

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-545367

(P2008-545367A)

(43) 公表日 平成20年12月11日 (2008. 12. 11)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02K 15/02 (2006.01)	H02K 15/02 D	5H601
H02K 1/02 (2006.01)	H02K 15/02 F	5H615
	H02K 15/02 G	
	H02K 1/02 B	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

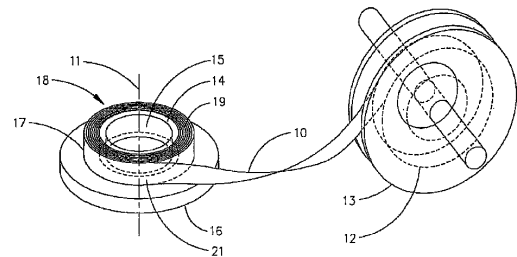
(21) 出願番号	特願2008-519632 (P2008-519632)	(71) 出願人	505289605 ライト・エンジニアリング・インコーポレーテッド アメリカ合衆国インディアナ州46268 、インディアナポリス、ザイオンズビル・ ロード 8158
(86) (22) 出願日	平成18年6月30日 (2006. 6. 30)	(74) 代理人	100089705 弁理士 社本 一夫
(85) 翻訳文提出日	平成20年2月6日 (2008. 2. 6)	(74) 代理人	100140109 弁理士 小野 新次郎
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/025675	(74) 代理人	100075270 弁理士 小林 泰
(87) 国際公開番号	W02007/005656	(74) 代理人	100080137 弁理士 千葉 昭男
(87) 国際公開日	平成19年1月11日 (2007. 1. 11)		
(31) 優先権主張番号	11/172, 141		
(32) 優先日	平成17年6月30日 (2005. 6. 30)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軟磁性非晶質の電磁構成要素及びその製造方法

(57) 【要約】

【解決手段】電磁構成要素は、軟磁性金属リボン層を備えるプリフォームから形成される。接着剤が施されてプリフォームに侵入し、その後、硬化させる。接合したプリフォームは、フライス削り組立体内に配置され、該フライス削り組立体は、プリフォームを電磁構成要素の形状体となるように加工するため使用されるフライス削り工程の間、リボン層を支持し且つ拘束する。選択随意的に、この形状体は熱加工する。形成される電子機械的構成要素は、軟磁性低コア損失を含む魅力的な軟磁性の性質を有し、このため、高励起周波数にて作動可能な電気モータ、発電機及び静止誘導装置内の1つの構成要素として該電磁構成要素を使用することを可能にする。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

軟磁性の金属電磁構成要素を製造する方法において、

端縁を有する軟磁性金属リボンを、積層し又は巻いた複数のリボン層を備えるプリフォームに形成し、端縁は整合し、リボンは、非晶質金属と、ナノ結晶状金属と、最適化した Fe 系合金とから成る群から選ばれた材料にて実質的に成るようにするステップと、

プリフォームを全ての側部にて支持する封じ込め手段内にてプリフォームを封じ込めるステップと、

封じ込め手段内に保持されたプリフォームをフライス削りして電磁構成要素の形状体にするステップとを備える、軟磁性の金属電磁構成要素を製造する方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法において、

プリフォームを熱加工するステップを更に備える、方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の方法において、

熱加工するステップは、フライス削りステップの後に実行される、方法。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の方法において、

熱加工するステップは、印加された磁界の存在の下、実行される、方法。

【請求項 5】

20

請求項 1 に記載の方法において、

軟磁性金属リボンは、非晶質金属と、ナノ結晶状金属とから成る群から選ばれた材料にて実質的に成る、方法。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の方法において、

プリフォームは、円環体の軸線と、内側面と、外側面と、頂部と、底部とを有する円環体となるように巻かれた軟磁性リボン層を備える、方法。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の方法において、

プリフォームは、矩形角柱を形成するよう積層された軟磁性リボン層を備える、方法。

30

【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法において、

フライス削りするステップは、プリフォームを少なくとも 1 回切削するステップを含む、方法。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の方法において、

プリフォームを封じ込め手段内に封じ込めるステップは、

接着剤をプリフォームに施すステップと、

接着剤を硬化させて接合したプリフォームを形成するステップとを更に備える、方法。

【請求項 10】

40

請求項 9 に記載の方法において、

接着剤を硬化させるステップは、熱硬化温度にて実行され、

電磁構成要素の形状体を熱加工温度にて電磁構成要素となるように熱加工するステップを更に含み、

熱硬化温度は熱的加工温度よりも低い、方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の方法において、

熱硬化温度は、熱加工温度の約 1 / 4 ないし 3 / 4 の程度である、方法。

【請求項 12】

請求項 6 に記載の方法において、

50

円環体は、円筒状の円環体軸線を有する正円形の円筒体であり、

プリフォームを電磁構成要素の形状体となるようにフライス削りするステップは、円筒状の円環体軸線に対して実質的に垂直な軸線の回りにて回転する切削ツールによって円環体をフライス削りするステップを含む、方法。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の方法において、

封じ込め手段はフライス削り組立体を備える、方法。

【請求項 14】

請求項 1 に従って製造された電磁構成要素において、

L は等式 $L = 12 \cdot f \cdot B^{1.5} + 30 \cdot f^{2.3} \cdot B^{2.3}$ により与えられ、コア損失、励起周波数及びピーク誘導レベルは、それぞれキログラム、キロヘルツ及びテスラ当たりのワットにて測定されるとき、励起周波数「 f 」からピーク誘導レベル「 B_{max} 」にて作動されたとき、「 L 」以下のコア損失を有する、電磁構成要素。

10

【請求項 15】

軟磁性の金属電磁構成要素を製造する方法において、

端縁を有する軟磁性金属リボンを、積層し又は巻いた複数のリボン層を備えるプリフォームとなるように形成し、端縁は整合されるようにするステップと、

プリフォームをフライス削り組立体内に封じ込めるステップと、

接着剤をプリフォームに施すステップと、

接着剤を硬化させて接合したプリフォームを形成するステップと、

20

フライス削り組立体内に封じ込められた接合したプリフォームを電磁構成要素の形状体となるようにフライス削りするステップと、

接合したプリフォームを熱加工するステップとを備える、軟磁性の金属電磁構成要素を製造する方法。

【請求項 16】

請求項 15 に記載の方法において、

軟磁性リボンは、非晶質金属と、ナノ結晶状金属と、最適化した Fe 系合金とから成る群から選ばれた材料にて実質的に成る、方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の方法において、

30

軟磁性金属リボンは、非晶質金属と、ナノ結晶状金属とから成る群から選ばれた材料にて実質的に成る、方法。

【請求項 18】

請求項 15 に記載の方法において、

熱加工ステップは、フライス削りステップの後に実行される、方法。

【請求項 19】

請求項 15 に記載の方法において、

熱加工ステップは、印加された磁界の存在の下、実行される、方法。

【請求項 20】

請求項 15 に記載の方法において、

40

プリフォームは、円環体軸線を有する円環体の形状体となるように巻かれた軟磁性リボン層を備える、方法。

【請求項 21】

請求項 20 に記載の方法において、

円環体は、内側面と、外側面と、頂部と、底部とを有する正円形の円筒体の形状である、方法。

【請求項 22】

請求項 21 に記載の方法において、

プリフォームをフライス削り組立体内に封じ込めるステップは、内側リングを内側面の少なくとも一部分の回りにて周方向に配置するステップを含む、方法。

50

【請求項 23】

請求項 21 に記載の方法において、

プリフォームをフライス削り組立体内に封じ込めるステップは、外側リングを外側面の少なくとも一部分の回りにて周方向に配置するステップを含む、方法。

【請求項 24】

請求項 21 に記載の方法において、

プリフォームをフライス削り組立体内に封じ込めるステップは、頂部の少なくとも一部分にハット (hat) を配置するステップを含む、方法。

【請求項 25】

請求項 21 に記載の方法において、

プリフォームをフライス削り組立体内に封じ込めるステップは、

内側リングを内側面の少なくとも一部分の回りにて周方向に配置するステップと、

外側リングを外側面の少なくとも一部分の回りにて周方向に配置するステップと、

頂部の少なくとも一部分に少なくとも 1 つのハットを配置するステップとを含む、方法

。

【請求項 26】

請求項 22 に記載の方法において、

内側リングは、内側面の実質的に全ての回りに配置される、方法。

【請求項 27】

請求項 23 に記載の方法において、

外側リングは、外側面の実質的に全ての回りに配置される、方法。

【請求項 28】

請求項 24 に記載の方法において、

ハットは、頂部の実質的に全ての回りに配置される、方法。

【請求項 29】

請求項 25 に記載の方法において、

接合したプリフォームをフライス削り組立体内にて固定すべくリテーナを配置するステップを含む、方法。

【請求項 30】

請求項 15 に記載の方法において、

フライス削り溝をフライス削り組立体内に提供するステップを含み、

プリフォームを電磁構成要素の形状体となるようにフライス削りするステップは、フライス削り溝を通してフライス削りするステップを含む、方法。

【請求項 31】

請求項 20 に記載の方法において、

接合したプリフォームを電磁構成要素の形状体となるようにフライス削りするステップは、円環体の軸線に対して実質的に垂直な軸線の回りにて回転する切削ツールにより接合したプリフォームをフライス削りするステップを含む、方法。

