

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3865734号

(P3865734)

(45) 発行日 平成19年1月10日(2007. 1. 10)

(24) 登録日 平成18年10月13日(2006. 10. 13)

(51) Int. Cl.	F I
H02K 1/18 (2006.01)	H02K 1/18 B
H02K 15/02 (2006.01)	H02K 15/02 F
H02K 21/14 (2006.01)	H02K 21/14 M

請求項の数 18 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2004-30916 (P2004-30916)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成16年2月6日(2004. 2. 6)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2005-65479 (P2005-65479A)		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成17年3月10日(2005. 3. 10)		〇番地
審査請求日	平成16年6月14日(2004. 6. 14)	(74) 代理人	100082304
(31) 優先権主張番号	特願2003-282123 (P2003-282123)		弁理士 竹本 松司
(32) 優先日	平成15年7月29日(2003. 7. 29)	(74) 代理人	100088351
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 杉山 秀雄
		(74) 代理人	100093425
			弁理士 湯田 浩一
		(74) 代理人	100102495
			弁理士 魚住 高博
		(74) 代理人	100101915
			弁理士 塩野入 章夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 モータ、及びモータ製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、
前記積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記コアは、ロータコア又はステータコアであり、前記コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、
ステータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度を所定角度として回転させて積層させ、
ロータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度を所定角度として回転させて積層させることを特徴とするモータ。

【請求項2】

電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、
前記積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記コアは、ロータコア又はステータコアであり、前記コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、
ステータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度を所定角度として一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層させ、
ロータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度を所定角度として一周期の角度範囲内において積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさ

10

20

せて積層させることを特徴とするモータ。

【請求項 3】

電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、前記積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記コアは、ロータコア又はステータコアであり、前記コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、ステータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度で当該自然数 n は $(\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n)$ がモータのスロット数に近くなる自然数となる角度を所定角度として回転させて積層させ、ロータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度であって当該自然数 n は $(\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n)$ がモータの極数に近くなる自然数となる角度を所定角度として回転させて積層させることを特徴とするモータ。

10

【請求項 4】

電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、前記積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記コアは、ロータコア又はステータコアであり、前記コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、ステータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度であって当該自然数 n は $(\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n)$ がモータのスロット数に近くなる自然数である角度を所定角度として一周期の角度範囲とし、当該角度範囲内において積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層させ、ロータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度であって当該自然数 n は $(\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n)$ がモータの極数に近くなる自然数である角度を所定角度として一周期の角度範囲内において積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層させることを特徴とするモータ。

20

【請求項 5】

電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、前記積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記コアはロータコア又はステータコアであり、前記コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、ステータコアは、少なくとも 2 つ以上の自然数 $(n_1, n_2, \dots)$ による $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } [n_1, n_2, \dots] \times 2))$ の奇数倍の角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として回転させて積層させ、ロータコアは少なくとも 2 つ以上の自然数 $(m_1, m_2, \dots)$ による $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } [m_1, m_2, \dots] \times 2))$ の奇数倍の角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として回転させて積層させることを特徴とするモータ。

30

【請求項 6】

電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、前記積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記コアはロータコア又はステータコアであり、前記コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、ステータコアは、2 つの自然数 (n_1, n_2) による $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } [n_1, n_2] \times 2))$ の奇数倍の角度であって、 $(\text{モータの極数} \times \text{自然数 } [n_1, n_2])$ がモータのスロット数に近くなる角度であり、それらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として回転させて積層させ、ロータコアは、2 つの自然数 (m_1, m_2) による $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } [m_1, m_2] \times 2))$ の奇数倍の角度であって、 $(\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } [m_1, m_2])$ がモータの極数に近くなる角度であり、それらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として回転させて積層させることを特徴とするモータ。

40

【請求項 7】

電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、

50

前記積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記コアはロータコア又はステータコアであり、前記コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、ステータコアは、少なくとも2つ以上の自然数 ($n_1, n_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots])$) の自然数倍の角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層させ、ロータコアは、少なくとも2つ以上の自然数 ($m_1, m_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2, \dots])$) の自然数倍の角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせることを特徴とするモータ。

10

【請求項8】

電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、前記積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記コアはロータコア又はステータコアであり、前記コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、ステータコアは、2つの自然数 (n_1, n_2) による ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2])$) の自然数倍の角度であって、($\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2]$) がモータのスロット数に近くなる角度であり、それらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層させ、ロータコアは、2つの自然数 (m_1, m_2) による ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2])$) の自然数倍の角度であって、($\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2]$) がモータの極数に近くなる角度であり、それらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせることを特徴とするモータ。

20

【請求項9】

前記ロータコア又はステータコアの何れか一方の角度は、他方のコアの角度分及び／又は他の手段によりコアをずらした角度分差し引いた角度であることを特徴とする、請求項1乃至8に記載のモータ。

30

【請求項10】

積層コアを備えたモータを製造するモータ製造装置において、打ち抜き用金型に対して電磁鋼板の圧延材、又は打ち抜き用金型を所定角度回転させて打ち抜く打ち抜き手段を備え、当該打ち抜き手段は、前記所定角度をコアの圧延方向を基準とし、ほぼ ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} n \times 2)$) の奇数倍の角度及び／又はほぼ ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} n \times 2)$) の奇数倍の角度、又は、ほぼ ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} n \times 2)$) の奇数倍の角度であって当該自然数 n は ($\text{モータの極数} \times \text{自然数} n$) がモータのスロット数に近くなる自然数となる角度及び／又はほぼ ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} n \times 2)$) の奇数倍の角度であって当該自然数 n は ($\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} n$) がモータの極数に近くなる自然数となる角度、又は、少なくとも2つ以上の自然数 ($n_1, n_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots] \times 2)$) の奇数倍の角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度及び／又は、少なくとも2つ以上の自然数 ($m_1, m_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2, \dots] \times 2)$) の奇数倍の角度に対

40

50

するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度

又は、

2つの自然数 (n_1, n_2) による ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2] \times 2)$) の奇数倍の角度であって、($\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2]$) がモータのスロット数に近くなる角度であり、それらの角度差が所定の設定角度範囲内となる角度及び／又は2つの自然数 (m_1, m_2) による ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2] \times 2)$) の奇数倍の角度であって、($\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2]$) がモータの極数に近くなる角度であり、それらの角度差が所定の角度範囲内となる角度

又は、

前記各角度の組において一方の角度は各角度の角度差分及び／又は他の手段によりずらした角度を差し引いた角度とし、

圧延方向を異にする複数のコアを形成することを特徴とする、モータ製造装置。

【請求項11】

積層コアを備えたモータを製造するモータ製造装置において、
打ち抜き用金型に対して電磁鋼板の圧延材、又は打ち抜き用金型を所定角度回転させて打ち抜く打ち抜き手段を備え、

当該打ち抜き手段は、前記所定角度をコアの圧延方向を基準とし、

ほぼ ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} n)$) の自然数倍の角度及び／又はほぼ ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} n)$) の自然数倍の角度、

又は、

ほぼ ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} n)$) の自然数倍の角度であって当該自然数 n は ($\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} n$) がモータの極数に近くなる自然数である角度及び／又はほぼ ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} n)$) の自然数倍の角度であって当該自然数 n は ($\text{モータの極数} \times \text{自然数} n$) がモータのスロット数に近くなる自然数である角度、

又は、

少なくとも2つ以上の自然数 ($n_1, n_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots])$) の自然数倍の角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度及び／又は、少なくとも2つ以上の自然数 ($m_1, m_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2, \dots])$) の自然数倍の角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度

又は、

2つの自然数 (n_1, n_2) による ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2])$) の自然数倍の角度であって、($\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2]$) がモータのスロット数に近くなる角度であり、それらの角度差が所定の角度範囲内となる角度及び／又は、

2つの自然数 (m_1, m_2) による ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2])$) の自然数倍の角度であって、($\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2]$) がモータの極数に近くなる角度であり、それらの角度差が所定の角度範囲内となる角度の少なくとも何れか一つの角度の所定角度とし、

当該所定角度を一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせ、

又は、

前記各角度の組において一方の角度は各角度の角度差分及び／又は他の手段によりずらした角度を差し引いた角度とし、

圧延方向を異にする複数のコアを形成することを特徴とする、モータ製造装置。

【請求項12】

前記打ち抜き用金型は順送金型であり、

前記所定角度ずらした金型を用いる複数のステーション、及び／又は前記所定角度によらない金型を用いる共通のステーションを備えることを特徴とする、請求項 10 又は 11 に記載のモータ製造装置。

【請求項 13】

前記順送金型は、1 回転当たり繰り返し数の比較的小さい形状に対して 2 種類のコアを打ち抜くステーションを備え、1 回転当たり繰り返し数の比較的大きい形状に対して 1 種類のコアを打ち抜くステーションを備えることを特徴とする請求項 10 乃至 12 の何れかに記載のモータ製造装置。

【請求項 14】

1 つの形状に対して 2 種類のステーションを備える場合、そこで打ち抜いたコアを回し、整列、積層するステーションを備えることを特徴とする請求項 10 乃至 13 の何れかに記載のモータ製造装置。 10

【請求項 15】

前記請求項 10 又は 11 に記載の所定角度だけ結晶の方位を異にする電磁鋼板を用いてコアを形成することを特徴とするモータ製造装置。

【請求項 16】

圧延方向を基準として前記請求項 10 又は 11 に記載の所定角度の半分の角度だけ結晶の方位をずらした電磁鋼板を用いて形成したコアを用い、一方のコアを裏返して積層することにより互いの結晶の方位の角度差を所定角度とすることを特徴とするモータ製造装置。 20

【請求項 17】

圧延方向を基準として前記請求項 10 又は 11 に記載の所定角度の半分の角度ずらした型または順送金型を用いてコアを形成し、一方のコアを裏返して積層することにより互いの角度差を前記所定角度とすることを特徴とするモータ製造装置。

【請求項 18】

圧延方向を基準として電磁鋼板を前記請求項 10 又は 11 に記載の所定角度の半分の角度をずらして型又は順送金型に挿入し、前記型又は順送金型により形成されたコアの内、一方のコアを裏返して積層することにより互いの角度差を所定角度とすることを特徴とするモータ製造装置。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、モータ及びモータ製造装置に関し、特にコギングトルクの低減に関する。

【背景技術】

【0002】

磁石を埋め込んだロータと、周方向に等間隔に設けたスロットを有しそのスロットに巻き線を施してコイル部を形成したステータとを備え、磁石のトルクとコイルのリラクタンストルクにより回転駆動するモータにおいて、ロータの回転時にロータが脈動するコギングトルクが発生する。 40

【0003】

ロータ内部に配置された磁石が発生する磁束がステータ側のスロットを介して閉じた磁路を形成する際、ステータとロータの回転角度における電磁吸引力の回転方向の総和は、ロータとステータとの相対位置に応じて変動する。ステータは磁気抵抗の異なるスロットとスロット開口部との繰り返しであるため、ロータの回転に伴ってロータには 1 スロットピッチを通過する際にロータの回転方向あるいは反回転方向に電磁吸引力が切り替わり、磁石の極数やスロット数に比例した周期でトルクが変動しコギングトルクが発生する。

