4(b)において破斜線にハッチングされた陰影により示される)を設けることにより達成される。少なくとも、一組のコイルリップにおける少なくとも1つの対向コイルリップ間の領域において、以降に更に説明されるように、少なくとも1つのリップ間磁束集中器22(図4(b)において実斜線にハッチングされた陰影により示される)が設けられる。絶縁空間20は、空

10

20

30

40

50

気分離又は、他の適する固体又は気体絶縁材であっても良い。

【0031】

図4(c)は、図4(a)及び図4(b)に開示の能動及び受動インダクタ部が、対向面間に配置された絶縁体50によって対向面間の電気的接触の隔離を保った状態で、対向面同士が互いに極めて近接した時のインダクタ組立品10を図示する。外側及び内側能動インダクタ部の対向面14f及び16fは、各々、図4(a)において、電流が流れる方向を指定する矢印が描かれた表面として特定されている；外側及び内側受動部材の対向面34f及び36fは、各々、図4(b)において、電流が流れる方向を指定する矢印が描かれた表面として特定されている。1以上の結合磁束集中器は、外側能動14及び受動34インダクタ部材用の結合磁束集中器60a及び60bとして、及び内側能動16及び受動36インダクタ部材用の結合磁束集中器60c及び60dとして描かれているように、能動及び受動インダクタ部間に磁気回路を形成するために用いられる。各集中器部材は、複層の鋼板、又は固着材料を介して互いに結合した鉄ベース又は/及びフェライトベースの微粒子群を含む粉状の磁性材料といった高透磁性の磁性材料を具備する。外側14及び内側16能動インダクタ部は、各自、電源回路、例えば、図4(c)に開示されるように、分離絶縁体92を具備したバスバー90a/90b及び91a/91b夫々を介して、直接又は間接的に接続された電力終端領域14d'/14d"及び16d'/16d"を持ち得る。

【0032】

適切に位置決めされると、能動インダクタ部の各部分開口は、受動インダクタ部の対応する部分開口に対して概して鏡像に配置される。例えば、図4(a)に開示の能動インダクタ部12では、能動外側及び内側インダクタコイル部の加工品部材開口14a'及び16a'は、各々、図4(c)に開示の概して円形開口を形成するために、図4(b)に開示の受動インダクタ部32を構成する受動外側及び内側インダクタコイル部の加工品部材開口34a'及び36b'に対して概して鏡像に配置される。加熱処理対象の構成材又はこれに隣接する平衡錘といった構成材の個別の特徴に適応するために、本発明の応用例として、正鏡像の能動及び受動インダクタ部からの逸脱も為し得る。例えば、コイルリップ37bのノッチ37b'（図4(b)）は、過加熱されるべきでない加工品の半径方向に掘削された穴を考慮して、受動コイルリップ37bのみにおいて使用され、鏡像の能動コイルリップ17bにおいて使用されない。図4(d)を参照すると、この配置では、加熱処理される円柱状加工品部材307は、周囲の組を為す能動コイルリップ15a及び17aと組を為す受動コイルリップ35a及び37aとの間の略円形の開口に配され得る。部材307の対向端に対して接続された加工品部材306及び308は、一方又は両方の端部が部材307に取り付けられる不均整形状の部材の代表例である。これらが存在するならば、外側誘導コイル部14a外に構成部材306が座している場合、構成部材308は、貫通口18及び38内に存するだろう。溝付きの又は鉄粉をベースとした、又はフェライトをベースにした1以上の側面遮蔽部材52は、選択的に、図4(d)に示すインダクタ部材のアーチ形コイル領域の周囲の能動及び/又は受動インダクタコイル部の1又は両方の外側面に配置される。リップ間磁束集中器22は、以降に更に説明するように活用されても良い。電源回路から外側及び内側能動インダクタ部への適当な交流電流の供給に応じて、能動インダクタ部12での瞬時交流電流の流れ( $I_{a1}$ 及び $I_{a2}$ )が、概して、図4(a)の矢印により示される方向となる時、受動インダクタ部32での誘導瞬時交流電流の流れ( $I_{b1}$ 及び $I_{b2}$ )は、概して、図4(b)の矢印により示される逆方向となり、そして、略円柱状加工品307は、例えば図4(c)に示す略円形開口内に配置された状態にて誘導的に加熱処理される。以下に更に説明するように、これらの電流は、加熱処理される加工品部材に所望の冶金焼入れ模様を生じさせるために、加熱処理工程の過程において、周期的に、逆方向にされ、位相シフトされ、及び/又は時間シフトされても良い。

【0033】

上述のように、本発明のインダクタ組立品のある実施形態においては、リップ間磁束集中器は、誘導的に加熱処理される略円柱状加工品部材のための冶金焼入れ模様を制御するために用いられる。図5(a)、図5(b)及び図5(c)は、本発明のリップ間磁束集中器の典型的な応用例である。簡便のため、これらの及び他の図面は、部分断面において、加工品部材307と外側15a及び内側17aコイルリップから形成された能動コイルリップの組間のインタ

10

20

30

40

50

ーフェイス領域を示す；加工品部材307と外側35a及び内側37aコイルリップから形成された受動コイルリップの組間のインターフェイス領域も好適には同様となるが、部材307周りにおいて非対称の焼入れ模様が望ましい場合を除く。典型的な非限定のリップ間磁束集中器22aは、他図に開示の線C-Cでの断面切断と併せて、図12に示されている。