【請求項 32】

請求項 20 に記載の方法において、

プリフォームを電磁構成要素の形状体となるようにフライス削りするステップは、円環体の軸線に対して垂直な軸線の回りにて回転する切削ツールにより円環体をフライス削りするステップを含む、方法。

【請求項 33】

請求項 15 に記載の方法において、

フライス削り組立体は、非磁性ステンレス鋼から成る、方法。

【請求項 34】

請求項 15 に記載の方法において、

フライス削り組立体は犠牲的 (sacrificial) である、方法。

【請求項 35】

10

20

30

40

50

請求項 15 に記載の方法において、
 フライス削りするステップは、電磁構成要素に少なくとも 1 つのスロットを形成するステップを含む、方法。

【請求項 36】

請求項 15 に記載の方法において、
 フライス削りするステップは、接合したプリフォームを少なくとも 1 回切削するステップを含む、方法。

【請求項 37】

請求項 36 に記載の方法において、
 電磁構成要素は、少なくとも 1 回の切削によって接合したプリフォームから切断される、方法。 10

【請求項 38】

請求項 15 に従って製造された軟磁性金属電磁構成要素において、
 L は等式 $L = 12 \cdot f \cdot B^{1.5} + 30 \cdot f^{2.3} \cdot B^{2.3}$ により与えられ、コア損失、励起周波数及びピーク誘導レベルは、それぞれキログラム、キロヘルツ及びテスラ当りのワットにて測定されるとして、励起周波数「 f 」からピーク誘導レベル「 B_{max} 」にて作動されたとき、「 L 」以下のコア損失を有する、軟磁性金属電磁構成要素。

【請求項 39】

請求項 38 に記載の構成要素を備えるダイナモ発電機。

【請求項 40】

請求項 38 に記載の構成要素を備える、誘導装置。 20

【請求項 41】

軟磁性の金属電磁構成要素を製造する方法において、
 軟磁性金属リボンを巻き軸線の回りにて巻いて、内側部と、外側部と、頂部及び底部とを有する円環体に形成するステップと、
 内側リングを内側部に配置するステップと、
 内側封じ込めハットを頂部及び内側部に配置するステップと、
 外側封じ込めハットを頂部及び外側部に配置するステップと、
 リテーナを外側封じ込めハットの回りに配置するステップと、
 接着剤を円環体に施すステップと、 30
 接着剤を硬化させるステップと、
 内側及び外側封じ込めハット内に配設されている間、電磁構成要素の形状体となるように円環体をフライス削りするステップと、
 磁界を円環体に印加するステップと、
 電磁構成要素の形状体を熱加工して電磁構成要素にするステップとを備える、軟磁性の金属電磁構成要素を製造する方法。

【請求項 42】

請求項 41 に記載の方法において、
 内側封じ込めハットは、複数の内側封じ込めハットスロットを有し、
 外側封じ込めハットは、複数の外側封じ込めハットスロットを有し、 40
 円環体を電磁構成要素の形状体となるようにフライス削りするステップは、内側封じ込めハットスロット及び外側封じ込めハットスロットを通してフライス削りするステップを含む、方法。

【請求項 43】

請求項 41 に記載の方法において、
 円環体を電磁構成要素の形状体となるようにフライス削りするステップは、巻き軸線に対して実質的に垂直な軸線の回りにて回転する切削ツールによって行なわれる、方法。

【請求項 44】

請求項 41 に記載の方法において、
 円環体を電磁構成要素の形状体となるようにフライス削りするステップは、巻き軸線に 50

対して傾斜した軸線の回りにて回転する切削ツールによって行なわれる、方法。

【請求項 4 5】

請求項 4 1 に記載の方法において、

熱加工するステップは、フライス削りステップの後に実行される、方法。

【請求項 4 6】

請求項 4 1 に従って製造された電磁構成要素において、

L は等式 $L = 1.2 \cdot f \cdot B^{1.5} + 3.0 \cdot f^{2.3} \cdot B^{2.3}$ により与えられ、コア損失、励起周波数及びピーク誘導レベルは、それぞれキログラム、キロヘルツ及びテスラ当たりのワットにて測定されるとして、励起周波数「 f 」からピーク誘導レベル「 B_{max} 」にて作動されたとき、「 L 」以下のコア損失を有する、電磁構成要素。

10

【発明の詳細な説明】

【関連する米国特許出願のデータ】

【0001】

本出願は、2004年6月24日付けで出願された、同時出願係属中の米国特許出願番号10/876,034の一部継続出願であり、該米国特許出願番号10/876,034は、2004年1月23日付けで出願された米国特許出願番号10/763,728の継続出願であり、該米国特許出願番号10/763,728は、2003年6月11日付けで出願された、米国特許出願番号10/458,944の一部継続出願である。米国特許出願番号10/876,034、10/763,728、10/458,944の各々は、その内容の全体を参考として引用し、本明細書に含まれている。

20

【技術分野】

【0002】

本発明は、電磁構成要素、より具体的には、ダイナモ発電機(dynamo electric machine)又は誘導装置にて使用する設計とされた電磁構成要素及びかかる構成要素の製造方法に関する。

【背景技術】

【0003】

モータ、発電機、蓄熱器モータ、オルタネータ、ブレーキ及び磁気軸受のような多極回転電気機械又はダイナモ発電機は、典型的に、ステータとして知られた静止構成要素と、ロータとして知られた回転構成要素とを含むことができる1つ又はより多くの電磁構成要素を採用する。モータは、電磁構成要素内にて回転する磁界パターンを発生させることにより回転し、この電磁構成要素によってロータはこの磁界パターンの回転に従う。周波数の変化に伴い、ロータの速度は変化する。モータの軸速度を増すためには、入力源の周波数を増大させなければならない。電気自動車又はハイブリッドカーのような特定の用途の場合、高速度にて作動可能であり、しかも高効率の電気モータが特に望まれる。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

回転機械内のロータ及びステータの隣接面は、ロータ及びステータを連結する磁束が縦断する小さい空隙によって分離されている。回転機械は、機械的に接続された複数のロータと、複数のステータとを備えることが当該技術の当業者により理解されよう。実質的に全ての回転機械は、半径方向又は軸方向空隙型の何れかとして従来から区分可能である。半径方向空隙型は、ロータ及びステータが軸方向に分離され、縦断する磁束がロータの回転軸線に対し主として垂直に向けられるものである。軸方向空隙装置において、ロータ及びステータが軸方向に分離され、磁束の縦断方向は回転軸線に対して主として平行である。

40

【0005】

特定の特殊な型式の場合を除いて、モータ及び発電機は、一般に1つ又はより多くの型式の軟磁性材料を採用する。「軟磁性材料」とは、磁化及び減磁が容易で且つ効果的に行われる材料を意味する。各磁化サイクル中に磁性材料中で不可避免的に放散されるエネルギー

50

は、ヒステリシス損失又はコア損失と称される。ヒステリシス損失の程度は、励起振幅及び周波数の双方の関数である。軟磁性材料は、高透磁率及び低保磁率を更に示す。モータ及び発電機は、1つ又はより多くの永久磁石によるか又は電流伝搬巻線によって取り囲まれた追加的な軟磁性材料の何れかによって提供することができる電磁起電力源を含む。「硬磁性材料」とも称される「永久磁石材料」とは、高保磁率であり、及びその磁化作用を強力に保持し、また、減磁に抵抗する磁性材料を意味する。機械の型式に依存して、永久磁石材料及び軟磁性材料は、ロータ又はステータの何れかに配設することができる。

【0006】

今日まで、現在製造されているダイナモ発電機の大部分は、軟磁性材料として色々な等級の電気スチール又はモータスチールを使用しており、これらのスチールは、1つ又はより多くの合金元素、特にSi、P、C、Alを含む元素とFeとの合金である。最も一般的には、Siが主たる合金用元素である。進歩した永久磁石材料にて製造されたロータと、非晶質金属のような進歩した低損失の柔軟な材料にて形成されたコアを有するステータとを備えるモータ及び発電機は、従来の半径方向空隙モータ及び発電機と比較して、実質的により高効率及び電力密度を提供する潜在能力はあるものの、軸方向又は半径方向空隙型式の何れかにてかかる機械を製造する点にて殆ど成功していないと一般に考えられている。非晶質材料を従来の半径方向又は軸方向空隙機械に組み込むこれまでの試みは、大部分商業的に不成功に終わっている。