【0004】

従来、このコギングトルクを低減するために、ロータ形状、ステータ形状、ロータやステータを形成する金型の精度の改善が図られてきている。例えば、ロータを軸方向に積層 50

する際、ロータの回転方向である周方向に等間隔にずらして配置するスキューが知られている。これは、ロータに配置された磁石の磁極がステータのスロットを通過する際の相対位置を周方向にずらすことで、各層が発生するコギングトルクの最大位置を周方向にずらすものである。また、軸方向に2段以上に分割する多段スキューも知られている。

【0005】

このようなロータ形状やステータ形状に基づくコギングトルクの低減によっても、なおコギングトルクが残存する。本発明の発明者は、このコギングトルクの要因としてロータやステータを構成する電磁鋼板の磁気異方性があることを見いだした。モータに使用されるロータコア、ステータコアは無方向性電磁鋼板で製造されるが、圧延方向に平行な方向と、圧延方向に垂直な方向とでは無方向性電磁鋼板であっても磁化特性が異なる。本発明

10

【0006】

本出願人は、特許文献1において、同期電動機の磁気異方性に起因する回転変動を解消する提案を行っている。この特許文献1では、積層ステータの磁気異方性に注目し、この磁気異方性により同期電動機のトルクリップルを低減する積層ステータの製造方法について開示している。

【0007】

しかしながら、この特許文献1が解決しようとする回転変動はトルクリップルであり、コギングトルクとは異なるものである。本発明の出願人は、この電磁鋼板の磁気異方性によるコギングトルクを低減する先行技術については、知得する限りにおいて開示すべき文献を有していない。

20

【0008】

【特許文献1】特開平10-66283号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

型により電磁鋼板のコア素材を打ち抜き、複数のコアを重ねて積層する場合、コア形状が圧延方向に対して一方向にそろうため、コアの磁気異方性が原因となってコギングトルクが発生する。前記した特許文献1が解決しようとするトルクリップルは、モータの電流を流したときに現れる現象であるのに対して、本発明で解決しようとするコギングトルクはコイルに流れる電流とは無関係であって磁石やコア形状により定まり、その発生原理を異にするものである。

30

したがって、モータの磁気異方性に起因するコギングトルクを解決しようとする課題は前記特許文献1には開示されておらず、出願人が知る限り本発明が初めてである。

【0010】

コギングトルクを低減させるために従来より用いられているスキューや段ずらしの手法は、ロータ形状やステータ形状等の形状が要因となって発生するものである。この形状により発生するコギングトルクは比較的振幅が大きなものであり、スキューや段ずらしの手法は、このような振幅の大きなコギングトルク成分を低減するために有効ではある。しかしながら、磁気異方性を要因とするコギングトルク成分を軽減することはできない。

40

【0011】

また、コアの厚みのばらつきや、金型精度のコア形状によるばらつきを平均化するために、極、スロット、外形等のピッチで積層コア全体としてほぼ等分に配置されるよう回転させながらコアを積層することも考えられるが、この等分な配置では磁気異方性によるコギングトルクを低減することはできない。

そこで、本発明は、モータにおいて、ロータやステータのコアの磁気異方性を要因とするコギングトルクを低減することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

50

本発明は、プレス加工によるコア製造時に、積層する複数のコアの圧延方向を異ならせ、積層したコアの圧延方向が揃わないようにすることで、磁気異方性を原因とするコギングトルクを低減する。このプレス加工において、コア素材となる電磁鋼板を所定角度回転させる、あるいは金型側を所定角度回転させることにより、極、スロット、外形等のピッチに依存しないようにすることができる。

【0013】

本発明の発明者は、磁気異方性によるコギングトルクはスロット数の自然数倍、極数の自然数倍の周期であることを実験により見出した。そこで、この磁気異方性によるコギングトルクの発生周期の特性に基づき、プレス加工における電磁鋼板あるいは金型の回転角度において、ロータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度で回転させて積層し、ステータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度で回転させて積層する。奇数倍の角度で回転させて積層することにより、コギングトルク同士の位相を互いに逆相として、コギングトルクを相殺させて低減させることができる。偶数倍の角度で回転させて積層した場合には、互いのコギングトルクの位相が同相となるため、コギングトルクは相殺されず低減させることができない。

10

【0014】

さらに、本発明の発明者は、実験を行うことにより、前記した自然数の内、ステータ側で $(\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n)$ がスロット数に近い周期を持つ自然数、またはロータ側で $(\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n)$ が極数に近い周期を持つ自然数の周期で主にコギングトルクが発生することを見いだした。

20

【0015】

そこで、このステータ側とロータ側における磁気異方性によるコギングトルクの発生周期の特性に基づき、プレス加工における電磁鋼板あるいは金型の所定角度を定める自然数を互いのスロット数あるいは極数に近い周期とすることによりコギングトルクの低減の相殺において高い効果を得ることができる。

【0016】

本発明は、モータ及びモータの製造装置の態様とすることができる。

本発明のモータの態様において、第1の形態は、電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、コアの圧延方向を基準として積層単位毎にほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度、又は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度を所定角度として回転させて積層させた構成とする。

30

【0017】

また、本発明のモータの態様において、第2の形態は、電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、コアの圧延方向を基準として積層単位毎にほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度、又は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度を所定角度とする一周期の角度範囲とし、当該角度範囲内において積層枚数で按分した角度、又は、この按分した角度に一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせた構成とする。

40

【0018】

上記の第1、2の形態によれば、コアを積層するに際して、各層のコアの重なりを、コアの圧延方向に対して上記の角度でずらせることにより、コギングトルク同士の位相を互いに逆相として相殺させ、モータのコギングトルクを低減させることができる。

【0019】

本発明のモータのコアは、ロータコア又はステータコアとすることができ、ロータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度を所定角度として回転させて積層し、ステータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度を所定角度として回転させて積層させる。

50

【0020】

また、ロータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度を所定角度とする一周期の角度範囲内において積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層する。一方、ステータコアは、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度を一周期の角度範囲とし、当該角度範囲内において積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層させる。

また、前記所定角度として、ロータコアについては、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度であって当該自然数 n は $(\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n)$ がモータの極数に近くなる自然数となる角度を所定角度とし、ステータコアについては、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度で当該自然数 n は $(\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n)$ がモータのスロット数に近くなる自然数となる角度を所定角度として回転させて積層させる。

10

【0021】

また、ステータコアについては、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度であって当該自然数 n は $(\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n)$ がモータのスロット数に近くなる自然数である角度を所定角度として一周期の角度範囲とし、当該角度範囲内において積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層させる。ロータコアについては、

20

【0022】

また、コアはロータコア及びステータコアとし、ロータコアとステータコアの角度の一方は、前記した角度の他方のコアの角度分、または段ずらしも行っている場合その段ずらしの角度分だけ差し引いたものとする。

【0023】

本発明のモータの第3の形態は、電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、少なくとも2つ以上の自然数 $(n_1, n_2, \dots)$ による $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } [n_1, n_2, \dots] \times 2))$ の奇数倍の角度に対するそれらの角度差、または、 $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } [n_1, n_2, \dots] \times 2))$ の奇数倍の角度に対するそれらの角度差が所定角度範囲となる角度で回転させて積層させた構成とする。

30

【0024】

ステータコアの場合には、ステータコアは、少なくとも2つ以上の自然数 $(n_1, n_2, \dots)$ による $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } [n_1, n_2, \dots] \times 2))$ の奇数倍の角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として回転させて積層させる。また、ロータコアの場合には、ロータコアは少なくとも2つ以上の自然数 $(m_1, m_2, \dots)$ による $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } [m_1, m_2, \dots] \times 2))$ の奇数倍の角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として回転させて積層させる。なお、上記で得られる2つ以上の角度に対する角度差は、これら2つ以上の角度から選択した2つの角度の角度差を意味する。以下の形態においても同様である。

40

【0025】

また、本発明のモータの第4の形態は、電磁鋼板の圧延材からなる複数のコアを積層して形成される積層コアを備え、積層コアは、少なくとも一枚のコアを積層単位とし、前記

50

コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、少なくとも2つ以上の自然数 ($n_1, n_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots])$) の自然数倍の角度に対するそれらの角度差が所定角度範囲内となる角度、又は、($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots])$) の自然数倍の角度に対するそれらの角度差が所定角度範囲内となる角度を一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせた構成とする。

【0026】

ステータコアの場合には、少なくとも2つの自然数 ($n_1, n_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots])$) の自然数倍の角度であって当該自然数 ($n_1, n_2, \dots$) が ($\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots]$) がモータのスロット数に近くなる自然数となる角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層させる。また、ロータコアの場合には、少なくとも2つの自然数 ($m_1, m_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2, \dots])$) の自然数倍の角度であって当該自然数 ($m_1, m_2, \dots$) は ($\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [m_1, m_2, \dots]$) がモータの極数に近くなる自然数となる角度に対するそれらの角度差が所定の角度範囲内となる角度を所定角度として一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせる。

【0027】

本発明のモータ製造装置は、前記した本発明のコアを作成してモータを製造するものであり、このモータ製造装置の態様の第1の形態は、積層コアを備えたモータを製造するモータ製造装置であって、打ち抜き用金型に対して電磁鋼板の圧延材を所定角度回転させて打ち抜く打ち抜き手段を備え、この打ち抜き手段は圧延方向を異にする複数のコアを形成する。

【0028】

モータ製造装置の第2の形態は、積層コアを備えたモータを製造するモータ製造装置であって、電磁鋼板の圧延材に対して打ち抜き用金型を所定角度回転させて打ち抜く打ち抜き手段を備え、この打ち抜き手段は圧延方向を異にする複数のコアを形成する。

モータ製造装置の第3の形態は、積層コアを備えたモータを製造するモータ製造装置であって、打ち抜き用金型に対して電磁鋼板の圧延材、又は打ち抜き用金型を所定角度回転させて打ち抜く打ち抜き手段を備え、打ち抜き手段は、前記所定角度をコアの圧延方向を基準として、少なくとも2つ以上の自然数 ($n_1, n_2, \dots$) に対して ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots] \times 2)$) の奇数倍の角度との角度差、または、($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots] \times 2)$) の奇数倍の角度との角度差が所定角度範囲内となる角度とし、圧延方向を異にする複数のコアを形成する。

【0029】

モータ製造装置の第4の形態は、積層コアを備えたモータを製造するモータ製造装置であって、打ち抜き用金型に対して電磁鋼板の圧延材、又は打ち抜き用金型を所定角度回転させて打ち抜く打ち抜き手段を備え、打ち抜き手段は、前記所定角度をコアの圧延方向を基準として、少なくとも2つ以上の自然数 ($n_1, n_2, \dots$) による ($360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots])$) の自然数倍の角度に対するそれらの角度差が所定角度範囲内となる角度、又は、($360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数} [n_1, n_2, \dots])$) の自然数倍の角度に対するそれらの角度差が所定角度範囲内となる角度を一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせた角度とし、圧延方向を異にする複数のコアを形成する。

【0030】

また、モータ製造装置の第5の形態は、積層コアを備えたモータを製造するモータ製造装置であって、打ち抜き用の型を複数備え、この各打ち抜き用金型により電磁鋼板の圧延方向に対して所定角度異ならせて打ち抜く打ち抜き手段を備え、この打ち抜き手段は圧延方向を異にする複数のコアを形成する。