【0034】

コイルリップの $W_{lip_1}$ 及び $W_{lip_2}$ の幅、リップ間分離距離 $d_{sep}$ 、及び所望の冶金焼入れ模様に依存して、リップ間磁束集中器22a、22b又は22cは、各々、図5(a)、5(b)及び5(c)に開示されているように使用し得る。リップ間磁束集中器は、組を為すコイルリップ間の総距離 $d_{sep}$ 又はその一部を占めることができる。リップ間磁束集中器は、図4(d)に図示されているように、組を為すコイルリップ間の全長 $X_1$ を延在する必要はない。概して、リップ間磁束集中器は、組を為すコイルリップの横断端から距離 $x_2$ まで延在する必要があり、これにより、コイルリップにより生成された磁束は、加熱処理される加工品部材の横断表面に隣接する同士間で分離される。リップ間磁束集中器の存在は、組を為すコイルリップ間の電磁結合を減じさせ、これにより、加熱処理される、例えば、ペアリングといった加工品部材307の中央領域A'（図5(a)）における誘導加熱が減じられる。これは、図3(a)に示し、上述した従来配置と対比を為すものである。リップ間磁束集中器と組を為すコイルリップとの組み合わせは、クランクシャフト上のジャーナルのような加工品部材の狭幅 $W_{wp}$ を加熱処理する時に特に有効である。リップ間幾何パラメーターは、加熱処理される所定の加工品部材用の組を為すコイルリップから望まれる冶金焼入れ模様に基づいて選定される。図5(a)を参照すると、これらの幾何パラメーターは、厚み $t$ 、リップ間集中器と加熱処理された加工品部材の（ペアリング）表面との間の空隙距離 $g$ 、及び／又は透磁率及び電気抵抗率といった集中器の電磁特性を含む。例えば、厚み $t$ 、は、特定用途において磁気飽和を阻止するに十分でなければならない。

【0035】

図5(a)において、加工品部材の幅 $W_{wp}$ に亘って実質的に均一な深さの焼入れ模様Aは、サムネイル模様の出現を実質的に減じるように上述の幾何パラメーターを調整することによって、焼入れ模様の幅中央における誘導力密度（熱源）を減じることにより達成される。

【0036】

図5(b)において、加工品部材の幅に亘って焼入れ模様の深さが変動した、対称の2つのロープを具備する焼入れ模様Bは、図5(a)の集中器22aの厚みよりもリップ間集中器22bの厚みを増加することにより達成され、よって、図5(b)に開示の浅い焼入れ深さとするために、焼入れ模様の幅中央における誘導力密度（熱源）が更に減じられる。

【0037】

図5(c)において、加工品部材の幅に亘って対称の2つのサムネイル模様を具備する焼入れ模様Cは、図に開示されているように幅中央領域の焼入れを排除するために、図5(b)の集中器22bの厚みよりもリップ間集中器22cの厚みを更に増加させることにより達成される。

【0038】

一般的に言えば、図5(a)から図5(c)に示すように焼入れ模様を変える場合、組を為す能動コイルリップ間の距離 $d_{sep}$ は増加し、使用されたリップ間磁束集中器の厚み $t$ も増加する。

【0039】

先行技術に対する本発明のインダクタ組立品の特段の有利点は、誘導加熱される加工品部材の横幅に亘る冶金焼入れ模様を精度高く制御するために、誘導加熱処理工程のステップの幾つか又はすべての過程において、外側及び内側能動インダクタ部に対する、電流相シフト、周波数、及び電流時間相シフトといった電流パラメーターを各自の単独又は組み合わせにて独立して変更することができる点である。

【0040】

図において、電流の瞬時方向を示すべく、慣例表記が用いられている；つまり、円中のバツは、読み手から離れて紙面に流れ込む交流電流の流れを示し、円中の点は、読み手に

10

20

30

40

50

向かって紙面（紙面に流れ込む電流から180度位相がズレている）から流れ出る交流電流の流れを示す。図5(a)、図5(b)及び図5(c)の全例は、組を為すコイルリップの双方において同一方向の瞬時電流の流れから生じた様々な焼入れ模様を図示している。これは、例えば、図6(a)又は図6(b)に開示の電源回路を活用することにより達成可能である。図6(a)では、外側能動インダクタ部に接続された電源No.1と内側能動インダクタ部に接続された電源No.2を備える2つの電力供給が活用される。他方、図6(b)においては、単一の電源が使用され、この際、選択回路94a及び94bは、外側及び内側能動インダクタ部への同一及び反対の瞬時方向間で瞬時電流の流れを制御することに用いられ、個別制御され、かつ同時に電力供給される能動リップの組15a/15b及び/又は組17a/17bへの単一の電源からの出力電流を制御することに用いられる。

10

#### 【0041】

図5(a)'は、図5(a)の配置に相当し、コイルリップ組において瞬時電流の流れが反対方向である。誘導焼入れ工程の過程において互いに逆方向の電流の流れの中でリップ間磁束集中器22aを用いることにより、コイルリップ組から形成されたコイルの電気効率が上昇し、焼入れ模様Dを生じさせるべくフィレット領域307a及び307bに向かって電流コイル密度が移動する。これは、例えば、図7(a)又は図7(b)に示す電源回路を活用することによって達成される。図7(a)では、外側能動インダクタ部に接続された電源No.1と内側能動インダクタ部に接続された電源No.2を備える2つの電力供給が活用される。他方、図7(b)においては、単一電源が使用され、この際、選択回路94a及び94bは、単一電源から外側及び内側能動インダクタ部への出力電流の制御に用いられる。