【0007】

電磁構成要素は、多岐に渡る近代の電気及び電子構成要素の必須の構成要素である、変圧器及び誘導子のような静止誘導装置にても広く使用されている。これら装置の殆どは、軟強磁性材料で出来たコアと、コアを取り囲む1つ又はより多くの電気巻線とを採用する。誘導子は、一般に2つの端子を有する単一の巻線を採用し、フィルタ及びエネルギー貯蔵装置として作用する。変圧器は、一般に2つ又はより多くの巻線を有する。変圧器は、電圧を1つのレベルから少なくとも1つのレベルのその他の望ましいレベルに変圧し、また、全体的な電気回路の異なる部分を電氣的に隔離する。誘導装置は、相応する異なる電力容量にて著しく相違する寸法のものが利用可能である。異なる型式の誘導装置が直流からGHzまで極めて広範囲に渡る周波数にて作動可能なよう最適化されている。実質的に各既知の型式の軟磁性材料は誘導装置の製造にて適用可能である。特定の軟磁性材料の選択は、必要とされる性質、効率的な製造を可能にする形態による材料の利用可能性、所定のマーケットに応ずるのに必要な量及びコストに依存する。一般に、望ましい軟強磁性コア材料は、コア寸法を最小にするため高飽和誘導 $B_{飽和}$ 、また、効率を最大にするため、低保磁率 H_c 、高透磁率 μ 、低コア損失を有する。

【0008】

静止装置及び回転装置の双方を含む、高周波数電気装置に対する電磁構成要素の製造には問題がある。磁束を集中させ且つ整形するための軟磁性材料として鉄又はスチールを採用する構成要素は、極く一般的に使用されている。しかし、高周波数のとき、従来の鉄又はスチール構成要素は最早、実用的ではない。鉄又はスチール構成要素のコア損失は、励起周波数の増加と共に増大して装置の全体的な効率を低下させることになる。更に、非常に高い励起周波数のとき、構成要素は、極めて高温度となり、どんな合理的に許容可能な手段によっても冷却させることができず、装置の故障を引き起こす可能性がある。多くの現在のダイナモ発電機は、高回転速度にて作動しなければならず、このため、400Hz以上の周波数であることを意味する、高い同期的励起周波数を使用することによる利益を享受することになる。

【0009】

電力調整電子システムは、現在、1ないし200kHzの周波数にて作動可能な変圧器及び誘導子が必須であるスイッチモードの回路トポロジー効果を一般に採用しているため、静止装置に対する必要条件が更に厳しくなることがしばしばである。一部の回路において、1MHzまで作動することが望まれる。従って、満足し得る構成要素及びその製造方法が極めて望まれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

電気及び電子装置用のモータ及び小型から中程度寸法の誘導子及び変圧器のような構成要素は、 $100\text{ }\mu\text{m}$ のような薄い厚さのシートにて供給された色々な等級の磁気スチールから押し抜き又はプレス加工された積層体を使用して製造されることがしばしばである。積層体は、一般に積み重ねられ且つ固定され、その後、典型的に高導電率の銅又はアルミニウムワイヤーから成る必須の1つ又はより多くの電気巻線が巻かれる。これらの積層体は、一般に、多岐に渡る既知の形状のコアと共に採用される。発電電動装置の構成要素には、典型的に、複数の半径方向に向けた歯と、歯を取り囲む相巻線を受容する隣接するスロットとが形成される。

【 0 0 1 1 】

10

誘導子及び変圧器に使用される形状体の多くは、構成要素がしばしば識別される「C」、「U」、「E」、「I」のような、特定の大文字の全体的な形態を有する構成要素から組み立てられる。組み立てた形状体は、構成要素を表示する文字によって更に表現することができる。例えば、「E-I」形状体は、「E」構成要素と「I」構成要素と組み立てることにより形成されよう。その他の広く使用されている組み立てた形状体は、「E-E」、「C-I」、「C-C」を含む。これら形状体の先行技術のコアの構成要素は、押し抜き成形した従来の結晶状強磁性金属及び切削したバルクソフトフェライトブロックの積層したシートの双方から製造されている。

【 0 0 1 2 】

20

進歩した磁性材料は、既知の非晶質及びナノ結晶状金属合金及び最適化したFe系結晶状材料を含む。特に、かかる材料は、磁化及び減磁が容易であり、このことは、これら材料にて形成された電磁構成要素は、高周波数にて電力損失及び温度上昇が少なく、極めて迅速に磁化され、また、電気から機械エネルギーへの変換が容易である。かかる金属で出来た電磁構成要素は、コア損失が少なく、遥かに高周波数にて作動可能であり、その結果、極めて高効率で且つ電力密度の装置となる。

【 0 0 1 3 】

30

しかしながら、これらの進歩した材料の物理的性質の特定のものは、従来の製造技術を困難又は不可能にする。非晶質及びナノ結晶状金属合金は、典型的に、均一なりボン幅を有する薄い連続的なりボンとして供給される。しかし、これら金属は、実質的にあらゆる従来の金属軟磁性合金よりも薄く且つ硬質であり、このため、従来の積層体の押し抜き成形又はプレス加工では、製造装置及びダイに急速な破断に至る過剰な磨耗が生ずる。これに伴って増大する成形及び製造コストは、かかる従来の技術を使用するバルク磁性構成要素を製造することを商業的に実現不可能にする。ワイヤー放電機械加工、電気化学的クリーブ研磨、従来の放電機械加工、切削、押し抜き成形、酸エッチング及び精密打ち抜きを含む、色々な製造技術が当該産業界にて試みられている。コスト効果、製造の反復可能性又は工程のサイクル時間を含む理由のため、満足できるとされたものはない。非晶質金属の厚さが薄いことは、所定の断面及び厚さを有する構成要素を形成するのに必要な積層体の数が増大することにもなり、このことは非晶質金属磁性構成要素の全体コストを更に増すことになる。フェライトブロックを成形するため使用される切削技術は、一般に非晶質金属を加工するのに適していない。

40

【 0 0 1 4 】

非晶質及びナノ結晶状金属合金の性質は、アニーリング処理によってしばしば最適化される。しかし、アニーリング、一般に金属を極めて脆弱にし、従来の製造過程を更に複雑にする。上述した難点の結果、シリコン鋼及びその他の同様の金属シート形態のFeNi及びFeCo系結晶状合金を含む、従来の材料にて所定の形状の積層体を形成するため、広く且つ容易に使用されている技術は、非晶質及びナノ結晶状金属装置及び構成要素を製造するのに適していないことが分かっている。

【 0 0 1 5 】

このように満足し得る磁性性質を保持しつつ、複雑な三元的形状体を軟磁性リボンから製造することができないことは、高効率及び低損失の構成要素を必要とする発電電動及び

50

静止型設備の双方にて重大な障害となっている。最終用途の必要条件に対して実質的な設計の自由度を提供しつつ、経済的であり、最終用途の機能を発揮し、大量生産が可能である製造方法が極めて望まれる。このように、非晶質金属は多くの装置の市場にて受容されていない、すなわち高誘導、低損失の材料を使用することにより原理上、実現されるであろう、寸法、重量及びエネルギー効率の点にて改良の可能性が極めて大きいにも拘わらず、受容されていない。

【 0 0 1 6 】

飽和可能な反応炉及び一部のチョークのようなエレクトロニクスの適用例の場合、非晶質及びナノ結晶状金属合金は、らせん状に巻いた丸型の円環状コアの形態にて採用されている。この形態の装置は、典型的に数ミリないし数センチの範囲の直径にて商業的に入手可能であり、また、数百ボルト・アンペア (V A) を提供するスイッチモードの電源にて一般に使用されている。このコアの形態は、減磁因子が無視し得る程度である完全密閉の磁気回路を提供する。しかし、望まれるエネルギー貯蔵能力を実現するため、多くの誘導子は、別個の空隙を有する磁気回路を含む。空隙が存在する結果、減磁因子は無視し得なくなり、また、関係した形状異方性となり、この形状異方性は、せん断磁化 (B - H) ループにて明白である。形状異方性は、誘発される可能性のある磁気異方性よりも遥かに大きく、これに比例してエネルギー貯蔵能力を増大させる。別個の空隙を有し且つ従来の材料で出来た円環状コアがかかるエネルギー貯蔵用途のため提案されている。しかし、空隙付きの円環状の幾何学的形態は、設計の自由度が最小程度である。装置のユーザがせん断及びエネルギー貯蔵の望ましい程度を選び得るように空隙を調節することは、一般に困難又は不可能である。更に、巻線を円環状コアに取り付けるのに必要な装置は、積層コアに対する同等の巻線装置よりも作動が複雑、高価で且つ困難である。高電流の用途にて円環状の幾何学的形態のコアを使用することができないことがしばしばあり、それは、定格電流によって要求されるヘビーゲージワイヤーは、円環体を巻くのに必要とされる程度に曲げることはいからである。更に、円環状の設計は単一の磁気回路のみを有する。その結果、これらの設計は十分に適しておらず、特に一般的な3相装置を含む多相変圧器及び誘導子に適合させることは困難である。このため、製造及び適用の容易性にとってより望ましいその他の形態が要望されている。