上記の第1から5の各形態において、打ち抜き用金型は順送金型とすることができる。この順送金型は、コアを打ち抜く複数のステーションを備えた構成とし、ステーションは、電磁鋼板の圧延材に対して所定角度回転させた打ち抜き用金型を備える。

【0031】

上記第1～3の各形態において、モータ製造装置は前記した本発明のコアを作成する。10
モータはこのコアを積層することにより製造される。上記所定角度の第1の形態は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度、又は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度とすることができる。

所定角度の第2の形態は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度、又は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度を一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、按分した角度に一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせた角度とする。

【0032】

モータ製造装置は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数20
倍の角度で回転させて積層することによりロータコアを形成し、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度で回転させて積層させることによりステータコアを形成する。

また、モータ製造装置は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度を一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層することによりロータコアを形成し、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度を一周期の角度範囲とし、当該角度範囲を積層枚数で按分した角度、又は、前記按分した角度に前記一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層させることによりステータコアを形成する。30

【0033】

また、上記所定角度は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度であって当該自然数 n は $(\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n)$ がモータのスロット数に近くなる自然数である角度、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度であって当該自然数 n は $(\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n)$ がモータの極数に近くなる自然数である角度とすることができる。

【0034】

コアを回転させる段ずらしやスキューと、圧延方向に対するコアの回転とを組み合わせることにより、コア形状に起因するコギングトルクと磁気異方性に起因するコギングトルクの両方を低減させることができる。このとき、所定角度は、圧延方向に対してコアを回40
転させた角度と、形状に基づくコアの段ずらし又はスキューの角度の和とする。これによれば、ロータ形状、ステータ形状、金型精度等の形状を要因とするコギングトルクを低減すると共に、磁気異方性を要因とするコギングトルクを低減することができる。

なお、本発明の積層コアの回転角度は、前記式で定まる角度に、所定のコギングトルクの低減効果を奏することができる多少の角度幅の範囲を含むものである。

【0035】

また、本発明は、1回転で発生する2つのコギングトルクの回数成分を同時に低減することもできる。2つのコギングトルクの回数成分を低減するコアの回転角度は、各コギングトルクの回数成分に対応する回転角度について、その各奇数倍の倍数を調整することにより、奇数倍して得られた2つの角度が近くなる回転角度を求めることにより得ることが50

できる。したがって、この場合に設定される回転角度は、前記式を用いて定まる各コギングトルクの回数成分に対応する回転角度から多少角度ずれしたものとなることがある。この角度ずれによりコギングトルクを低減する効果が多少変化する場合があるが、この変化幅を所定幅内とする角度範囲に設定することにより、1回転で発生する2つのコギングトルクの回数成分を同時に低減する効果を得ることができる。

【0036】

本発明は、ロータ側の磁気異方性を要因とするコギングトルクをロータ側のコアの角度を異ならせることで低減し、ステータ側の磁気異方性を要因とするコギングトルクをステータ側のコアの角度を異ならせることで低減するものである。したがって、前記した特許文献1が磁気異方性によるトルクリップルであるのに対して、本発明は磁気異方性によるコギングトルクであり、解決しようとする要因のトルク特性が異なる。また、解決するためのコアの回転角度についても、特許文献1ではロータの極数と磁気異方性の数の最小公倍数の角度であるのに対して、本発明ではロータではステータ側のスロット数で定まる角度であり、また、ステータではロータ側の極数で定まる角度であり、角度も相違するものである。

10

【0037】

前記した特許文献1の技術は、ステータの磁気特性の異方性の数（ステータ1回転当りに発生する数）と、ロータの極数との最小公倍数がモータ1回転で発生するトルクリップル数としている。ここで、トルクリップルの周期を細かくすれば、リップルの振幅は小さくなることが経験的に知られているが、トルクリップルの周期を細かくするにはロータの極数を変える必要があり、このロータの極数を変えることによりトルクリップルを低減することは困難である。そこで、特許文献1の技術では、ステータの磁気特性の異方性の数を増やして、トルクリップルを低減している。

20

また、トルクリップルは電流を流した時に現れる現象であり、リップルが発生する要因としては、コギングトルク、逆電圧波形の乱れ、電流の乱れ等があり、これらが複合して発生すると考えられる。

【0038】

本出願人は、この要因の中でコギングトルクにつき、ロータ形状、ステータ形状の形状誤差に要因を取り除いた後、磁気異方性に起因する部分に着目し、磁気異方性に起因するコギングトルクの1回転当りに発生する回数が、（モータの極数×自然数 n ）、又は（モータのスロット数×自然数 n ）であることを実験により確認したものである。したがって、特許文献1の技術とは、1回転当たりのトルク発生回数が異なり、またその発生の原理も異なるものである。

30

なお、本発明によれば、磁気異方性が原因となるロータ、ステータの磁束分布の乱れを改善することにより、磁気異方性が原因のコギングトルクを改善すると共に、このコギングトルクに起因するトルクリップルも低減することができる。

【0039】

また、本発明のモータの製造装置において、打ち抜き用金型を順送金型とし、前記の所定角度ずらした金型を用いる複数のステーション、及び前記所定角度によらない金型を用いる共通のステーションを備える構成や、ロッド位置及び／又は外形を異にする2種類のコアを打ち抜きステーションの間に打ち抜いたコアを回すステーションを備える構成とする。

40

【0040】

順送金型においては1枚のコアを打ち抜いた後、数枚のコアをひとつにまとめてブロック状に積層する際、所定の角度、型を回転させたステーションを付け加える必要があり、従来の方法ではステーションの数が倍必要となって、順送金型の全長が長くなり、現行のプレス機でコアを打てなくなるが、上記構成の共通のステーションによりステーションの数を減らすものである。

【0041】

例えば、1回転当たり形状的に繰り返し性の高い形状であるステータ内径は円形である

50

ため任意の角度で回転させても形状に変化はなく繰り返し性が高いといえ、スロットは通常スロット数が大きく繰り返し性が高いため、打ち抜くステーションステータにおいて共通のステーションとすることができる。なお、追加のステーションが必要なのは、かしめ、ロッド、外形を抜くステーションであるが、外形が円弧の場合はステーションを共通にすることができる。ここで、所定の角度は、 $360^\circ / (\text{極数} \times \text{自然数} \times 2) \times \text{奇数倍}$ の角度または $360^\circ / (\text{スロット数} \times \text{自然数} \times 2) \times \text{奇数倍}$ の角度とすることができる。また、コアを回すステーションを設けることにより、コアを所定角度逆方向にずらして通常のコアと所定の角度回転させたコアのロッド位置や外形を整列し揃える。

【0042】

また、磁気異方性が現れるのは電磁鋼板の結晶の方位が原因である。通常は、結晶の方位の主方向（磁化容易方位）は圧延方向と一致する。その結晶の方位を所定の角度回転させることにより製造された電磁鋼板と回転させていない電磁鋼板を組み合わせることにより、型は共通で使用でき、磁気異方性が原因のコギングトルクをなくすることができる。また、その所定の角度は従来の半分の角度とし、表のコアとそれを裏返したコアを足し合わせるにより、所定の角度ずれたコアを足し合わせるにより、所定角度の角度ずれを形成する。

【0043】

ロータまたはステータの形状を圧延方向に対して、所定の角度の半分ずらした型を作成し、その型で製造したコアとそれを裏返したコアを組み合わせる。両者の角度差は所定の角度となる。この場合、ステーションの数は従来と同じになり、ステーションの数を増やすことなく磁気異方性対策を行うことができる。ステーションの数が増えると型の全長が長くなるため従来のプレス機では対応できなくなる可能性があったが、この場合はステーションの数が同じですむので問題もなく、非常に効果的である。

【0044】

ロータまたはステータの形状を型で打つにあたって、電磁鋼板を圧延方向に対して、所定の角度の半分ずらして挿入してコアを打ち、これにより製造したコアとそれを裏返したコアを組み合わせ、両者の角度差を所定の角度とする。この場合、ステーションの数は従来と同じになり、ステーションの数を増やすことなく磁気異方性対策を行うことができる。ステーションの数が増えると型の全長が長くなるため従来のプレス機では対応できなくなる可能性があったが、この場合はステーションの数が同じですむので問題もなく、非常に効果的である。

【発明の効果】

【0045】

本発明によれば、モータにおいて、ロータやステータのコアの磁気異方性を要因とするコギングトルクを低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0046】

以下、本発明の実施の形態について、図を参照しながら詳細に説明する。

図1は、本発明のモータの一構成例を説明するための図である。図1において、モータはロータ1とステータ2を備え、電磁鋼板から成るコアを積層した積層材により形成される。

【0047】

ロータ1は、複数のロータコア1aを積層して構成される。各ロータコア1aには、中心にモータの回転軸となるシャフト3を通すための開口部が形成され、モータの極数に応じた個数の磁石用穴1bが周方向に等角度で配置され、この磁石用穴1b内に永久磁石が埋設されている。また、ロータコア1aには、積層して固定するためのかしめ1eが形成されている。

【0048】

ステータ2は、複数のステータコア2aを積層して構成される。各ステータコア2aには、中心にロータ1を配置するための開口部が形成され、コイルを巻回するための複数の

10

20

30

40

50

スロット 2 b を周方向に等角度で配置されている。また、ステータコア 2 a には、積層して固定するためのかしめ 2 c が形成されている。また、ステータを固定するためのステータ固定用穴 2 d を備える。図 1 は、8 極 2 4 スロットのモータ例を示し、ロータ 1 は等角度に 8 個の極を備え、各極部分には永久磁石が配置されている。ステータ 2 は等角度に 2 4 個のスロットを備えている。

【0049】

各ロータコア 1 a 及びステータコア 2 a は、圧延された電磁鋼板（フープ材）4 を打ち抜くことにより形成される。図 2 は電磁鋼板（フープ材）の圧延方向を説明するための図である。図 2 において、巻かれた電磁鋼板（フープ材）の長さ方向（送り出し方向）は圧延方向に対して平行であり、電磁鋼板（フープ材）の幅方向は圧延方向に対して垂直である。

10

【0050】

無方向性の電磁鋼板であっても、その磁化特性は圧延方向により異なる磁化特性（磁気異方性）を有する。図 3 は無方向性電磁鋼板の磁化曲線を示しており、図中の破線は圧延方向に対して平行方向の磁化曲線を示し、図中の実線は圧延方向と垂直方向の磁化曲線を示している。図 3 に示すように、磁界強度に対する磁束密度の変化特性は圧延方向によって異なる特性を示す。したがって、ステータコアのスロットに巻回したコイルに同電流を流した場合であっても発生する磁束密度は圧延方向により異なるため、ロータに発生するトルクの大きさも異なり、コギングトルクの要因となる。

【0051】

20

本発明では、プレス加工によりモータのロータコアやステータコアを製造する際に、積層する複数のコアの圧延方向を異ならせる。これにより、積層したコアの圧延方向が揃わないようにすることで、磁気異方性を原因とするコギングトルクを低減する。このプレス加工において、積層する複数のコアの圧延方向を異ならせるために、コア素材となる電磁鋼板あるいは金型側を所定角度回転させる。この回転は、極、スロット、外形等のピッチに依存することなく行うことができる。