20

#### 【0042】

図5(a)''は、誘導焼入れ工程の過程において同一及び逆の瞬時方向間で瞬時電流の流れが変更される場合の図5(a)の配置により達成される別の変形結果を図示する；本方法により、部材307のフィレット領域及び全横幅が焼入れられた焼入れ模様Eが生じる。これは、例えば、図6(a)及び図7(a)、又は図6(b)及び図7(b)に示された電源回路間で交互させることによって達成される。

#### 【0043】

概して、本発明においては、内側及び外側能動インダクタ部回路間の瞬時変動電流の位相シフトは、図9(a)に図示されているようにゼロ度（上記例の同一の瞬時電流の方向を意味する）と180度（上記例の瞬時反対の電流の方向を意味する）の範囲内の任意の範囲で変動する余地がある。位相シフトは、加工品部材の横幅に亘る所望の焼入れ模様に依存して、冶金焼入れ工程過程における1以上の誘導加熱サイクルの一部の過程では、ゼロから180度の任意の範囲となり得る。

30

#### 【0044】

図9(b)に図示されているように、加工品部材の横幅に亘る焼入れ模様を制御することに作用する別のパラメーターとしては、内側及び外側能動インダクタ部における電流の周波数fを個別に調整することがある。

#### 【0045】

加工品部材の横幅に亘る焼入れ模様を制御することに作用する別のパラメーターとしては、内側及び外側能動インダクタ部における電流の時間位相を個別にシフトすることがある。図10(b)に図示されたように、ゼロ時間位相シフトは、内側又は外側能動インダクタ部回路のいずれかに排他的に電流供給することを交互するように使用され得る。他方、時間位相シフトは、どちらのインダクタ部材にも電流が流れない無入力時間帯を伴う図10(a)に開示されている正、又は双方のインダクタ部材に対して電流が流れている重複時間帯を伴う図10(c)に開示されている負のいずれかであっても良い。

40

#### 【0046】

上述のように、電流位相シフト、周波数、及び電流時間位相シフトといった電流パラメーターは、誘導加熱される加工品部材のフィレット領域を含む横幅に亘る冶金焼入れ模様を制御するために、誘導加熱処理工程のステップの幾つか又はすべての過程において、外側及び内側能動インダクタ部のために、単独又は相互の組み合わせにて、個別に変更する

50

ことができる。追加的に、本発明のある形態においては、内側及び外側コイルリップの組に関するパラメーターは、加工品部材の横幅に亘る非対称の焼入れ模様を生じさせるために、又は、隣接した不均整に形状出しされた平衡錘、フィレットの幾何形状、又は部材の加熱処理領域の開口という非限定的に例示される部材の横幅に亘る誘導加熱処理工程に影響する非対称特性を補償するために変更される。

#### 【0047】

本発明の他の実施形態においては、リップ横断磁束集中器は、単独で又は上述のリップ間磁束集中器との組み合わせにより用いられても良い。図11(a)は、リップ横断磁束集中器23aの使用を模範的に図示し、ここでは、サムネイル焼入れ模様Fが生じている。リップ横断磁束集中器は、少なくとも部分的に、能動コイルの組の横断端から間隔 $x_3$ をあけて、組となる能動コイルリップ15a及び17a内に組み込まれる。間隔 $x_3$ は、コイル電気効率を上昇するために、各リップによって生じる磁束の復路の長さを減じるように選定される。リップ横断磁束集中器23aは、概して、図13(a)に図示されたアーチ形状を取り得、適当に低いインピーダンスの磁束パスを生成することにより外部磁場の局在化を図りつつ、外側の磁路を「閉じる」。この効果は、リップ間磁束集中器を有する及び有しない図13(a)'及び13(b)'夫々において、例示的な(破線により示された)力線80a及び80bにより図示される。このようにすることにより、本発明のインダクタ組立品に付随する工具又は備品といった多種の電気的伝導特性の範囲内で生成された外部力ロスが低減される。図14は、受動コイル部32のコイルリップ組の周囲に挿入されたスロット式のリップ横断磁束集中器23aを図示する；同様のリップ横断磁束集中器は、能動コイル部12のコイルリップの周囲に挿入され得る。図13(b)には、磁束集中器が単一の磁束集中器ではなく、図15に例示されるように、受動コイル部32のコイルリップ組の周囲における別個の円柱状の磁束集中要素のアーチ形アレイであるアーチ形のリップ横断磁束集中器23bの他の例が開示されている；同様のリップ横断磁束集中器は、加工品部材が加熱処理される各開口の周囲に「リス籠」磁束集中配置を形成するように能動コイル部12のコイルリップに挿入され得る。図11(b)から図11(d)は、リップ横断磁束集中器23aとリップ間磁束集中器22との組み合わせが用いられた本発明の一例を示す。図11(a)から図11(d)に開示のリップ横断磁束補償装置23aは、コイルリップの組の間で水平に配向されているが、より一般的なリップ横断磁束集中器は、コイルリップの組の間で延在する限りにおいて、他の配向及び形状を有するかもしれない。リップ間磁束集中器のための上述の記載と同様、図11(a)から図11(d)に表示された電流の瞬時方向は、達成可能である焼入れ模様F、G、H又はI、夫々を図示する。