【 0 0 1 7 】

更に、ストリップを巻いた円環状コアにおける本来的な応力は、特定の問題を生じさせる。巻線は、本来的にストリップの外面を張力状態に置き、また、内部を圧縮状態に置く。滑らかな巻線を保証するのに必要な線形張力によって追加的な応力が生ずる。磁気歪の結果、巻いた円環体は、典型的に、平坦なストリップの形態にて測定したとき、同一のストリップのものよりも劣る磁気性質を示す。アニーリングは、一般に、応力的一部分のみを除去することができ、このため、劣化の一部分のみが解消されるに過ぎない。更に、巻いた円環体に空隙を形成することは、追加的な問題点を引き起こすことが多々ある。巻いた構造体における全ての残留フープ応力は、空隙を形成するときに少なくとも部分的に除去される。實際上、正味フープ応力は予見不能であり、圧縮性又は引っ張り性の何れかとなろう。このため、実際の空隙は、新たな応力平衡状態を確立するため必要とされるように予見不能な程度だけそれぞれの場合にて閉じ又は開放する傾向となる。このため、最終空隙は、全体として、補正措置がとられない場合、所期の空隙と相違する。コアの磁気リラクタンスは主として空隙によって決定されるため、完成したコアの磁気性質は、大量生産の過程にて均一に再現することが困難なことが多々ある。

【 0 0 1 8 】

非晶質金属はまた、10 k V A ないし 1 M V A 又はそれ以上のネームプレート定格を有する電力グリッド用の分電変圧器のような、高電力装置用の変圧器にて使用されている。これらの変圧器のコアは、全体として矩形の形態にてステップラップ巻きにてしばしば形成される。1つの一般的な製造方法において、矩形のコアが最初に形成され且つアニールされる。次に、コアは緩めて予め形成された巻線がコアの長い脚部上を滑るのを許容する。予め形成した巻線を組み込んだ後、層を再度締め付け且つ固定する。このようにして分

10

20

30

40

50

電変圧器を製造する典型的な過程は、バラード (Ballard) その他の者に対する米国特許明細書 4,734,975 号に記載されている。かかる過程は、当然に顕著な労力及び脆弱なアニーリングした非晶質金属リボンが関係する操作ステップを伴う。これらのステップは、10 kVA よりも小型のコアにて実現することは、特に骨が折れ且つ困難である。更に、この形態にて、コアは、多くの誘導子の用途に必要とされる空隙を制御可能に導入することは容易でない。また、完全に釣り合った多相装置、すなわち相の各々の端子にて得られた電気的特徴が実質的に同一である装置を提供することは、ステップラップコアの形態にては困難なことである。

【0019】

従って、極めて小型、効率的で且つ高信頼性である電気機械を製造することを許容する構成要素の製造方法が当該技術にて依然として必要とされている。低損失材料と関係した特定の特徴を完全に活用し、これにより従来の構成要素と関係した不利益な点の多くを解消する装置が特に望まれる。理想的には、この利点は次のものの1つ以上を含む、すなわち軟磁性材料を効率的に使用すること、電気的効率が改良されること、高信頼性であること、経済的であること、及び迅速な大規模生産が可能であることである。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明は、電磁構成要素及びその製造方法を提供するものである。全体的に説明して、この方法は、(i) 非晶質及びナノ結晶状金属と、最適化した Fe 系合金とから成る群から選ばれた材料から実質的に成る軟磁性金属リボンを形成するステップと、(ii) プリフォームを全ての側部にて支持するフライス削り組立体のような封じ込め手段内にてプリフォームを封じ込めるステップと、(iii) 電磁構成要素の形状体となるようにプリフォームをフライス削りするステップとを含む。選択随意的に、接着剤がプリフォームに施され且つ硬化させる。接着剤 (存在するならば) 及び封じ込め手段は、機械的な支持及び一体性を提供し、例えば、横フライス盤、立フライス盤、コンピュータ数値制御 (CNC) 工作機械又はその他の任意の一般的なフライス削り装置を使用してフライス削りすることによりプリフォームが切削による機械的応力に耐えることを許容する。このように、複雑な三元的軟磁性金属形状体を形成することができる。

【0021】

三元的軟磁性金属形状体を形成する能力は、従来、軟磁性金属リボンの機械的特徴により妨げられていた多岐に渡る用途に対し軟磁性金属を使用することを許容する。

構成要素は、低損失、高周波数材料にて出来たものであることが好ましい。より好ましくは、構成要素は、非晶質金属、ナノ結晶状金属及び最適化した方向性又は非方向性の Fe 系材料にて出来たものとする。これらの材料を電気装置内に導入することは、従来の機械における大幅な増大と比較して、コア損失が比較的僅かに増大する状態にて装置の周波数を 400 Hz 以上に増大させ、増大した電力を提供することができる極めて効率的な電気装置を提供する。

【0022】

電磁構成要素は、誘導型構成要素 (誘導子、変圧器及び同様のもの) 及び線形型及び回転型電気機械用のモータ及びステータのような、静止型装置及び動的装置を含んで、多岐に渡る用途にて有益に採用される。

【0023】

本発明は、幾つかの図面の全体を通じて同様の参照番号は同様の要素を表示する、本発明の好ましい実施の形態の以下の詳細な説明及び添付図面を参照することにより、より完全に理解され、更なる有利な効果が明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

図1を参照すると、軟磁性金属リボン10が内側リング14にて巻線の軸線11の回りに巻かれた、本発明の1つの実施の形態が示されている。巻線機13は、所定の長さの軟磁性金属リボン10を封じ込める供給ロール12を含む。内側リング14は、巻線板16

10

20

30

40

50

の上に配置される。軟磁性金属リボン 10 は、内側リング 14 にてら旋状に巻かれ、円環状軸線を有する軟磁性金属円環体 18 を形成する。軟磁性金属円環体 18 は、全体として最内側及び最外側リボン層の面によって形成された内側面 15 及び外側面 17 を有する。円環体 18 は、全体としてリボン層の露出し且つ整合した端縁により形成された頂部 19 及び底部 21 を有している。

【0025】

軟磁性金属リボン 10 は、多岐に渡る水平及び垂直軸線機械及び方法を使用して巻くことができる。好ましくは、プリフォームとして使用される均一な堅固な円環体は、本来的なリボン密度の少なくとも 85 % の巻線密度を有するものとする。図 1 には、正円形の円筒状殻体の形状を有する軟磁性金属円環体 18 の形態が示されているが、円環体 18 の円筒状の形態と明確に相違する幾何学的形態にてその他の望ましい三元的形状体を形成することが可能であることが理解されよう。また、適宜な形態のマンドレル又は同様の巻線の形態物の回りに巻くことにより多岐に渡る所望の形状体を形成することが可能である。例えば、リボンは、全体として矩形のマンドレル、好ましくは 4 つの丸味を付けた隅部を有するマンドレルの回りに巻いて細長いレーストラック状の円環体の形態を形成することができる。これらの又はその他の同様の形態の任意のものがその後加工するためのプリフォームを提供することができる。

【0026】

本明細書にて使用するように、円環体という語は、層の上にてら線状に巻いた複数の薄いリボン層を有し、隣接層の側端縁が実質的に整合している任意の構造体を備えるものを意味するものと理解される。かかる構造体は、単一の長い長さのリボンを巻くことにより形成することができ、複数の長い長さはまた、連続的に巻かれることになる。これと代替的に、複数のリボンの層を同時に巻いてもよい。例えば、図 7 には、巻機の実施の形態が全体として参照番号 13' にて示されており、この場合、2 つの層 10'、10'' が独立的な供給スプール 12'、12'' から取られ且つ円環体 18 となるように同時に巻かれているが、その他の数の層、例えば、5 つ又はより多くの層を同時に巻くことも理解されよう。スプール 12'、12''、円環体 18 の回転及び供給方向は、図 7 にてそれぞれの矢印で示されている。本発明を実施するため、プリフォームを準備すべく使用される巻きシステムは、ローラ 8、また、ガイド、張力制御装置又は同様のもののようなウェブ取り扱い過程にて既知のその他の駆動手段を含むことができる。

【0027】

巻いた後、軟磁性金属円環体 18 は、選択随意的に巻き板 16 から除去する。1 つの実施例において、内側リング 14 はリボン 10 が内側リング 14 の回りにて巻かれている間、単一の装置として内側封じ込めハット 20 に取り付けられる。

【0028】

次に、軟磁性金属円環体 18 に浸透するような仕方にて、接着剤が軟磁性リボン円環体 18 又はその他の適したプリフォームに施される。好ましくは、円環体 18 の各層の表面積の少なくとも約 2 分の 1 が被覆され、接合したプリフォームに対する十分な一体性を提供するようにする。内側リング 14 は、依然として、軟磁性リボン円環体 18 内に保持されている。適した接着剤は、典型的に、溶媒と混合させたエポキシ粉体である、3 M からのスコッチキャスト (Scotch Cast) 接着剤である。容積比にてアセトンと 20 % の混合体が適当であることが分かった。接着剤は、雰囲気浸漬過程により軟磁性リボン円環体 18 に施される。軟磁性リボン円環体 18 は、接着剤が層に侵入する迄、接着剤内に浸漬させる。接着剤の粘度及び希釈度は、十分な接合状態を実現するよう選ばれる。過度に高い粘度は、十分な被覆及び浸透を妨げる一方、過剰な希釈はコスト高となり、硬化過程の間、より多くの溶媒を除去することを必要とし、コストが増し且つ環境的に許容可能な回収装置を必要とする可能性がある。