【0052】

本発明の出願人は、磁気異方性によるコギングトルクはスロット数の自然数倍、極数の自然数倍の周期であることを実験により見いだした。このコギングトルクの周期はスロット数や極数の自然数倍であることから、プレス加工において行う電磁鋼板あるいは金型の回転において、積層コアは少なくとも一枚のコアを積層単位とし、コアの圧延方向を基準として積層単位毎にほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度、又は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度で回転させて積層させる。

30

【0053】

ロータコアについてはほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度で回転させて積層し、ステータコアについてはほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度で回転させて積層する。

$(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ は、ロータ側の磁気異方性とモータのスロット数に起因するコギングトルクの一周期分の角度であり、 $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ は、ステータ側の磁気異方性とモータの極数に起因するコギングトルクの一周期分の角度である。また、この角度を“2”で除算して半分とすることにより一周期の半波長分の角度が得られる。

40

【0054】

ここで、前記の角度を奇数倍した角度で回転させて積層することにより、コギングトルク同士の位相を互いに逆相として、コギングトルクを相殺させて低減させる。偶数倍の角度で回転させて積層した場合には、互いのコギングトルクの位相が同相となるため、コギングトルクは相殺されず低減させることができない。

さらに、実験により、前記した自然数 n は、ステータ側では（モータの極数 $\times$ 自然数 n ）がスロット数に近い周期を持つ自然数の周期、また、ロータ側では（モータのスロット

50

数×自然数 n) が極数に近い周期を持つ自然数の周期において、主にコギングトルクが発生することが見いだされた。

以下の表はこの一例を示している。

【0055】

【表1】

極数	スロット数	ステータ側 周期 自然数 n	ロータ側 周期 自然数 n
10	12	10 $n=1$	12 $n=1$
		20 $n=2$	
8	24	24 $n=3$	24 $n=1$
8	36	32 $n=4$	36 $n=1$
		40 $n=5$	

10

【0056】

表1の例によれば、例えば、極数が10でスロット数が12の場合には、ステータ側で1回転当たり10回又は20回の周期、ロータ側で12回の周期のコギングトルクが発生する。このときの自然数 n は1, 2及び2である。また、極数が8でスロット数が24の場合には、ステータ側で1回転当たり24回の周期、ロータ側で24回の周期のコギングトルクが発生する。このときの自然数 n は3及び1である。また、極数が8でスロット数が36の場合には、ステータ側で1回転当たり32又は40回の周期、ロータ側で36回の周期のコギングトルクが発生する。このときの自然数 n は4, 5、及び1である。

20

このステータ側とロータ側における磁気異方性によるコギングトルクの発生周期の特性に基づいて、積層コアは少なくとも一枚のコアを積層単位とし、コアの圧延方向を基準として積層単位毎に、ステータコアについては、自然数 n を（モータの極数×自然数 n ）がスロット数に近くなる自然数として、ほぼ（ $360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n \times 2)$ ）の奇数倍の角度で回転させて積層し、また、ロータコアについては、自然数 n を（モータのスロット数×自然数 n ）が極数に近くなる自然数として、ほぼ（ $360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2)$ ）の奇数倍の角度で回転させて積層する。

30

【0057】

これによって、プレス加工における電磁鋼板あるいは金型の所定角度を定める自然数を互いのスロット数あるいは極数に近い周期に設定して、コギングトルクの低減の相殺において高い効果を得る。

【0058】

図4はロータの構成例である。この例では、それぞれ10枚のロータコア1aを積層してなる積層コア(1)と積層コア(2)を重ねた合計20枚の積層コアにより構成している。

積層コア(1)と積層コア(2)とは、圧延方向(図中の矢印で示す)を基準として互いに所定角度だけずれている。この角度は、ほぼ（ $360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2)$ ）の奇数倍の角度により設定される。ここでは、モータのスロット数を“24”とし、自然数 n を“1”とし、奇数倍を1倍とすることで7.5°としている。

40

【0059】

図5はコギングトルクの低減を説明するための図であり、圧延方向に対して0°ずらしたコギングトルクと圧延方向に対して7.5°ずらしたコギングトルクとは逆位相となるため、この2つにコギングトルクを足し合わせることで、合計のコギングトルクを低減させている。

【0060】

図6は、ロータのコギングトルクを説明するための図である。図6(a)に示すように

50

、コギングトルクの周期は $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ で表され、スロット数を“24”とし自然数 n を“1”とすると、一周期は 15° となり、 7.5° が半波長分の角度となる。図6(b)～図6(d)は3周期分のみを示している。図6(b)に示すコギングトルクに対して、図6(c)に示すように半波長分だけ位相をずらしたコギングトルク(破線で示す)を発生させて足し合わせると、図6(d)に示すように、互いに逆相のコギングトルクにより相殺され、合計したコギングトルクは低減される。

【0061】

図7はステータの構成例である。この例では、それぞれ10枚のステータコア2aを積層してなる積層ステータコア(1)と積層ステータコア(2)を重ねた合計20枚の積層ステータコアにより構成している。

積層ステータコア(1)と積層ステータコア(2)とは、圧延方向(図中の矢印で示す)を基準として互いに所定角度だけずれている。この角度は、ほぼ $(360^\circ / (\text{極数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度により設定される。ここでは、モータの極数を“8”とし、自然数 n を“1”とし、奇数倍を1倍とすることで 22.5° としている。

図8は、ステータのコギングトルクを説明するための図である。図8(a)に示すように、コギングトルクの周期は $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ で表され、極数を“8”とし自然数 n を“1”とすると、一周期は 45° となり、 22.5° が半波長分の角度となる。図8(b)～図8(d)は3周期分のみを示している。図8(b)に示すコギングトルクに対して、図8(c)に示すように半波長分だけ位相をずらしたコギングトルク(破線で示す)を発生させて足し合わせると、図8(d)に示すように、互いに逆相のコギングトルクにより相殺され、合計したコギングトルクは低減される。

【0062】

コギングトルクの周期は自然数 n に比例して現れる。この状態をステータのコギングトルクを例にして説明する。図9は自然数 n が“2”の場合のコギングトルクを示している。この場合には、一周期は 22.5° の角度となり、 11.25° が半波長分の角度となる。したがって、この場合には、図9(b)に示すコギングトルクに対して、図9(c)に示すように半波長分の 11.25° だけ位相をずらしたコギングトルク(破線で示す)を発生させて足し合わせると、図9(d)に示すように、互いに逆相のコギングトルクにより相殺され、合計したコギングトルクは低減される。

【0063】

図10は自然数 n とコギングトルクの周期との関係を示す図であり、図10(a)は自然数 n が“1”の場合を示し、図10(b)は自然数 n が“2”の場合を示し、図10(c)は自然数 n が“3”の場合を示している。なお、ここでは、ステータコアで発生するコギングトルクについて示している。

【0064】

また、図11はコアのずれ角度を奇数倍とすることを説明する図である。図11(a)をコギングトルクの周期例としたとき、半波長分の奇数倍だけずらすことにより、逆相のコギングトルクを形成することができる。図11(b)は奇数倍として“1”倍とした例を示し、図11(c)は奇数倍として“3”倍とした例を示している。半波長分の奇数倍だけずらした場合には、ずらした位相は同位相となるため、図11(d)に示すように低減対象のコギングトルクに対しては常に逆相の関係となり、足し合わせた場合に互いに相殺されて低減される。

一方、半波長分の偶数倍だけずらした場合には、低減対象のコギングトルクに対して同位相となり、足し合わせた場合に互いに相殺されることなく、逆に増倍されることになる。

【0065】

次に、前記したずれ角度を一周期の角度範囲とし、この角度範囲を積層枚数で按分した角度で連続スキューさせて積層する構成の態様について説明する。

以下、ロータコアを例として、図12、13を用いて説明する。

連続スキューによりコアを構成する場合には、ロータコアの場合には $(360^\circ / (\text{モ$

10

20

30

40

50

ータのスロット数 $\times$ 自然数 n))の自然数倍の角度を一周期の角度範囲とし、この角度範囲を積層枚数で按分した角度で連続スキューさせて積層する。

【0066】

図12は、スロット数を“24”、自然数 n を“1”として得られる(360°/(モータのスロット数 $\times$ 自然数 n))の自然数倍(=1)が15°の角度を一周期の角度範囲とし、この角度範囲を所定数で按分した場合を示している。ここでは、15°の周期を5等分して得られる3°の角度を単位として回転させたロータコアを形成し、これらを連続スキューさせて積層させている。図中では、0°、3°、6°、9°、12°の角度で回転させたコアの例を示している。図13は、これらのロータコアを連続スキューさせて積層させたときのコギングトルクについて示している。図13(a)～図13(e)は回転角度がそれぞれ0°、3°、6°、9°、12°のコアのコギングトルクを示している。

10

【0067】

また、前記按分した角度に一周期の角度の整数倍分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせて積層する構成の態様とすることもできる。

以下、ロータコアを例として、図14、15を用いて説明する。

ロータコアの場合にはほぼ(360°/(モータのスロット数 $\times$ 自然数 n))の自然数倍の角度を一周期の角度範囲とし、この角度範囲を積層枚数で按分した角度に一周期の整数倍の角度をずらした角度を加えて連続スキューさせて積層する。

【0068】

図14は、スロット数を“24”、自然数 n を“1”として得られる(360°/(モータのスロット数 $\times$ 自然数 n))の自然数倍(=1)が15°の角度を一周期の角度範囲とし、この角度範囲を所定数(ここでは5等分)で按分した角度3°、6°、9°、12°に一周期の整数倍の角度でずらした角度15°、30°、0°、15°を加えた角度9°、18°、27°、36°で回転させたロータコアを形成し、これらを連続スキューさせて積層させている。

20

図15は、これらのロータコアを連続スキューさせて積層させたときのコギングトルクについて示している。図15(a)～図15(e)は回転角度がそれぞれ0°、9°、18°、27°、36°のコアのコギングトルクを示している。

【0069】

また、ステータコアにおいても同様に行うことができ、ほぼ(360°/(モータの極数 $\times$ 自然数 n))の自然数倍の角度を一周期の角度範囲とし、この角度範囲を積層枚数で按分した角度で連続スキューさせて積層させたり、按分した角度に一周期の整数倍の角度分だけずらした角度を加えた角度で連続スキューさせてステータコアを形成し積層させることができる。

30

次に、コア素材から打ち抜きによるコアの作成態様について説明する。

【0070】

本発明は、打ち抜き手段により圧延方向を異にする複数のコアを形成する。

圧延方向を異にしてコアを作成する第1の態様は、打ち抜き用金型に対してコア素材である電磁鋼板の圧延材を所定角度回転させて打ち抜く。モータ製造装置は、型内の送り機構によりコア素材を回転させ、打ち抜き用金型により圧延方向を所定角度ずらせたコアを形成する。

40

【0071】

図16は、このコアの作成の第1の態様を説明するための図である。図16(a)において、コア素材の圧延方向を打ち抜き用金型に対して所定方向(所定角度)に合わせた後、打ち抜き用金型でコアを打ち抜く。図16(a)において、(a2)中の5Aは打ち抜き用金型を表している。打ち抜き用金型5Aによりロータコア1aを打ち抜いた後、図16(b)において、型内の送り機構によりコア素材を所定角度回転させ、圧延方向が揃わないようにして打ち抜き用金型でコアを打ち抜く。図16(b)において、(b2)中の打ち抜き用金型5A'は、打ち抜き用金型5Aと同一の型である。モータ製造装置は、送り機構内にコア素材を所定角度回転させて打ち抜く打ち抜き手段を備える。