#### 【0048】

本発明のインダクタ組立品を活用した非限定のある方法は、米国特許No.6,274,857B1に開示された装置である。加工品又はインダクタ組立品が回転可能である装置と共に、本発明のインダクタ組立品を活用することも、本発明の範囲内である。例えば、出力シャフトが回転実装構造に対して直接又は間接的に接続されたモーターを有する適当なドライバは、インダクタ組立品又は加工品を実装するために設けられ得る。他の選択肢として、インダクタ組立品及び加工品は、別々のドライバに対して実装され、これにより、加熱処理工程中、双方が独立して回転され得る。

#### 【0049】

適当なコイルリップの輪郭出し、磁束集中器、及び絶縁材料選択に関する更なる記述は、米国特許No.6,274,857B1及び6,859,125B2中に見ることができる。

#### 【0050】

2つの実質的に閉じた開口が、加工品の2つの部材を加熱処理するため、図4(c)のインダクタ組立品に形成されているが、本発明の他例においては、加工品の1又は2以上の部材を加熱処理するために、ただ1つ、又は2以上の実質的に閉じた開口がインダクタ組立品に設けられても良い。

#### 【0051】

上述の本発明の実施例は、単に説明目的で提示されたものであり、断じて、本発明を限定的に解釈するためのものではない。様々な実施例を参照して本発明を説明してきたが、

10

20

30

40

50

ここで用いられた用語は、限定の用語というよりは、記述及び説明の用語である。特定の手段、材料及び実施形態を参照して本発明を説明したが、ここに開示された特定事項により本発明は限定されるべきものではない；むしろ、本願発明は、機能的に同等な構造、方法、及び用途の全てにまで及ぶものである。本技術分野における当業者は、本明細書の教示の利益を持って、それに対する数多くの変形例を成し遂げ、そして、本発明の範囲から逸脱することなく変形がもたらされるかもしれません。

## 【符号の説明】

## 【0052】

10	インダクタ組立品	10
12	能動インダクタ部	
14	外側能動インダクタ部	
16	内側能動インダクタ部	
14a'	開口	
14b'	開口	
14f	対向面	
16f	対向面	
18	貫通口	
32	受動インダクタ部	
34	外側受動インダクタコイル部	
36	内側受動インダクタコイル部	20
34a'	開口	
34b'	開口	
34f	対向面	
36f	対向面	
38	貫通口	

【図1(a)】

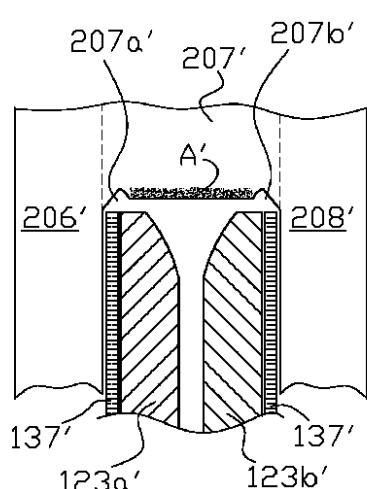


FIG. 1(a)

【図1(b)】

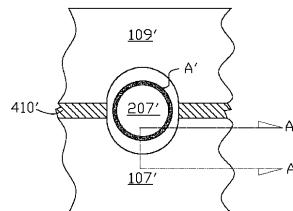
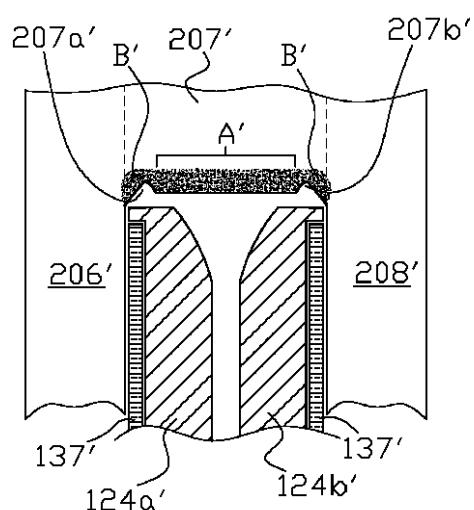


FIG. 1(b)

【図 2 ( a )】



【図 2 ( b )】

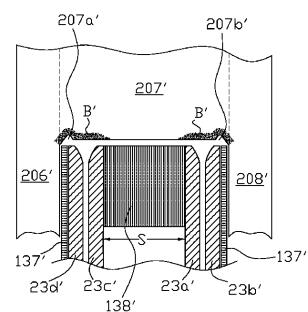
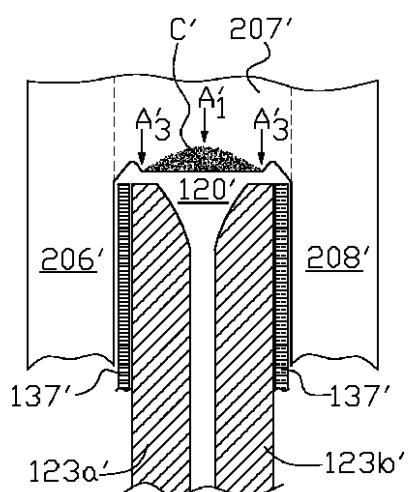


FIG. 2(b)

FIG. 2(a)