【0029】

これと代替的に、接着剤は、真空含浸過程により施してもよく、この場合、軟磁性リボン円環体 18 は、接着剤を封じ込める容器内に浸漬させる。その後に容器内の空気を排出

10

20

30

40

50

すれば、軟磁性リボン円環体 18 内の層間への接着剤の侵入が増進される。ウェット噴霧、ドライ電解質堆積過程を利用して、巻き過程の間、接着剤を軟磁性リボンに施すといったその他の適した施工過程を使用することもできる。代替的な樹脂、エポキシ又は接着剤を使用することもできる。異なる商品名のもの、異なる型式の樹脂、エポキシ又は接着剤を使用することができる。例えば、適した接着剤は、エポキシ、ワニス、嫌気性接着剤、シアノアクリレート、室温加硫 (RTV) シリコン材料から成るものを含むことができる。色々な高温の熱硬化温度を必要とする熱硬化型エポキシ、また、室温にて硬化する 2 段エポキシも適している。接着剤は、低粘度、低収縮率、低弾性率、高剥離強度、高作動温度能力及び高誘電強度を有するものであることが望ましい。

【0030】

軟磁性リボン円環体 18 に接着剤が十分に侵入した後、軟磁性リボン円環体 18 から排出する。乾燥したとき、軟磁性リボン円環体 18 は、硬化のため、加熱炉内に配置される。重要なことは、接着剤を熱硬化させる (必要とされるならば) 温度は、軟磁性金属リボン 10 を熱加工する温度のある割合であることである。好ましい割合は、1/2 であるが、約 1/4 ないし 3/4 の範囲の割合でも満足し得るであろう。

【0031】

本過程の別の形態において、侵入した円環体又はその他の形態物の上述した硬化により形成されたもののような接合したプリフォームは、切削する間、機械的な支持体及び封じ込め作用を提供する封じ込め手段内に支持されている間、フライス削りする。

【0032】

何らかの理論により拘束されるものではないが、破断及び表面損傷、また、その他の有害な効果の程度は、その後のフライス削り又は同様の切削ステップの間、リボン表面及びリボンの側端縁の双方にてリボンを接合したプリフォーム内に支持することにより、最小となると考えられる。その結果は、外部支持体を使用せずに、又は、接合したプリフォームの側部の全部ではなくその一部を治具又は同様の支持体及び拘束具を使用して構成要素を切削した場合と比較して、完成した構成要素の外観、機械的及び磁気性質が驚くべき程に且つ予期しない程、向上する。多角形支持体は、先行技術の方法にては形成することができない構成要素、特に、リボン層の許容し得ない程度の破断、欠損又はその他の機械的劣化を生ずることになる構成要素、特に精密な形状を有するものを形成することを許容する。側部の全てにて支持することは、本発明を実施する上で有用である最適化した Fe 系合金を含む、その他の結晶状合金よりも遥かに脆弱であることが多々ある非晶質及びナノ結晶状金属合金を加工する上で特に有益なことである。

【0033】

本明細書にて使用するように、「側部の全てにて支持される」という表現は、フライス削り工程中、材料が除去される 1 つ又はより多くの位置に近接する領域内にて接合したプリフォームの外面の少なくとも実質的に全てを覆う支持体を意味することを意図する。例えば、図 6 により示した円環状ステータ 60 を形成するとき、円環状の接合したプリフォームの頂部、内面及び外面は、図 4 により示したフライス削り組立体のような封じ込め手段によって支持することが重要である。特に、この形態の支持体は、上面から最終的なスロット深さの少なくともこのレベルまで下方に、好ましくは、スロットの深さよりも実質的に下方に伸びる。より好ましくは、頂部、内面及び外面の実質的に全てが支持されるものとする。最も好ましくは、頂部、底部、内面及び外面の実質的に全てが図 4 にて示したフライス削り組立体構造体 40 により提供されるように支持されるものとする。

【0034】

その他の実施例において、本発明の方法は、フライス削りする間、同様に適宜に支持されなければならないその他の形状のプリフォームを採用する。例えば、図 8A には、整合状態にて積層された金属ストリップの平坦層 92 を備える矩形の角柱状プリフォーム 90 が示されている。プリフォーム 90 は、図 8B に示した E 字形の構成要素 120 を含んで、色々な形状体を製造するため有益に採用される。積層した矩形の角柱状プリフォーム 90 を上面 94 からフライス削りするため、構成する積層リボン 92 の一側部の全体的な端

縁により限界が画成された少なくとも上面 9 4 及び最外側リボン層 9 2 の大きい平坦面により画成された前側面 9 6 及び後側面 9 7 に支持及び拘束手段を設けなければならないことが理解されよう。リボン片の整合した端部により規定された角錐端部 9 8、9 9 における支持及び拘束手段は、選択随意的ではあるが、特に、プリフォームの端部分が使用され、屑として廃棄されない場合に好ましい。選択随意的に、リボン面により規定された矩形角柱体 9 0 の側部 9 6、9 7 における支持体は、規定されたフライス削り工程が図 8 B における E 字形構成要素 1 2 0 のスロット 1 2 4 のような、上面 9 4 から途中まで伸びるスロットを提供するならば、リボンの全幅に渡って底面 9 5 まで伸びる必要はない。しかし、その他の実施の形態において、フライス削り工程は、プリフォームを完全に貫通して伸びる 1 つ又はより多数の切削を含む。例えば、1 つの切削を誘導子コアとして使用可能な空隙付き円環体を形成するため使用することができる。これと代替的に、プリフォームから 1 つ又はより多くの電磁構成要素を切削するため、1 つ又はより多くの貫通切削を使用してもよい。その何れの場合にも、支持体はプリフォームの頂部、底部、内側面及び外側面の全てを実質的に超えて伸びることが要求される。要求された面の実質的に全てを被覆することは、除去されず、最終的な電磁構成要素の名目的な残留部分であるリボンの過剰な層剥離及びその他の劣化を防止することになる。

10

20

30

40

50

【0035】

円環状の接合したプリフォームをフライス削りするのに適した封じ込め手段の 1 つの形態が図 2 ないし図 4 に示されており、これは、内側封じ込めハット 2 0 と、外側封じ込めハット 3 0 とを備えている。図 2 には、内側封じ込めハットの基部 2 4 から上方に伸びる多数のコラム 2 2 から成る円筒体である内側封じ込めハット 2 0 が示されている。指状体 2 6 は、コラム 2 2 から半径方向外方にほぼ直角に伸びている。指状体 2 6 は、コラム 2 2 から遠方に伸びるに伴い、その幅が増す。指状体 2 6 は円として配置され、環状体 2 8 を形成する。コラム 2 2 及び指状体 2 6 は、複数の内側封じ込めハット溝 2 9 を形成する。内側封じ込めハット 2 0 のコラム 2 2 は、内側リング 1 4 の内部に配置される。コラム 2 2 の高さは軟磁性金属円環体 1 8 の高さにほぼ等しい。軟磁性金属円環体 1 8 の直径は環状体 2 8 の直径にほぼ等しい。

【0036】

内側封じ込めハットを軟磁性金属円環体 1 8 内に配置した後、図 3 に示した外側封じ込めハット 3 0 を軟磁性金属円環体 1 8 の回りに配置する。外側封じ込めハット 3 0 は、基部 3 2 を有して全体として円筒状である。バー 3 4 が基部 3 2 から上方に伸びている。バー 3 4 の各々の頂部には、内方に伸びる耳状突起 3 6 がある。バー 3 4 の各々に対する耳状突起 3 6 は、非晶質金属円環体 1 8 を外側封じ込めハット 3 0 内に固定するフランジを形成する。バー 3 4 及び耳状突起 3 6 は複数の外側封じ込めハット溝 3 8 を形成する。

【0037】

次に、図 4 に示したフライス削り組立体 4 0 を組み立てる。依然として、内側リング 1 4 を保持している軟磁性金属円環体 1 8 は内側封じ込めハット 2 0 と共に外側封じ込めハット 3 0 内に配置される。耳状突起 3 6 及び指状体 2 6 を整合させる。フライス削り組立体 4 0 は、軟磁性金属円環体 1 8 を円環状の幾何学的形態にて封じ込める。これと代替的に、接着剤にて処理する前に、軟磁性金属円環体 1 8 を、外側封じ込めハット 3 0 及び内側封じ込めハット 2 0 内に配置してもよい。選択随意的に、フライス削り組立体 4 0 の構成要素は、1 つ又はより多くの取り囲むリング、ボルト、リベット、締結具、バンド又は同様のもののような、構成要素の任意の組み合わせから成るものとするのできる、リテーナ（図示せず）を使用してその内部にプリフォームが封じ込まれた状態で互いに固定される。