50

【0072】

圧延方向を異にしてコアを作成する第2の態様は、コア素材である電磁鋼板の圧延材に対して打ち抜き用金型を所定角度回転させて打ち抜く。モータ製造装置は、型内の送り機構により打ち抜き用金型を回転させ、打ち抜き用金型により圧延方向を所定角度ずらせたコアを形成する。

【0073】

図17は、このコアの作成の第2の態様を説明するための図である。図17(a)において、コア素材の圧延方向に対して打ち抜き用金型を所定方向(所定角度)に合わせた後、打ち抜き用金型でコアを打ち抜く。図17(a)において、(a2)中の5Aは打ち抜き用金型を表している。打ち抜き用金型5Aによりロータコア1aを打ち抜いた後、図17(b)において、型内の送り機構により打ち抜き用金型を所定角度回転させ、圧延方向が揃わないようにして打ち抜き用金型でコアを打ち抜く。図17(b)において、(b2)中の打ち抜き用金型5A'は、打ち抜き用金型5Aと同一の型である。モータ製造装置は、送り機構内に金型を所定角度回転させて打ち抜く打ち抜き手段を備える。

10

【0074】

圧延方向を異にしてコアを作成する第3の態様は、コア素材である電磁鋼板の圧延材に対して角度を異にする打ち抜き用金型を複数用意し、これら複数の金型により角度を異にするコアを打ち抜く。モータ製造装置は、圧延材に対して角度を異にする打ち抜き用金型を複数備える。

【0075】

20

図18は、このコアの作成の第3の態様を説明するための図である。図18(a)において、コア素材の圧延方向に対して打ち抜き用金型を所定方向(所定角度)に合わせた後、打ち抜き用金型でコアを打ち抜く。図18(a)、(b)において、(a2)、(b2)中の5A及び5Bは打ち抜き用金型を表している。打ち抜き用金型5A及び5Bは、それぞれロータコア1aを打ち抜き、圧延方向に対して所定角度分だけずれたロータコア1aを形成する。

【0076】

また、コアの作成において、所定角度分の半分の角度だけずらして形成したコアを組み合わせる構成とすることもできる。

【0077】

30

図19は、この所定角度分の半分の角度ずれを有するコアを作成する第1の態様であり、ロータまたはステータの形状を圧延方向に対して、所定の角度の半分ずらした型を作成し、その型で製造したコアとそれを裏返したコアを組み合わせる例である。

【0078】

図19において、コア素材の圧延方向に対して所定角度分の半分の角度だけずらした打ち抜き用金型を備える。この打ち抜き用金型に対してコア素材を挿入してコアを打ち抜く。図19において5Aは打ち抜き用金型を表しており、所定角度分の半分の角度だけ角度ずれして形成され、打ち抜かれたロータコア1aは、圧延方向に対して所定角度分の半分の角度だけずれる。

【0079】

40

この積層コアの作成において、複数のコアの一方を反転させて裏返して組み合わせる。これにより、積層されたコアの角度ずれ分は所定角度分となる。

【0080】

また、図20は、この所定角度分の半分の角度ずれを有するコアを作成する第2の態様であり、型あるいはコア素材を圧延方向に対して所定角度分の半分の角度だけずらして打ち抜きを行い、これにより製造されたコアとそれを裏返したコアを組み合わせる。

【0081】

図20において、コア素材の圧延方向に対してコア素材4aを所定角度分の半分の角度だけずらしてコアの打ち抜きを行う。図20において5Aは打ち抜き用金型を表しており、コア素材4aを圧延方向に対して角度ずれさせ挿入させてコアの打ち抜きを行う。打ち

50

抜かれたロータコア 1 a は、圧延方向に対して所定角度分の半分の角度だけずれる。

【0082】

この積層コアの作成において、複数のコアの一方を反転させて裏返して組み合わせる。これにより、積層されたコアの角度ずれ分は所定角度分となる。

【0083】

次に、順送金型によるロータコアとステータコアの打ち抜きについて説明する。順送金型は、打ち抜き用の素材であるフープ材の進行方向に対して複数のステーションを設け、各ステーションにおいて金型により打ち抜きを行う。図 2 1 は従来の順送金型によるロータコアとステータコアの打ち抜きを説明する図である。

【0084】

10

図 2 1 において、1 番目のステーション A にはロータコアを打ち抜くための金型を配置し、2 番目のステーション B にはステータコアを打ち抜くための金型を配置する。この順送金型により、1 番目のステーション A でロータコアを打ち抜き、2 番目のステーション B でステータコアを打ち抜くことで、ロータコアとステータコアが順に作成される。型全体でみると、1 回の打ち抜きで同時に 1 枚のロータコアとステータコアが作成されることになる。これにより、ロータコアとステータコアを別々に打ち抜く場合より、単位時間当たりのコアの作成数は 2 倍となる。なお、電磁鋼板のフープ材 4 にはパイロット穴 6 が設けられ、位置合わせに用いることができる。

【0085】

なお、上記説明では、一つのステーションでロータコア及びステータコアを作成しているが、コアの各部分毎にステーションを設けて複数のステーションを構成することもできる。例えば、ロータコアでは、シャフト穴打ち抜きの工程で 1 ステーションを構成し、磁石穴打ち抜きの工程で 1 ステーションを構成し、ロータ外形打ち抜きの工程で 1 ステーションを構成する。また、ステータコアでは、ステータ内径打ち抜きの工程で 1 ステーションを構成し、スロット打ち抜きの工程で 1 ステーションを構成し、ステータ固定穴打ち抜きの工程で 1 ステーションを構成し、ステータ外形打ち抜きの工程で 1 ステーションを構成する。

20

以下、本発明を上記した順送金型に適用した例について説明する。

【0086】

図 2 2 は順送金型の適用例を説明するための図である。この適用例では、電磁鋼板のフープ材 4 の移動方向に沿って 3 つのステーション A, B, C が設けられる。1 番目のステーション A には 0 ° 回転のロータコアを打ち抜く金型が設けられ、2 番目のステーション B には 7. 5 ° 回転したロータコアを打ち抜く金型が設けられ、3 番目のステーション C にはステータコアを打ち抜く金型が設けられる。

30

【0087】

フープ材 4 は順送金型に対してステーション幅間隔で送られ挿入される。順送金型による打ち抜きは、2 つの段階により行われる。第 1 の段階では、1 番目のステーション A において 0 ° 回転のロータコアを打ち抜き、2 番目のステーション B ではロータコアの打ち抜きを行わず、3 番目のステーション C においてステータコアを打ち抜く。これにより、0 ° 回転のロータコアとステータコアが作成される。

40

【0088】

第 2 の段階では、1 番目のステーション A ではロータコアの打ち抜きを行わず、2 番目のステーション B において 7. 5 ° 回転したロータコアを打ち抜き、3 番目のステーション C においてステータコアを打ち抜く。これにより、7. 5 ° 回転のロータコアとステータコアが作成される。なお、第 1 の段階及び第 2 の段階において、いずれのステーションにおいて打ち抜き動作を行うか行わないかは、図示しない制御装置により制御することができる。

【0089】

上記の順送金型により、フープ材の圧延方向に対して 0 ° 回転のロータコアと 7. 5 ° 回転のロータコアとステータコアが順に作成される。作成されたロータコアを整列させて

50

積層させ、またステータコアを積層させることによりモータのコアを作成することができる。

【0090】

上記した順送金型の適用例によれば、型のステーション数は増加するが、単位時間当たりのコア作成数は従来と同等とすることができ、生産性を維持したままで圧延方向に対して異なる角度のロータコアを作成することができる。

次に、ロータコア及びステータコアについて、ロータコアの段ずらしとステータコアの圧延方向に対する回転とを組み合わせるモータを構成する例について、図23を用いて説明する。

【0091】

図23は8極24スロットの例を示している。8極24スロットでは、コア形状の対称性から1回転で24回（15°周期）の成分を含むコギングトルクが発生する。そこで、ロータコアの形状を回すことにより7.5°の段ずらしを行って24回成分のコギングトルクを低減する。

この場合、磁気異方性により1回転で8回の周期で発生するコギングトルク成分を低減するために、ステータコアを圧延方向に対して回転させる。このステータコアの回転角度は、8回周期に対する回転角度は22.5°であるが、ロータコアの形状回しによる回転分を差し引いて、圧延方向に対して15°とする。これにより、コア形状に起因する24回成分のコギングトルクと、磁気異方性に起因する8回成分のコギングトルクの両方を低減することができる。なお、ロータコアの段ずらしの他に、スキューを適用することもできる。

これによれば、ロータ形状、ステータ形状、金型精度等の形状を要因とするコギングトルクを低減すると共に、磁気異方性を要因とするコギングトルクを低減することができる。

【0092】

前記説明では、積層するコアの角度を（360°／（モータの極数×自然数n×2））の奇数倍、又は、（360°／（モータのスロット数×自然数n×2））の奇数倍で定まる一つの角度で説明し、1回転で発生するコギングトルクについて一つの回数成分のみを低減する例を示しているが、本発明は、1回転で発生するコギングトルクについて複数の回数成分について低減する構成とすることもできる。

【0093】

例えば、1回転で16回（モータの極数8、自然数2）発生するコギングトルクの成分を低減する場合には、上記角度式から積層するコアの角度は11.25°の奇数倍となる。また、1回転で24回（モータの極数8、自然数3）発生するコギングトルクの成分を低減する場合には、上記角度式から積層するコアの角度は7.5°の奇数倍となる。上記説明から、それぞれ11.25°の奇数倍の角度とすることにより1回転あたり16回のコギングトルク成分を低減することができ、7.5°の奇数倍の角度とすることにより1回転あたり24回のコギングトルク成分を低減することができる。

【0094】

ここで、11.25°の奇数倍の角度と7.5°の奇数倍の角度が近くなる角度を求めると、例えばそれぞれ33.75°と37.5°となる。そこで、この両者の角度に近い例えば36°の前後の角度を設定することにより、上記角度式で得られた角度の奇数倍の角度にほぼ近い角度とすることができる。

したがって、本発明では、上記角度式で定まる角度の奇数倍の角度に多少の角度幅を含ませた角度とすることにより、1回転で発生するコギングトルクについて複数の回数成分について低減する構成とすることができる。

【0095】

また、本発明の積層コアの回転角度は、ほぼ（360°／（モータの極数×自然数n×2））の奇数倍の角度、又は、ほぼ（360°／（モータのスロット数×自然数n×2））の奇数倍の角度であって、（360°／（モータの極数×自然数n×2））の奇数倍の

10

20

30

40

50

角度、又は、 $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n \times 2))$ の奇数倍の角度に角度幅を含む角度である。

【0096】

この角度幅は、上記したように1回転で発生するコギングトルクについての複数の回数成分に対応するための角度幅の他に、実際の磁気特性の分布から、式上で定まる角度に対して多少の角度の広がりを含む角度であっても所定の低減効果を奏することができる角度幅を含むものである。