【図 3 ( a )】



【図 3 ( b )】

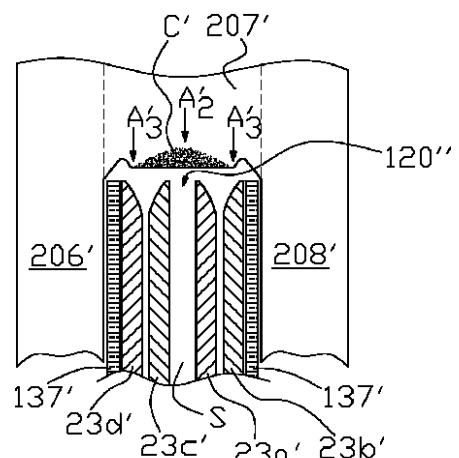


FIG. 3(b)

FIG. 3(a)

【図4(a)】

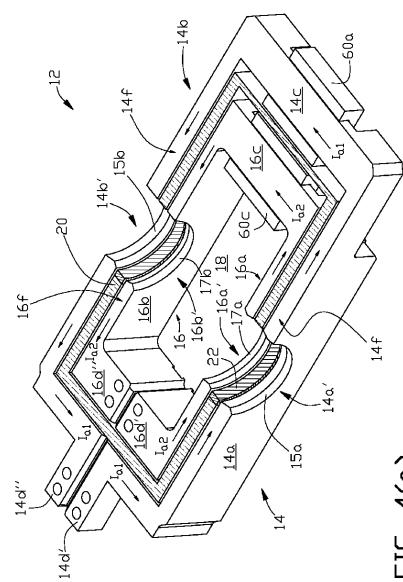
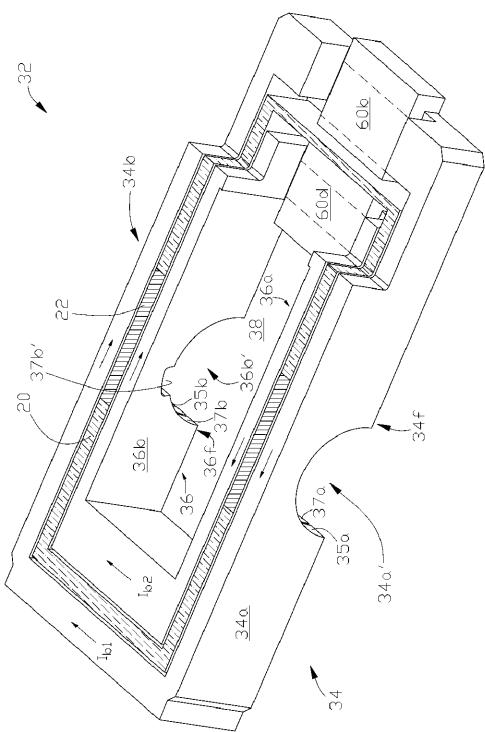


FIG. 4(a)

【図4(b)】



【図4(c)】

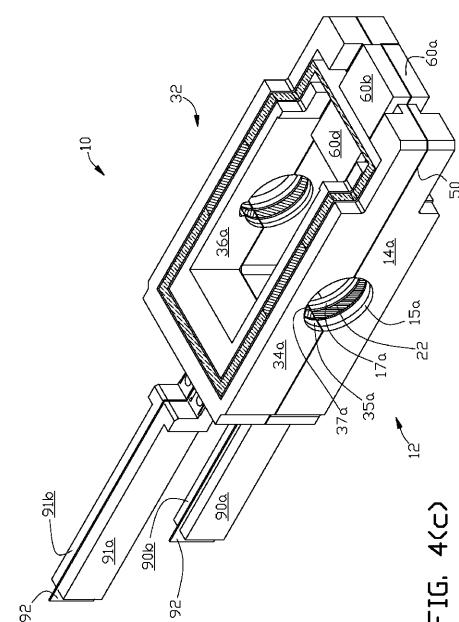


FIG. 4(c)

【図4(d)】

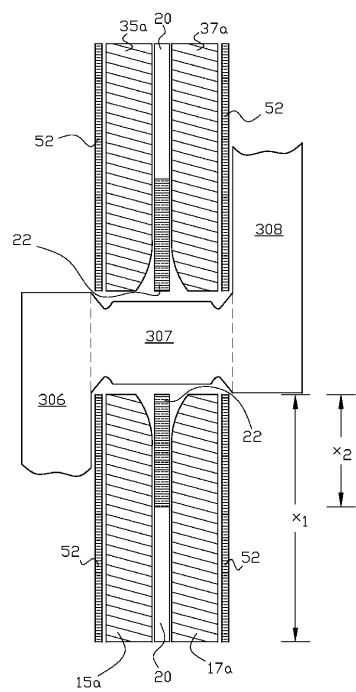


FIG. 4(d)

【図 5 ( a ) - 1】

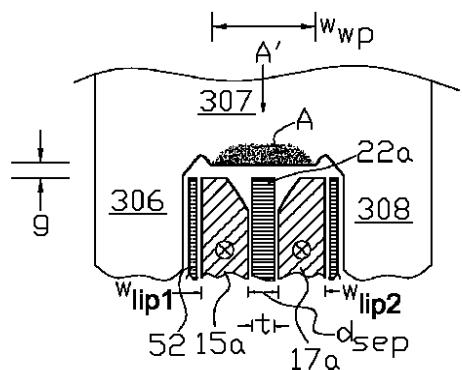


FIG. 5(a)