【0038】

接着剤を施し且つ内側リング 1 4、内側封じ込めハット 2 0 及び外側封じ込めハット 3 0 を機械的に拘束する状態に配置した後、軟磁性金属円環体 1 8 は、フライス削りの応力に抵抗するのに十分な構造的完全性を有する。一部の実施例において、封じ込めハット及び内側リング及び外側リングの一方又は双方は一体的に形成される。本明細書にて使用し

たように、「ハット」という語は、少なくとも全体として平面状の端面と、端面に対して垂直な湾曲した外周面とを有し、ハットの面が全体として望まれるプリフォームの形状に適合すると共に、支持及び封じ込め作用を提供する形態とされた構造体を意味する。

【0039】

フライス削り板 44 は、軟磁性金属円環体 18 の底部に配置される。フライス削り板 44 は、巻板 16 と同一とすることができる。

このため、接着剤にて処理された軟磁性金属円環体 18 は、構造体内に確実に封じ込まれ、軟磁性金属円環体 18 をフライス削りし且つ三元的に形成することを許容する。このように、複雑な形状体を金属リボン円環体 18 から製造して、軟磁性金属円環体 18 から電磁構成要素のような構造体を形成することを許容する。

10

【0040】

ハット 20、30 は、単一物として示されているが、封じ込め手段にて採用されているハット又は任意のその他の固定具は、適当な封じ込め具を形成するように適当なリテーナにより共に固定される断面にて提供することが可能であることが理解されよう。例えば、全体として円筒状の電磁構成要素を形成するため使用される封じ込め手段は、円筒状の全円周の限界を画するよう適宜に接続される、最初は別個である複数のセグメントを備えている。その他の形態の封じ込め手段及び封じ込め手段を固定する技術も可能である。ハット又はその他の保持具はまた、フライス削りする間、最初に使用する前に、実質的に中実な構造体として提供し、また、単一の成形工程に対し犠牲的に使用することができる。好ましくは、ハット又は同様の保持具は、コストを理由として再使用される。ハット又はその他の保持具は、磁気リボンと適合可能な任意の材料から成るものとすることができ、また、必要とされる使用温度にて十分な機械的強度を提供する。更に、熱加工過程の間に使用される保持具は、有害な応力の付与を防止するのに十分、磁性材料の熱膨張率に適合する熱膨張率を有することが好ましい。材料の好ましい種類は、300 シリーズの非磁性ステンレス鋼である。

20

【0041】

本発明の方法の別の形態において、熱処理サイクルの少なくとも一部分の間、磁界が構成要素に付与される。磁界は、サマリウム - コバルト又はアルニコ磁石のような高温永久磁石又は電磁構造体の何れかによって供給される。このような磁界は、封じ込め手段内にて軟鋼のような磁性材料を使用することで選択随意的に向けることができる。

30

【0042】

図 5 により示したように、フライス削り組立体 40 はフライス盤 50 内に配置される。フライス盤 50 は、横フライス盤、立フライス盤、CNC 工作機械又は任意のその他の型式のフライス盤とすることができる。しかし、図 5 にて示したように、円環状のプリフォームをフライス削りするため、フライス盤 50 内のフライス削りツール 52 の回転軸線は、軟磁性金属円環体 18 の円環体軸線に対して実質的に垂直である。フライス削りツール 52 の回転軸線が軟磁性金属円環体 18 の巻き軸線に対し垂直となるようにすることにより、ツールは、リボンの表面に対し垂直にリボンと衝突し、軟磁性金属円環体 18 にフライス削りされるスロットの深さ及び幅を、精密に制御することができる。

40

【0043】

フライス盤 50 は、軟磁性金属円環体 18 にスロット又はその他の幾何学的形態を切り込む。依然として軟鉄金属円環体 18 内に保持された内側リング 14 は、軟磁性金属円環体 18 の内端縁に対する確実な機械的ストッパとして作用する。内側リング 14 は、エポキシ接着剤と共同して、切削する間、軟磁性金属リボン 10 のストリップが分離するのを許容せず、これによりきれいで且つ正確な切削部を生じさせる。円環体 18 又はその他の構成要素構造体におけるスロット切削部は、典型的にコイル巻線を受容するために、又はねじ、ボルト、リベット、周縁バンド部又は同様のものを使用して、構成要素を例えば、ダイナモ発電機ハウジング内にて又は静止誘導型装置内に機械的に固定することを許容するために使用される。

【0044】

50

図 5 に示したように、回転軸線を巻線軸線に対して垂直にのみ配置することにより、正円形の円環体のプリフォームに形成されたスロットは、図 6 により示したように半径方向に向けられる。一部の実施の形態において、これと代替的に、回転軸線は、一部の用途にて望ましいように、水平方向面又は垂直面の何れかにて多少傾斜させて正確に半径方向の向きから偏倚するか又は垂直から偏倚する側壁を有するスロットを形成するようにすることも可能である。

【 0 0 4 5 】

電磁構成要素の形状体となるように軟磁性金属円環体 1 8 がフライス削りされた後、フライス削り組立体 4 0 をフライス盤 5 0 から除去する。次に、フライス削り組立体 4 0 は、必要に応じて軟磁性金属リボン 1 0 の製造メーカーの推奨に従って熱加工する。一部の軟磁性リボン材料は、望まれる磁気性質を実現するため熱加工を必要とする一方、その他の材料は、フライス削り過程の結果としてフライス削りした電磁構成要素の形状体の応力を適正に除去するため、熱加工を必要とする。例えば、非晶質金属リボン 1 0 がメットグラス (Metglas) (登録商標名) 非晶質合金である場合、熱加工は、フライス削り組立体 5 0 を約 6 0 分間 6 9 5 ° F (3 7 0) にて真空加熱炉内に配置するステップを含むことになる。熱加工は、選択随意的に、印加された磁界の存在下にて実行し、好ましい誘発された異方性軸線が生じ且つ損失が最小であるようにする。熱加工は、典型的に、以下に詳細に説明するように、ナノ結晶状材料中に再結晶化を誘発させるためにも必要とされる。フライス削りする間、適正に機械的に封じ込めるならば、一部の材料は、許容可能な磁気性質を実現するために更なる熱加工を行う必要はないと考えられる。

【 0 0 4 6 】

何らかの熱加工を行った後、フライス削り組立体 4 0 は、外側封じ込め部 3 0 、内側封じ込めハット 2 0 、内側リング 1 4 及び使用される任意のリテーナを除去することで分解する。軟磁性金属円環体 1 8 は、このように図 6 に示した軟磁性金属電磁構成要素 6 0 に形成される。

【 0 0 4 7 】

構成要素 6 0 は、ダイナモ発電機用のステータコアとして特に使用可能である。同時に譲渡された米国仮特許出願番号 6 0 / 4 4 4 , 2 7 1 (「 2 7 1 出願」) 及び米国特許出願番号 1 0 / 7 6 9 , 0 9 4 (「 0 9 4 出願」) は、かかるステータが使用される軸方向空隙のダイナモ発電機を提供する。上記の出願の各々は、その全体を参考として引用し本明細書に含めてある。

【 0 0 4 8 】

より特定のには、図 6 には、全体として円環状の支持鉄部分 (back iron section) 6 3 から軸方向に垂れる一体的なステータ歯部分 6 5 を含む単一構造体を提供するステータ組立体 6 0 の一部分が頂面図 (図 6 A) 及び側面図 (図 6 B) にて示されている。隣接する歯部分間のスロット空間 6 4 は、歯部分 6 5 の回りに巻かれたステータコイル (図示せず) を受け入れ得る設計とされている。好ましくは、1 つ又はより多くのステータは、非晶質金属、ナノ結晶状金属又は最適化した Fe 系合金のような低損失材料にて形成されるものとする。

【 0 0 4 9 】

本発明は、本発明の電磁構成要素の 1 つ又はより多くを含む誘導型装置を更に提供する。誘導型装置は、少なくとも 1 つの空隙を有するが、複数の空隙及び複数の磁気回路を有するより複雑な形状体を含むこともでき、この場合、回路のリアクタンスは、選んだコアの形態の空隙を変化させることにより調節可能である。

【 0 0 5 0 】

例えば、多相誘導子又は変圧器は、図 9 に示したコア 1 3 0 を使用して形成することができる。コア 1 3 0 は、支持鉄部分 1 3 4 と、複数の脚部 1 3 6 と、テープ巻きした円環体 1 3 8 により提供される磁束閉塞ヨークとを含む単一構造体 1 3 2 から成っている。図示した実施の形態は、3 つの脚部を含み、3 相装置に適している。単一構造体 1 3 2 は、図 6 に示したステータ 6 0 を製造するときに使用したものと同一の方法により製造するこ