したがって、本発明の積層コアの回転角度は、前記式で定まる角度に、所定のコギングトルクの低減効果を奏することができる多少の角度範囲を含むものである。

【0097】

また、連続スキューを行う場合も同様である。前記説明では、積層するコアの角度を $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度範囲、又は、 $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度範囲で連続スキューを行うことを説明し、1回転で発生するコギングトルクについて一つの回数成分のみを低減する例を示しているが、本発明は、1回転で発生するコギングトルクについて複数の回数成分について低減する構成とすることもできる。

【0098】

例えば、1回転で16回（モータの極数8、自然数2）発生するコギングトルクの成分を低減する場合には、上記角度範囲は 22.5° となる。また、1回転で24回（モータの極数8、自然数3）発生するコギングトルクの成分を低減する場合には、上記角度範囲は 15° となる。上記説明から、それぞれ 22.5° の自然数倍の角度範囲とすることにより1回転あたり16回のコギングトルク成分を低減することができ、 15° の自然数倍の角度とすることにより1回転あたり24回のコギングトルク成分を低減することができる。

【0099】

ここで、 22.5° の自然数倍の角度と 15° の自然数倍の角度が近くなる角度を求めると、例えばそれぞれ 45° と 45° となる。そこで、この場合、両者の角度において等しい値が得られたが、一般には一致する角度は得られず、両者の角度の前後の角度を設定することにより、上記角度式で得られた角度範囲の自然数倍の角度にほぼ近い角度とすることができる。

したがって、本発明では、上記角度式で定まる角度範囲の角度に多少の角度幅を含ませた角度とすることにより、1回転で発生するコギングトルクについて複数の回数成分について低減する構成とすることができる。

【0100】

また、本発明の積層コアの連続スキュー角度範囲は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度、又は、ほぼ $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度であって、 $(360^\circ / (\text{モータの極数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度、又は、 $(360^\circ / (\text{モータのスロット数} \times \text{自然数 } n))$ の自然数倍の角度に角度幅を含む角度である。

【0101】

この角度幅は、上記したように1回転で発生するコギングトルクについての複数の回数成分に対応するための角度幅の他に、実際の磁気特性の分布から、式上で定まる角度に対して多少の角度の広がりを含む角度であっても所定の低減効果を奏することができる角度幅を含むものである。

したがって、本発明の積層コアの回転角度は、前記式で定まる角度に、所定のコギングトルクの低減効果を奏することができる多少の角度範囲を含むものである。

また、磁気異方性の要因として電磁鋼板の結晶の方位がある。上述した本発明の各構成は、この電磁鋼板の結晶の方位により生じる磁気異方性の低減にも適応することができる。例えば、結晶の方位を所定の角度回転させることにより製造された電磁鋼板と、回転させていない電磁鋼板を組み合わせることにより、共通の型を使用して電磁鋼板の結晶の方

10

20

30

40

50

位による磁気異方性が原因のコギングトルクを低減させる他、所定角度又はその半分の角度分だけずらした打ち抜き型を用いたり、打ち抜き型やコア素材を所定角度又はその半分の角度分だけ角度ずれさせて打ち抜きを行い、作成されたコアを重ね合わせることで、結晶の方位による磁気異方性を低減させコギングトルクを低減させることができる。

順送金型によりコアを作成する場合において、磁気異方性が原因のコギングトルクを低減する為に所定角度分だけ型を回転させるには、通常は倍の個数のステーションが必要になる。ステーションの個数の増加は、順送金型の全長が長くなり、一般的なプレス機ではコアを打つことができない。そこで、型の回転が不要なステーションについては共通にしてステーションの数を減らすことができる。

【0102】

繰り返し性の大きい形状は、図1の例ではスロットとシャフト穴であり、スロットは1周当り24回の繰り返しであり、シャフト穴は任意の位置で重なるため1周当り無限大である。スロットに関しては形状の繰り返し性から360/24の自然数倍の角度(15, 30, 45, ..., 345, 360度)で回して積むことができる。この角度と磁気異方性をキャンセルする所定の角度(例えば360/8極/n=4/2)の奇数倍(5, 62.5, 16.875, ...)の中で近いのは15度と16.875度である。つまり、スロットを15度回転させれば、所定の角度ずらすこととほぼ等しくなる。この場合、同じ一つの型でスロットを打ち抜き、15度回したスロット(コア)と0度のままのスロット(コア)を積むことにより磁気異方性の対策とすることができる。シャフト穴は繰り返し数が無限大と考えられるので同様である。

【0103】

繰り返し性の小さい形状は、図1の例ではステータ外形とロッド穴であり、ステータ外形は1周当り8回の繰り返しであり、ロッド穴は1周当り4回の繰り返しである。この場合、ステータ外形の場合、360/8の自然数倍の角度(45, 90, ..., 360度)となり、磁気異方性をキャンセルする角度に近い角度を得ることができない。そこで、繰り返し性の小さい形状に対してはステーションを2つ用意して磁気異方性の対策とする。

【0104】

また、順送金型においては1枚のコアを打ち抜いた後、数枚のコアをひとつにまとめてブロック状になるように積層する。このままでは通常のコアと所定の角度回転させたコアとで外形形状が揃ったコアができてこないため、ロッド位置または外形を揃えるためにコアを回すステーションも追加する。なお、その角度は上記の角度で向きは逆である。1つの形状に対して2種類のステーションを備える場合、そこで打ち抜いたコアを回し、整列、積層するステーションを備える。

【産業上の利用可能性】

【0105】

本発明の技術は、モータや発電機等の回転電機に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0106】

【図1】本発明のモータの一構成例を説明するための図である。

【図2】電磁鋼板(フープ材)の圧延方向を説明するための図である。

【図3】無方向性電磁鋼板の磁化曲線を示す図である。

【図4】ロータの構成例を示す図である。

【図5】コギングトルクの低減を説明するための図である。

【図6】ロータのコギングトルクを説明するための図である。

【図7】ステータの構成例を示す図である。

【図8】ステータのコギングトルクを説明するための図である。

【図9】自然数nが“2”の場合のコギングトルクを示す図である。

【図10】自然数nとコギングトルクの周期との関係を示す図である。

【図11】コアのずれ角度を奇数倍とすることを説明する図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】連続スキューによるコアの作成を説明するための図である。