【図 5 ( a ) - 2】

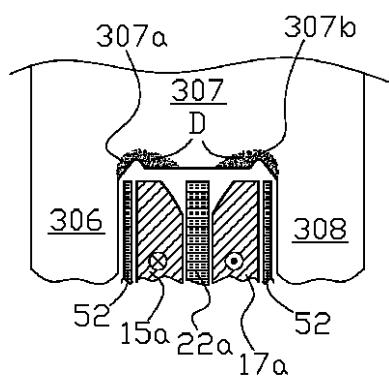


FIG. 5(a)'

【図 5 ( a ) - 3】

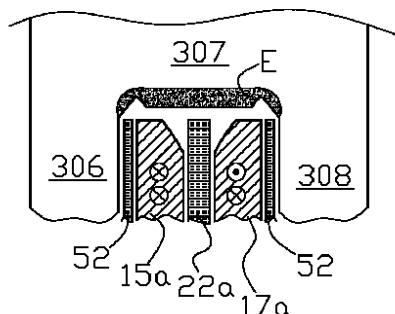


FIG. 5(a)''

【図 5 ( c )】

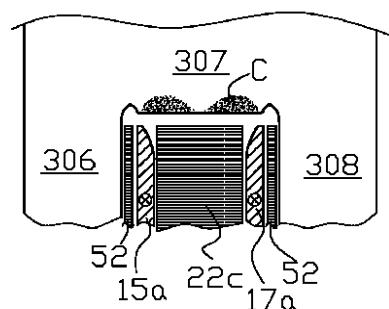


FIG. 5(c)

【図 5 ( b )】

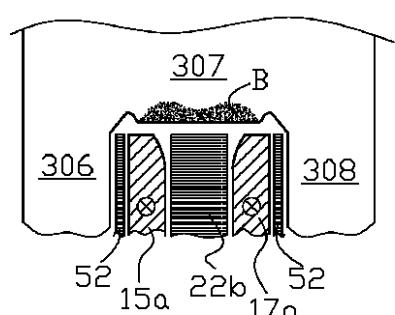
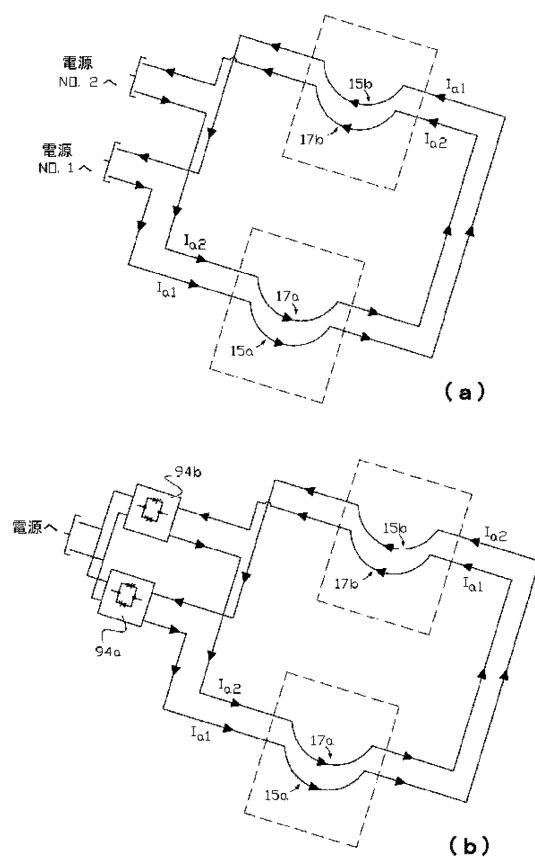
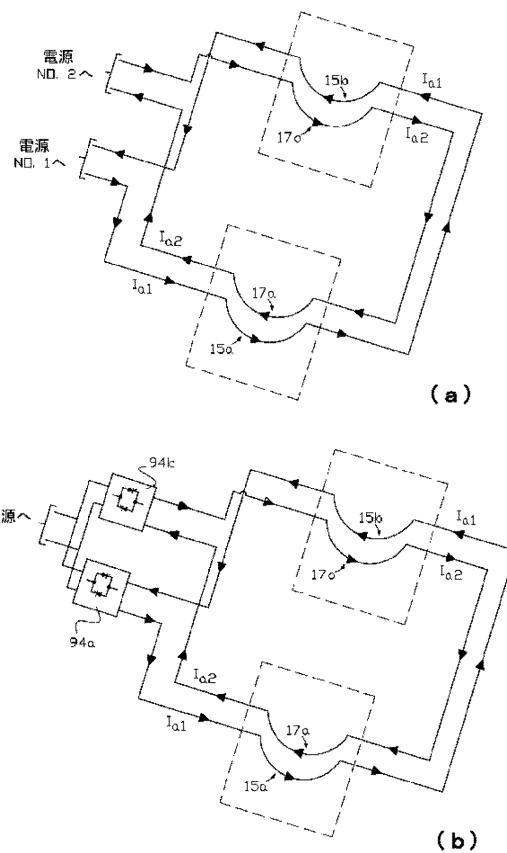


FIG. 5(b)