とができる。１相巻線（図示せず）が脚部１３６の各々を取り囲むように配置され、多相誘導子を形成する。変圧器は、勿論、各脚部にて巻線対を採用する。図９に示した型式の全体として同一の２つの構成要素１３２を整合させ、それらのそれぞれの脚部の末端が当接する対面した関係に配設されるようにすることにより、誘導子又は変圧器を形成することもできる。その何れの場合でも、コアの透磁性及びインダクタンスは、対面する脚部の間の空隙又は脚部の端部とヨーク１３８の平面状側部との間の空隙１４０を変化させることで調節可能である。何れかの誘導性装置の形態にて単一構造体１３２の３つの脚部が対称である結果、電氣的インピーダンスが実質的に均衡した特徴を備えるようにすることが望ましい。勿論、脚部の数が望まれる相の数の任意の整数の倍数であるその他の形態とすることも適している。

10

【００５１】

更にその他の実施例において、矩形及び正四角柱及び平面状の多角形面を有するその他の多面体を含むが、これらにのみ限定されない色々なその他の幾何学的形態を有することができる、全体として多面体の形状の電磁構成要素を製造するため、本発明の方法が使用される。更に、上述した幾何学的形状体の任意のものは、少なくとも１つの円弧状面、好ましくは、全体として湾曲し又は円弧状の電磁構成要素を形成するよう対向するように配設された２つの円弧状面を有することができる。一部の形態において、本発明のフライス削りするステップは、接合したプリフォームに少なくとも１つの切削部を形成し、これにより少なくとも１つの電磁構成要素が形成され且つ接合したプリフォームから切断されるステップを含む。

20

【００５２】

本発明は、多面体の形状体が全体として円筒状であり、また、全体として環状部分から半径方向内方又は外方に伸びる複数の歯を更に備えることができる構成要素も提供する。特定型式の電気モータに対して完備したステータ及びロータは、本発明に従ってかかる歯付き電磁構成要素を望ましいように採用する。これらのステータ及びロータは、単一構造であるようにすることができ又はこれらは共同して完成した構成要素を形成する複数の片から形成することができる複数の部品から形成することができる。これと代替的に、ステータ及び（又は）ロータは、本発明の電磁構成要素の非晶質金属部分のみから成り、又は本発明の電磁構成要素の１つ又はより多くをその他の磁性材料と組み合わせのものから成る複合的構造であるようにしてもよい。

30

【００５３】

例えば、図９に示したものと同様の形態である誘導型構成要素はまた、全体として円弧状の構成要素を使用して提供し、脚部１３６を形成し、頂部及び底部に円環状に巻いたヨーク１３８のような支持鉄セグメントが磁束閉塞体を提供するようにすることができる。巻いた円環状支持鉄部分と噛み合った個別に形成した円弧状歯部分も、図６に示したものと同様の軸方向空隙ステータを製造するために使用することができる。図６又は図９の形態にてスロットを形成するため除去された材料は、通常、フライス削りする間、スクラップとして損失されることになるから、かかる配置は、材料をより効率的に使用することを可能にする。他方、個別の円弧状構成要素は、狭小なツール切り口にて僅かな量の材料を損失するのみで形成することができる。その結果、円筒状のプリフォームの各々は、全体として追加的な円弧状歯を提供する。これらの実施例の歯は、所望の内径及び外径を有する円筒状円環状のプリフォームを使用して製造される。好ましくは、歯は、支持鉄部分と実質的に同一の内径及び外径の円環状プリフォームから製造されるものとするが、歯はまた、異なる内径及び外径を有するが、支持鉄円環体と同一構造をしたプリフォームからも形成されよう。歯の各々が僅かな周角度の限界のみを画する、多数の歯を有する一部の形態において、円弧状歯に代えて多面体のウェッジが使用されよう。かかる多面体のウェッジ形状の歯は、例えば、図８Ａに示したように、原材料の矩形の角柱状プリフォームから製造することができる。

40

【００５４】

個別に形成された歯を使用することはまた、追加的な形状の自由度を許容する。例えば

50

、図 10 A に示したように、個別の歯を使用することは、スロット 164 が支持鉄 163 との接続部付近で歯根元にて幅が広がった軸方空隙ステータ 160 を製造することを許容する。ウェッジ形状の歯は、巻線に対する余剰な空間を提供し、巻線を作動可能な空隙から動かして離し、導体の渦電流損失を減少させ、また、歯先端の磁束レベルを低下させる。図 10 B に示した実施例において、ウェッジ形状の歯 161 は、歯の各々の切削と交互にフライス削りツールの軸線を傾斜させることにより円環状プリフォームから切削することができる。かかる歯は矩形のプリフォームから切削することもできる。

【0055】

上記の形態の別個の歯及び支持鉄部分は、任意の適当な手段により互いに固定される。例えば、構成要素部品は接着剤、締結、溶接又は当該技術にて既知のその他の方法を使用して接続することができる。エポキシ、ワニス、嫌気性接着剤、シアノアクリレート及び室温加硫（RTV）シリコン材料から成るものを含む、多岐に渡る接着剤が適している。接着剤は、低粘度、低収縮率、低弾性率、低剥離強度、高温動作能力及び高誘電強度を有することが望ましい。

【0056】

図 11 には、半径方向内方に突き出す歯 104 を有する半径方向空隙ステータ 100 を提供する別の実施の形態が示されている。図示した実施例は、完全なステータ 100 を形成するよう組み立てられる相補的な半円形のステータ部分 102 を提供する。全体として矩形のプリフォーム 110 が提供され、材料を除去して歯を形成し、また、隣接する歯と外周との間にスロットを形成する一連の切削によりフライス削りされる。領域 112 内にて材料を除去することは歯 104 を形成することになる。領域 114 は、スロット 106 を形成するようフライス削りされる。図示した実施の形態において、領域 116 内で材料を除去することにより半スロットが形成される。慎重に切削することにより、部分 102 が接続される箇所である、寄生空隙 108 に起因する減磁を最小することを許容する。図 11 A により示した実施の形態において、領域 117 内の材料は、完全に除去されてステータ半体 102 の各々に対し半円形の外周 119 を提供する。選択随意的に、領域 117 内の材料の一部又は全ては除去されない。かかる実施例において、支持鉄領域 118 内にて低磁束密度が実現される。その他の実施例において、2 つ以上のステータ部分が同様の仕方にて製造され、ステータ部分の各々は完全な円周の必須の部分を提供する。

【0057】

図 1 の円環状のプリフォームは、容易に且つ便宜に巻かれて、材料をより効率的に使用する。従って、このことは、上記のステータ及び誘導子のようなある型式の電磁構成要素の製造にとって好ましい。しかし、図 8 A の矩形のプリフォームを含む、その他のプリフォーム形状体も使用可能である。更に別のプリフォームの幾何学的形態は、円弧状の形状、「C」字形の形状又は同様のものを形成するよう曲げられた複数のリボンを含むことになる。

【0058】

全体として、本発明に従って製造された多面体形状の電磁構成要素は、矩形、四角形及び台形角柱及び同様のものを含む、色々な幾何学的形状体を有することができる。更に、上述した幾何学的形状体の任意のものは、少なくとも 1 つの円弧状面を含み、好ましくは、対向するように配設された 2 つの円弧状面を含み全体として湾曲し又は円弧状の電磁構成要素を形成することができる。

【0059】

本発明の誘導装置は、構成する多面体形状の構成要素、好ましくは、識別される「C」、「U」、「E」、「I」のような特定の大文字の形状と全体として同様の全体的な形状を有するものから組み立てられる。かかる形状体は、上述した方法を使用して矩形の角柱状プリフォームを切削することにより便宜に製造される。図 8 B には、矩形の角柱状プリフォームから製造された「E」字形の構成要素が示されている。

【0060】

誘導装置は、構成要素を固定手段により隣接した状態に固定することにより組み立てら

10

20

30

40

50

れ、これにより少なくとも1つの磁気回路を形成する。固定手段は、接着剤取り付け、締結、バンド留め、溶接又はその他の同様の方法を含むことになる。組み立てた形態において、構成要素の各々における磁性金属ストリップの層は、実質的に平行な面内に位置する。構成要素の各々は、その他の構成要素にて同様の数の相補的な噛み合い面に対して近接し且つ平行に動かされる少なくとも2つの噛み合い面を有する。例えば、C、U、E形状体のような一部の形状体は、全体として、実質的に同一面である噛み合い面にて終わる。I字形（又は矩形の角柱状）形状体は、その両端に2つの平行な噛み合い面を有し又はその長側部に1つ又はより多くの噛み合い面を有することになる。好ましくは、噛み合い面は、コア損失を最小にし得るよう構成要素内で構成リボンの面に対し垂直であるようにする。本発明の一部の実施の形態は、構成要素の作用部の細長い方向に対して留め継ぎ（m i t e r e d）した噛み合い面を有するバルク磁性構成要素を更に備えている。

10

【0061】

本発明の方法は、リニアモータ又はアクチュエータ用の構成要素を製造するためにも使用可能である。好ましい形態は、伸びた支持鉄部分から全体として垂直に垂れる一連の歯を備えている。この形態は、図8BのE字形の構成要素120と同様であるが、追加的な歯122及びスロット124を有し、また、同様の技術を利用して製造することができる。