【図 1 3】連続スキューによるコアの作成を説明するための図である。

【図 1 4】連続スキュー（準ずる角度）によるコアの作成を説明するための図である。

【図 1 5】連続スキュー（準ずる角度）によるコアの作成を説明するための図である。

【図 1 6】圧延方向を異にしてコアを作成する第 1 の態様を説明するための図である。

【図 1 7】圧延方向を異にしてコアを作成する第 2 の態様を説明するための図である。

【図 1 8】圧延方向を異にしてコアを作成する第 3 の態様を説明するための図である。

【図 1 9】所定角度分の半分の角度ずれを有するコアを作成する第 1 の態様を説明するための図である。

【図 2 0】所定角度分の半分の角度ずれを有するコアを作成する第 2 の態様を説明するための図である。 10

【図 2 1】従来の順送金型によるロータコアとステータコアの打ち抜きを説明するための図である。

【図 2 2】順送金型の適用例を説明するための図である。

【図 2 3】ロータコアの段ずらしとステータコアの圧延方向に対する回転とを組み合わせたモータ構成を説明するための図である。

【符号の説明】

【0107】

1 ロータ

1 a ロータコア

1 b 磁石用穴

1 c シャフト用穴

1 d 磁石用穴

1 e かしめ

1 A, 1 B, 1 C 積層コア

2 ステータ

2 a ステータコア

2 b スロット

2 c かしめ

2 d ステータ固定用穴

2 A, 2 B, 2 C 積層ステータコア

3 シャフト

4 電磁鋼板（フープ材）

4 a, 4 b コア素材

5 型

5 a シャフト用穴

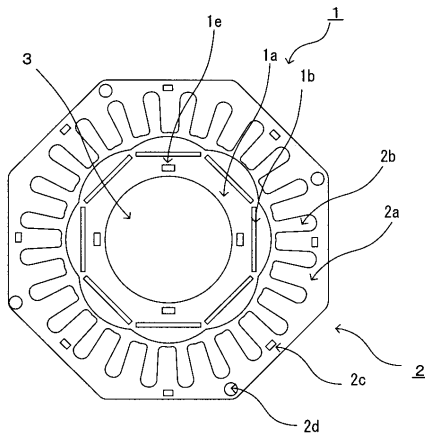
5 b 磁石用穴

6 パイロット穴

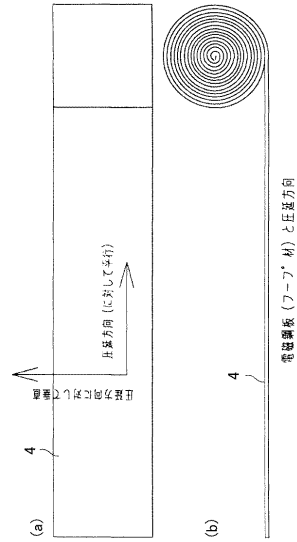
20

30

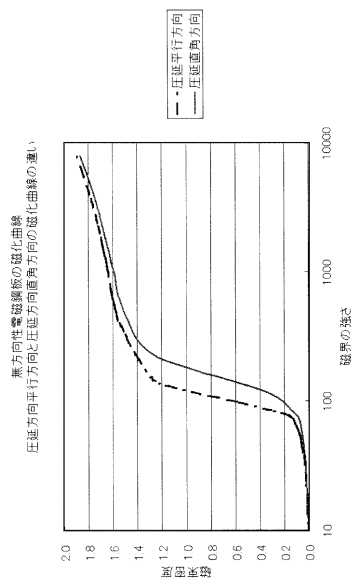
【図 1】



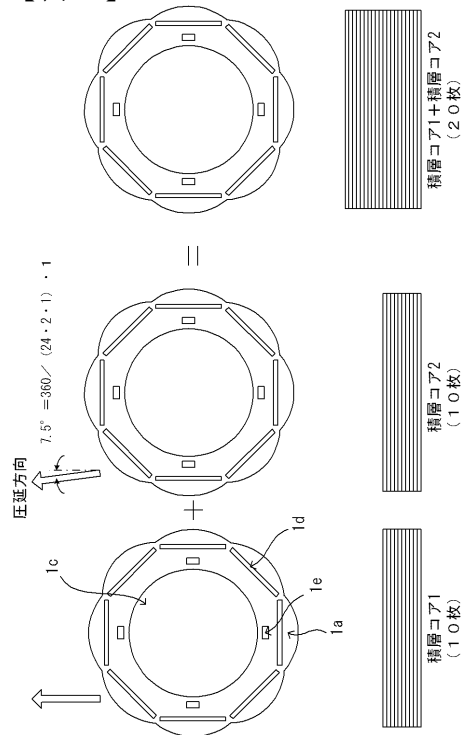
【図 2】



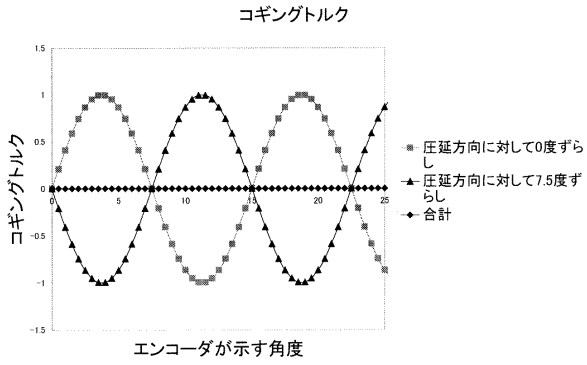
【図 3】



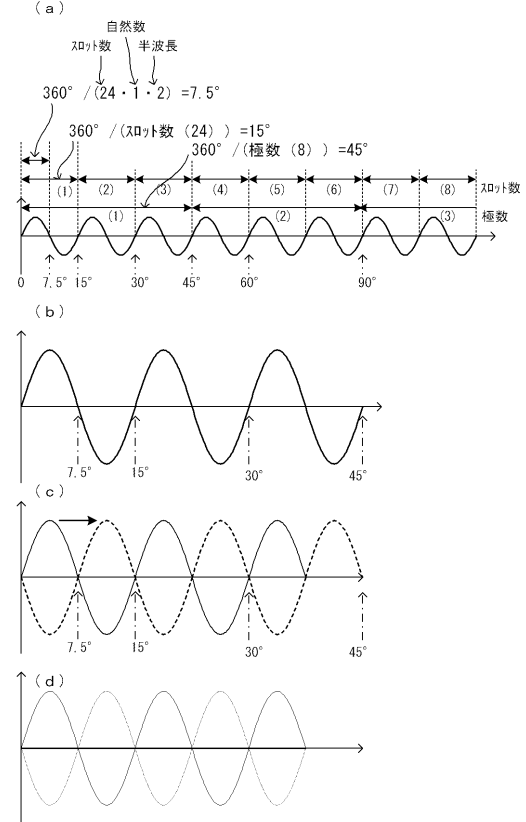
【図 4】



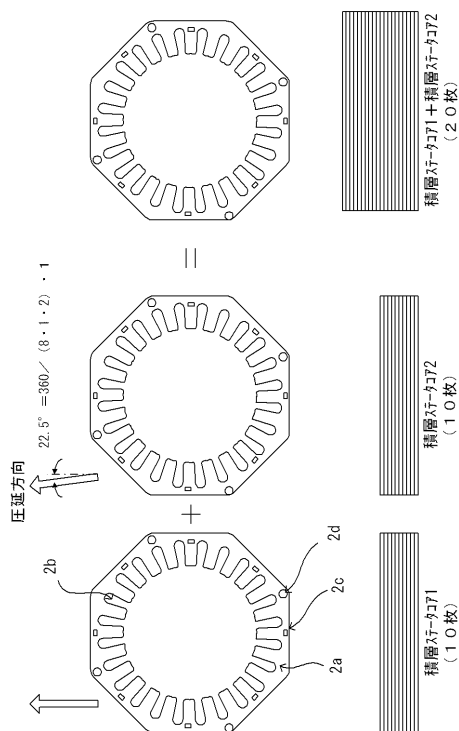
【図 5】



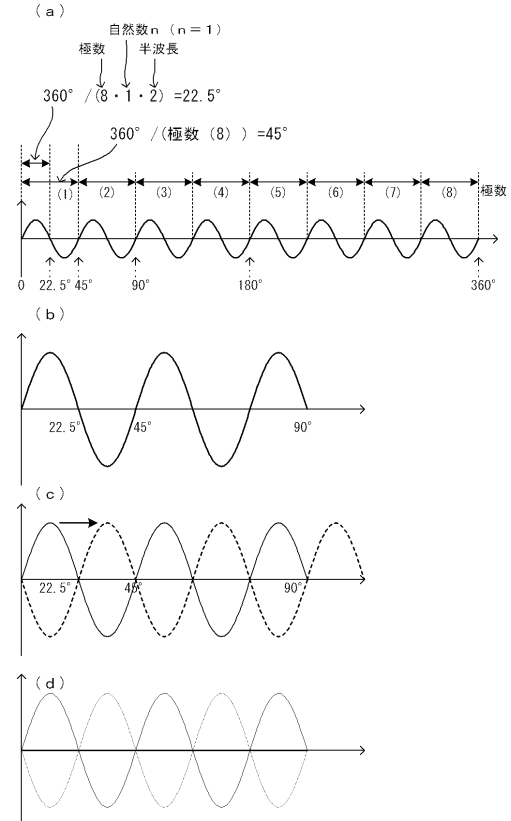
【図 6】



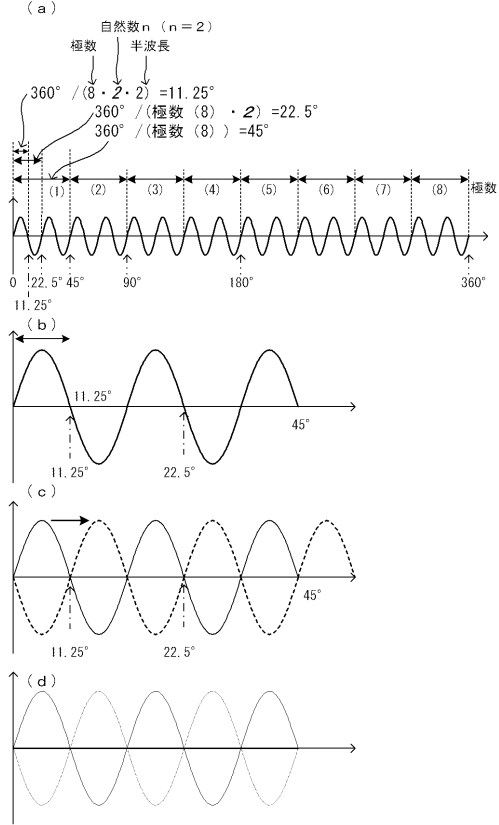
【図 7】



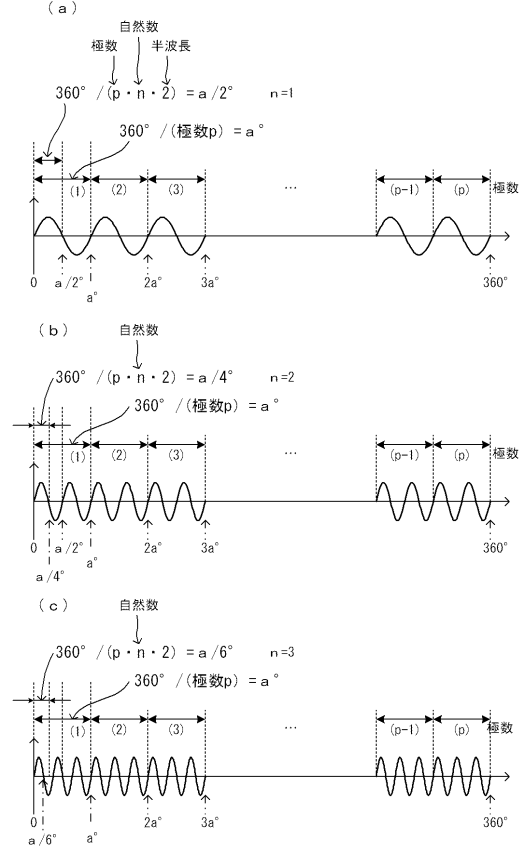