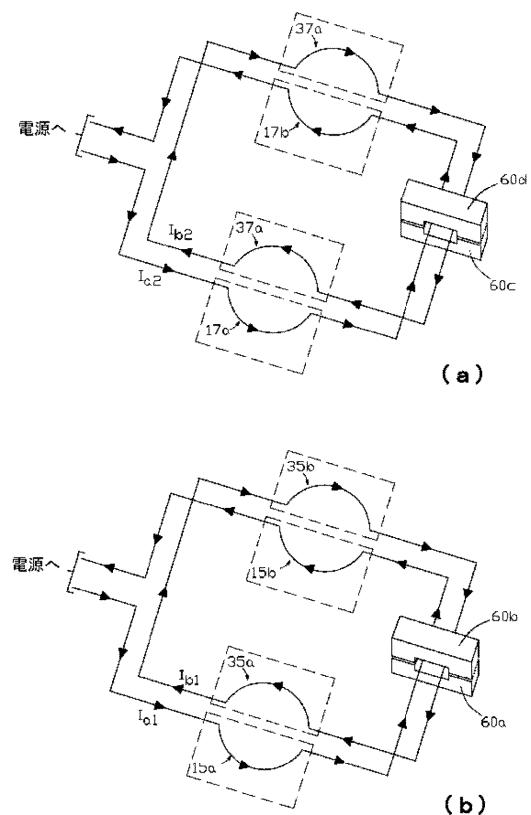
【図6】



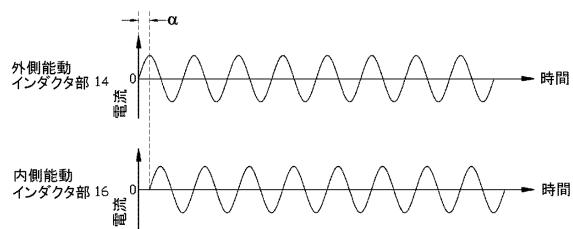
【図7】



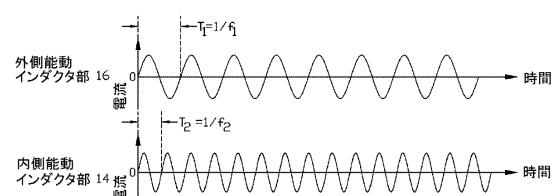
【図8】



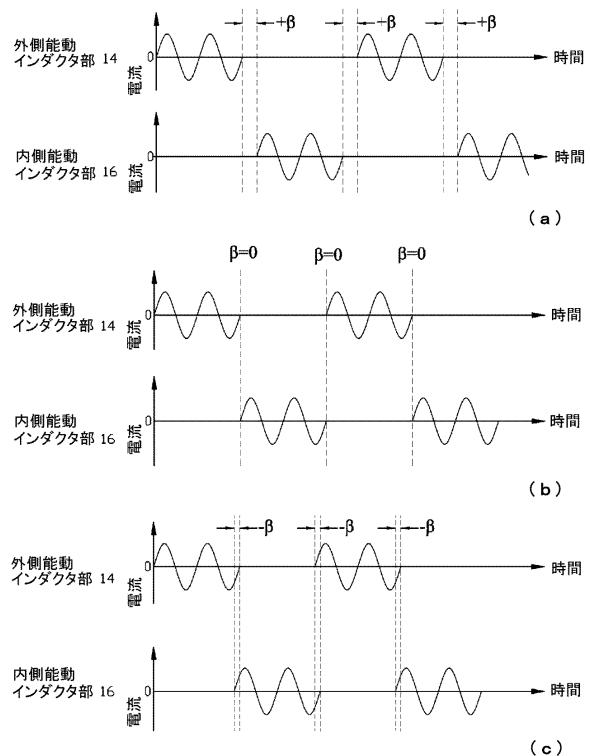
【図9 (a)】



【図9 (b)】



【図10】



【図11(a)】

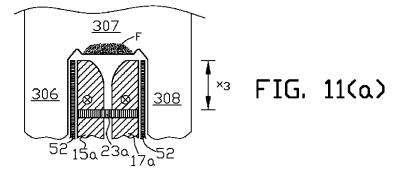


FIG. 11(a)

【図11(b)】

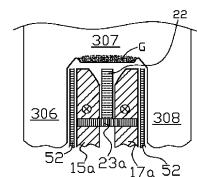


FIG. 11(b)

【図11(c)】

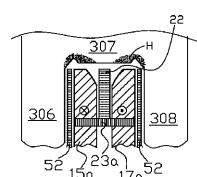


FIG. 11(c)

【図11(d)】

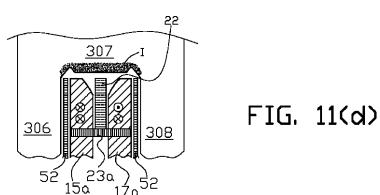


FIG. 11(d)

【図13(a)-1】

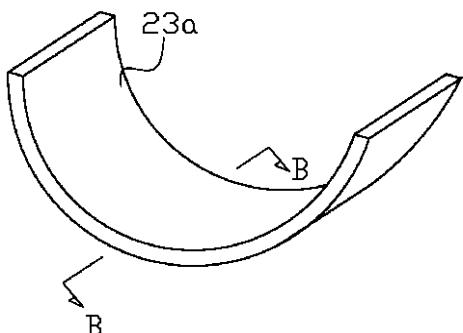


FIG. 13(a)

【図12】

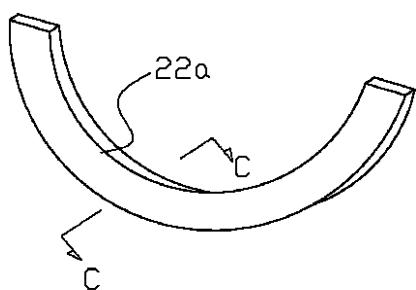


FIG. 12

【図 13(a)-2】

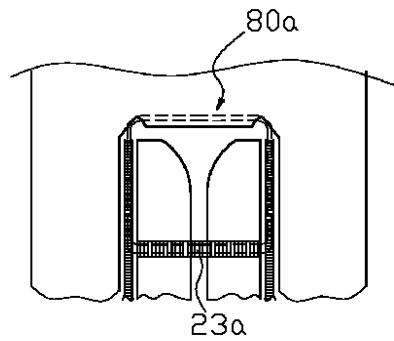


FIG. 13(a)'

【図 13(a)-3】

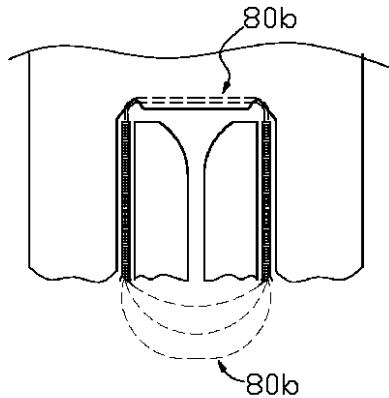


FIG. 13(a)''

【図 13(b)】

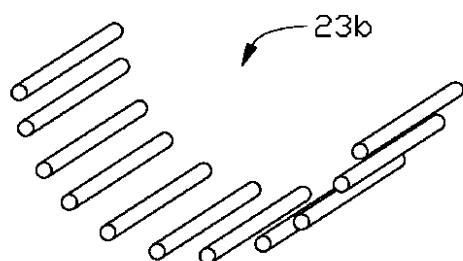


FIG. 13(b)

【図 14】

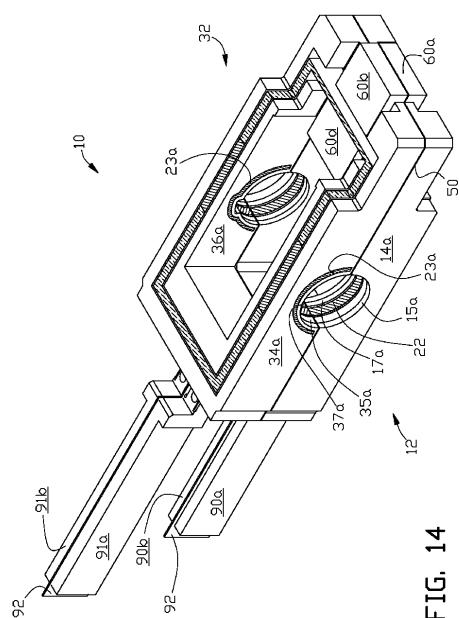


FIG. 14

【図15】

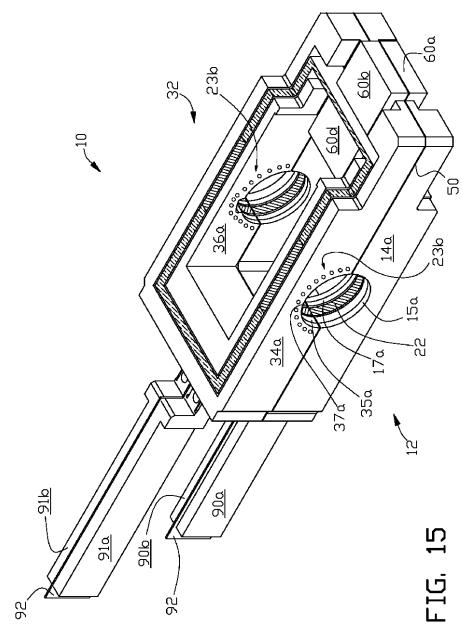


FIG. 15

---

フロントページの続き

- (72)発明者 ダグラス・アール・ブラウン  
アメリカ合衆国4 8 3 0 6 ミシガン州ロチェスター・ヒルズ、プレザント・ビュー・ドライブ2 4  
3 4
- (72)発明者 バレリー・アイ・ルードネフ  
アメリカ合衆国4 8 3 0 6 ミシガン州ロチェスター・ヒルズ、クレセント・レーン1 3 9 8
- (72)発明者 ティモシー・ジー・ブジー  
アメリカ合衆国4 8 0 7 1 ミシガン州マディソン・ハイツ、ヘフト・ドライブ3 3 9
- (72)発明者 グレンビル・コリン・デスミエル  
アメリカ合衆国4 8 3 7 5 ミシガン州ノバイ、ヒッコリー・グローブ・レーン2 3 7 1 1

審査官 長浜 義憲

- (56)参考文献 特表2 0 0 6 - 5 1 8 0 9 2 (JP, A)  
特表2 0 0 3 - 5 2 2 3 9 5 (JP, A)  
特開2 0 0 2 - 1 6 7 6 1 8 (JP, A)  
特開昭6 2 - 2 1 9 4 8 9 (JP, A)  
特開2 0 0 5 - 1 4 6 3 1 6 (JP, A)  
特開2 0 0 8 - 0 1 9 9 8 3 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

- H 0 5 B 6 / 1 0  
H 0 5 B 6 / 3 6  
H 0 5 B 6 / 4 0