【図 8】



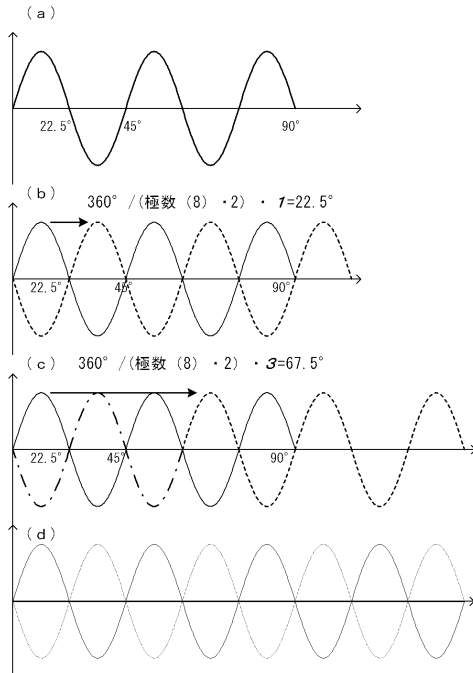
【図 9】



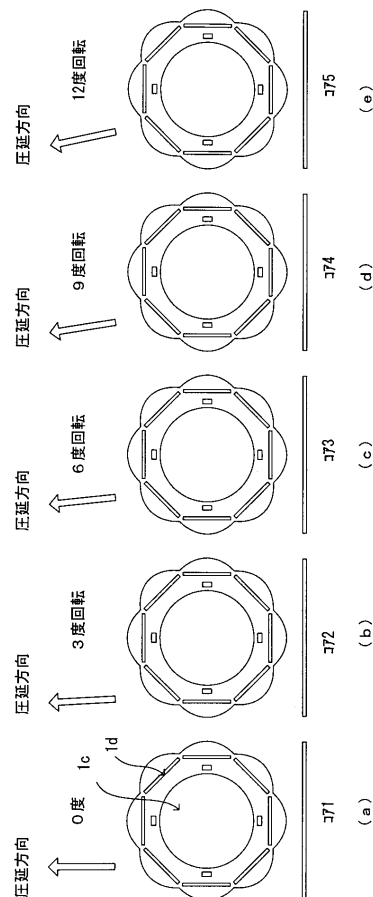
【図 10】



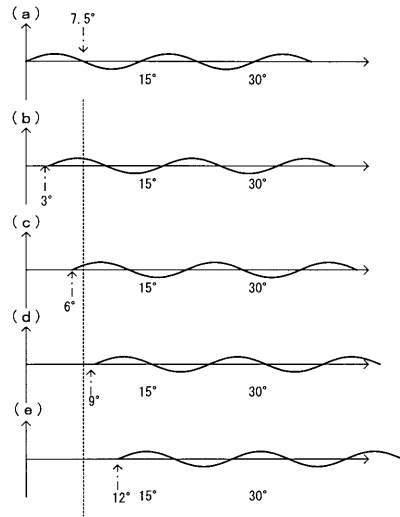
【図 11】



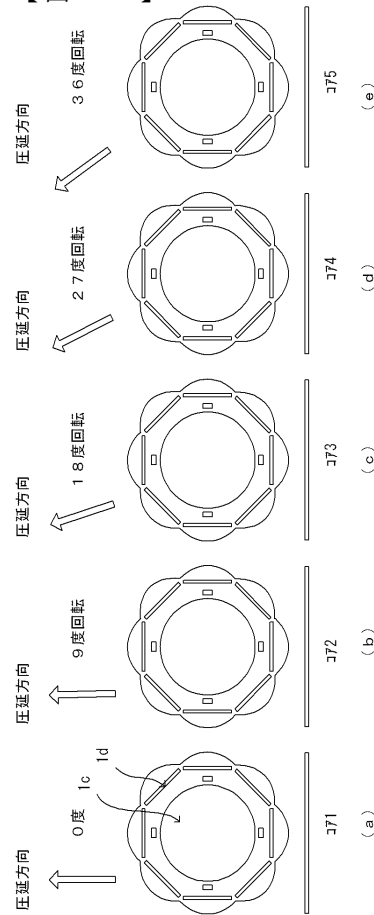
【図 12】



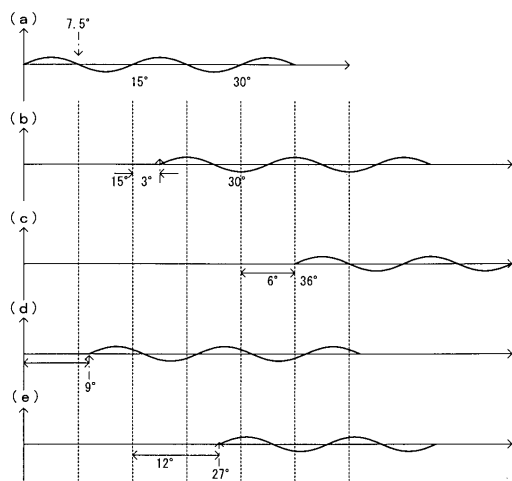
【図 13】



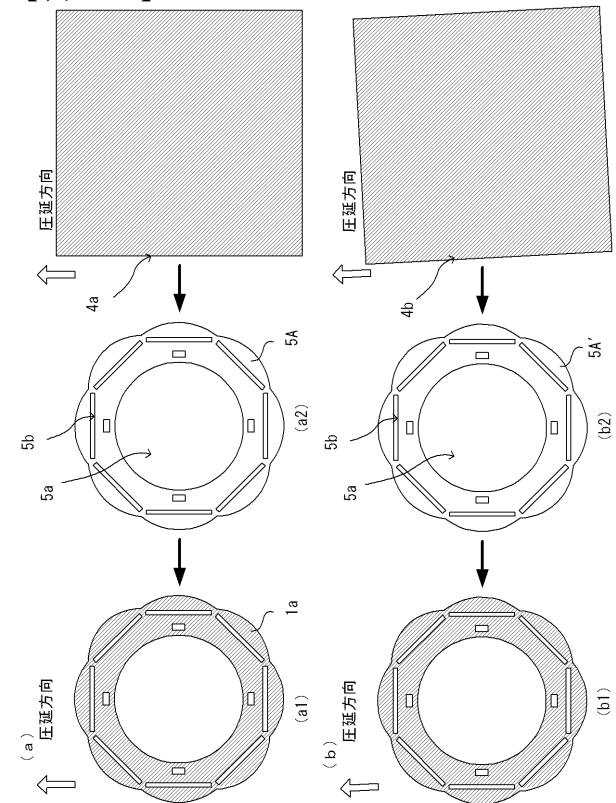
【図 14】



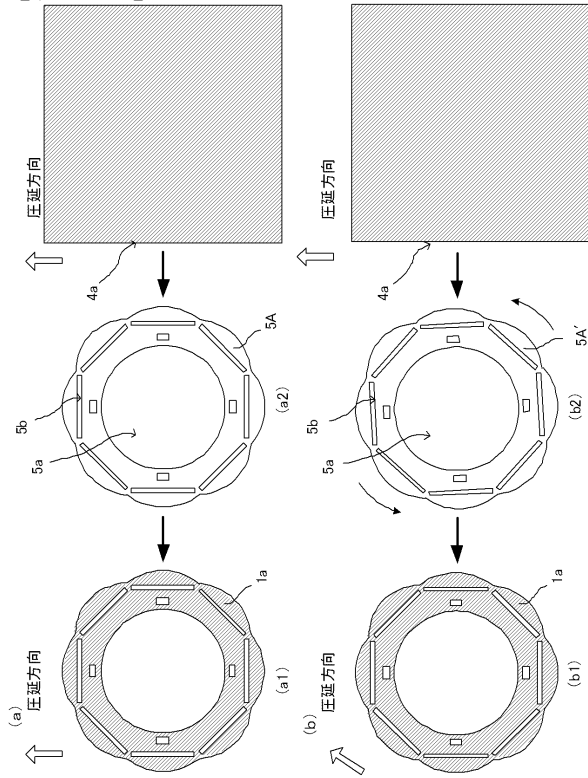
【図 15】



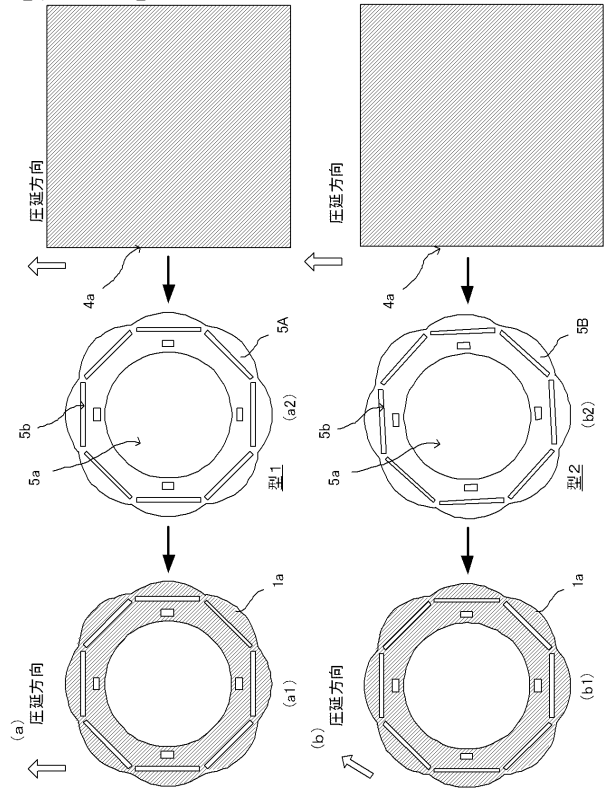
【図 16】



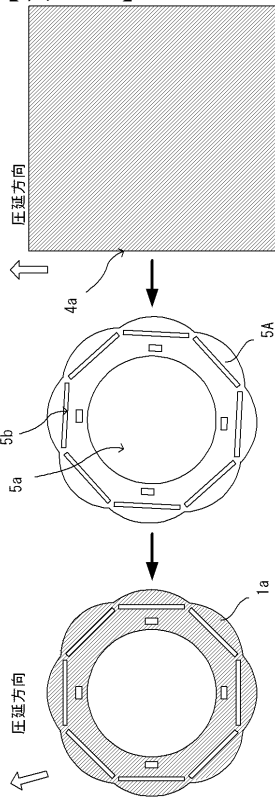
【図 17】



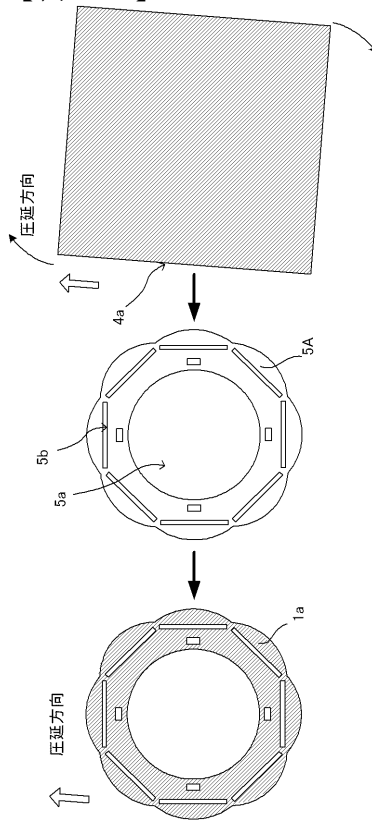
【図 18】



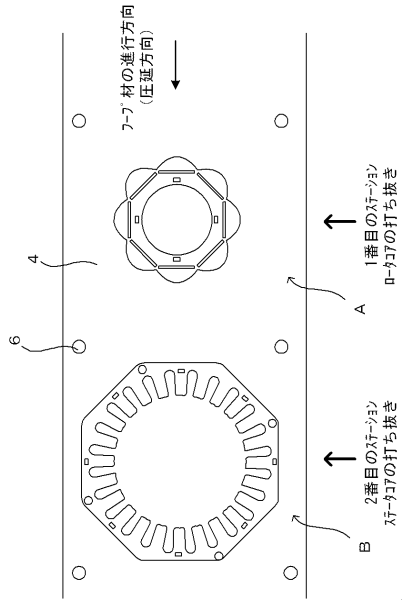
【図 19】



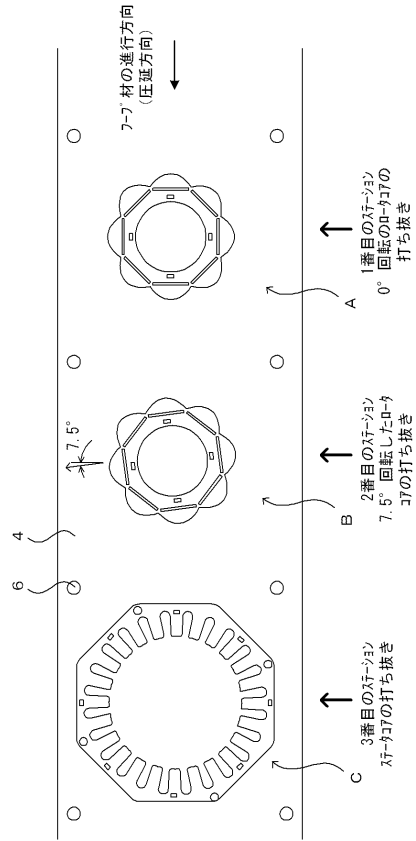
【図 20】



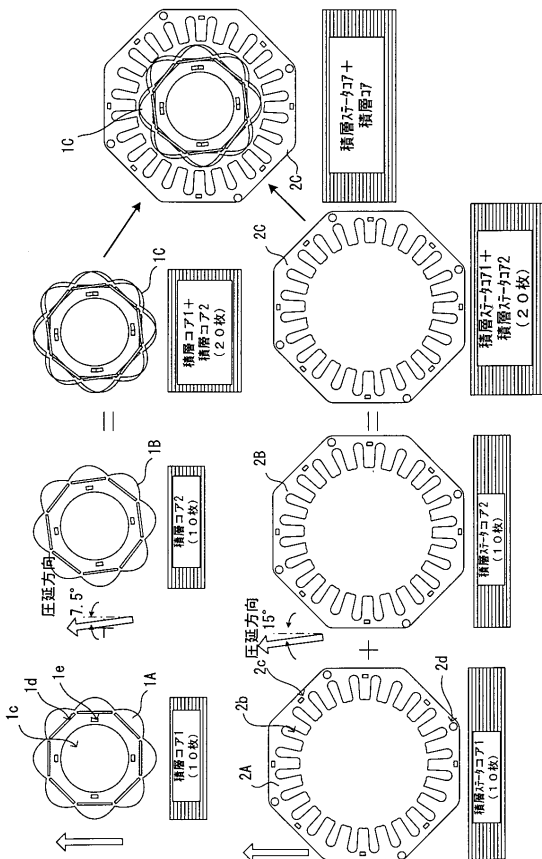
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 山本 致良
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内
- (72)発明者 前田 拓也
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

審査官 尾家 英樹

- (56)参考文献 特開平10-136618 (JP, A)
特開平10-66283 (JP, A)
特開平9-182387 (JP, A)
特開平9-37492 (JP, A)
特開平8-223831 (JP, A)
特開平6-245439 (JP, A)
特開昭61-242725 (JP, A)
特開昭59-92737 (JP, A)
特開昭58-108935 (JP, A)
特開昭57-160349 (JP, A)
特開昭57-156656 (JP, A)
特開昭55-41168 (JP, A)
特公平6-3779 (JP, B2)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 1/00- 1/34
H02K 15/00-15/16