【0062】

低損失の磁性材料

非晶質金属及びナノ結晶状金属と、最適化したFe系合金とから成る群から選ばれた少なくとも1つの材料の積層したリボン層を含むことが好ましい本発明の構成要素は、典型的な線周波数よりもかなり高い周波数にて作動可能である装置を製造することを許容する。例えば、ダイナモ発電機は、400Hz以上のような高い同期的励起周波数にて作動させることができ、コア損失は、従来の機械に見られる許容し得ない程に大幅な増大と比較して、相対的に僅かだけ増大する。従って、これらの構成要素（特に、ステータコア）にて低損失材料を使用することは、過剰な熱的劣化を伴わずに電力密度及び改良された効率を実現することができる高周波数、極数（p o l e c o u n t）の大きい電気装置を開発することを許容する。好ましくは、ステータ組立体は、非晶質、ナノ結晶状又は最適化したFe系合金から成る群から選ばれた少なくとも1つの材料から成る積層した層を備えるものとする。

20

30

【0063】

非晶質金属

非晶質金属は、本発明の構成要素にて使用するのに適した多数の異なる組成にて存在する。金属ガラスは、少なくとも約 10^6 / sの率にて冷却することにより、溶融体から迅速に急冷された必須の組成物の合金溶融体から典型的に形成される。これらの金属ガラスは、長距離原子秩序を何ら示さず、また、無機質酸化物ガラスについて観察されたものと同様の拡散ハローのみを示すX線回折パターンを有する。適した磁気性質を有する多数の組成物がチェン（C h e n）その他の者に対する米国特許明細書RE32,925に記載されている。非晶質金属は、典型的に、幅20cm以上の薄いリボン（例えば、厚さが最大約50μm）の長い長さの形態にて供給される。不定長さの金属ガラスストリップの形成に有用な過程は、ナラシムハン（N a r a s i m h a n）に対する米国特許明細書4,142,571によって開示されている。本発明にて使用するのに適した一例としての非晶質金属材料は、不定長さであり、また、幅約20cm以内、厚さ20ないし25μm以内のリボンの形態にて、SC、コーンウェイのメットグラスインク（M e t g l a s , I n c）により販売されているメットグラス（登録商標名）2605 SA1である（http://www.metglas.com/products/page5_1_24.htmを参照）。必須の性質を有するその他の非晶質材料を使用することもできる。

40

【0064】

非晶質金属は、磁気器具を製造し且つ使用するとき考慮しなければならない多数の特徴

50

を有する。殆どの軟磁性材料と相違して、非晶質金属（金属ガラスとしても知られている）は、特に、その軟磁性の性質を最適化するため使用される熱加工の後、硬く且つ脆弱である。その結果、従来の軟磁性材料を加工するために通常使用される機械的工程の多くは、非晶質金属にて実行することが困難か又は不可能である。製造されたままの材料を押し抜き加工し、プレス加工又は切削は、許容し得ないツールの磨耗が生じさせ、このため、脆弱な熱処理した材料にて実質的に不可能である。従来のスチールに対してしばしば行われる従来の穴開け及び溶接も、通常、行うことができない。

【0065】

非晶質金属はまた、特定の従来の材料よりも高い磁気歪係数を示す。低磁気歪係数の材料の場合、磁界の影響の下、寸法変化が小さく、その結果、機械からの聴覚的騒音を少なくし、機械製造又は工程の間、誘発される応力の結果として材料がその磁気性質をより劣化し易くする可能性がある。

10

【0066】

こうした解決すべき困難な問題点にも拘わらず、本発明の形態は、進歩した軟磁性材料を成功裏に含み且つ、例えば、約400Hz以上の励起周波数のような高周波数の励起状態にて装置を作動することを許容する構成要素を提供する。装置を製造するための製造技術も提供される。

【0067】

非晶質金属は、高周波数にて遥かに低いヒステリシス損失を示し、その結果、コア損失が遥かに低下する。Si-Fe合金と比較して、非晶質金属は、遥かに低い導電率を有し、また、典型的に、200μm以上の厚さであることがしばしばである、通常、使用されるSi-Fe合金よりも遥かに薄い。これらの特徴の双方は、低渦電流のコア損失を促進することになる。本発明の製造技術は、進歩した材料を使用する従来の試みにて直面する問題点を回避しつつ、低コア損失のような、非晶質金属の有益な性質を活用することを許容する形態を使用して、これらの有益な性質の1つ又はより以上による利益を享受し、これにより高周波数にて効率的に作動する構成要素を成功裏に提供するものである。

20

【0068】

ナノ結晶状金属

ナノ結晶状材料は、約100ナノメートル以下の平均粒子寸法を有する多結晶状材料である。従来の粗粒子の金属と比較して、ナノ結晶状金属の性質は、全体として、増大した強度及び硬度、向上した拡散率、改良された展性及び靱性、減少した密度、減少した弾性率、高電気抵抗、増大した比熱、高い熱膨張係数、低い熱伝導率及び優れた軟磁性の性質を含む。ナノ結晶状金属は、殆どのFe系非晶質金属よりも全体として、多少より高い飽和誘電率をも有する。

30

【0069】

ナノ結晶金属は、多数の技術によって形成することができる。1つの好ましい方法は、上述に教示したもののような技術を使用して、最初に不定な長さの金属ガラスリボンとして必須の組成を鑄造し、また、リボンを巻いた形状体のような望まれる形態に形成するステップを備えている。その後、最初に非晶質材料を熱処理してナノ結晶状微構造を形成する。この微構造は、約100nm以下、好ましくは約50nm以下、より好ましくは約10ないし20nmの平均寸法を有する高密度の粒子が存在することを特徴とする。粒子は、容積にて溶接鉄系合金が少なくとも50%を占めることが好ましい。これらの好ましい材料は、低コア損失及び低磁気歪を有する。後者の性質はまた、構成要素を備える装置の製造及び（又は）作動に起因する応力による磁気性質の劣化に対して抵抗性がある。所定の合金内にてナノ結晶状構造を形成するのに必要とされる熱処理は、実質的に完全なガラス性微構造を維持する設計とされた熱処理に必要とされるよりも高温にて又は長時間、実行しなければならない。好ましくは、ナノ結晶状金属は鉄系材料である。しかし、ナノ結晶状金属は、コバルト又はニッケルのようなその他の強磁性材料系のものとし又はその強磁性材料を含むこともできる。更に、ナノ結晶状材料は、焼鈍した非晶質金属よりも典型的により脆弱であり、これらの材料を更に押し抜きすることを困難にする。

40

50

【0070】

本発明の装置用の磁性要素を製造するために使用するのに適した代表的なナノ結晶状合金は、例えば、ヨシザワ (Yoshizawa) に対する米国特許明細書 4,881,989 及びスズキ (Suzuki) その他の者に対する米国特許明細書 5,935,347 に記載された合金である。かかる材料は、日立金属 (Hitachi Metals)、バキュームシュメルツ (Vacuumschmelze) GmbH 及びアルプス電気 (Alps Electric) から入手可能である。低損失性質を有する一例としてのナノ結晶状金属は、日立ファインメット (Hitachi Finemet) FT-3M である。低損失性質を有する別の一例としてのナノ結晶状金属は、バキュームシュメルツビトロperlum (Vacuumschmelze Vitroperm) 500Z である。

10

【0071】

最適化した Fe 系合金

本発明の構成要素は、最適化した低損失 Fe 系合金材料にて製造することもできる。本明細書にて使用するように「最適化した Fe 系合金」という語は、従来、ダイナモ発電機にて使用され、非晶質又はナノ結晶材料よりも高い飽和誘電率を有することが多い結晶状、Fe 系モータ及び電気スチール材料よりも、低コア損失を有する方向性及び非方向性の Fe 系材料を意味する。好ましくは、かかる材料は、200 μm 以上、また、場合によっては 400 μm 以上の厚さを有する従来からダイナモ発電機及びその他の誘導型装置にて使用されるスチールより遥かに薄い約 125 μm 以下の厚さを有するストリップの形態であることが好ましい。本明細書にて使用したように、方向性材料は、構成する結晶状粒子の主要な結晶軸が無作為の方向とされず、1つ又はより多くの好ましい方向に沿って優勢的に補正された材料である。上記の微構造の結果、方向性ストリップ材料は、異なる方向に沿って、磁氣的励起に対して異なる程度に応答する一方、非方向性材料は等方的に応答する、すなわちストリップの面内にて任意の方向に沿って励起に対して実質的に同一の応答を示す。方向性材料は、その容易な磁化方向が磁束の優勢的な方向と実際に一致するように本発明の機械内に配設されることが好ましい。

20

【0072】

本明細書にて使用するように、従来の Si-Fe とは、重量比にて約 3.5% 以下のシリコンのシリコン含有率のシリコン-鉄合金を意味する。シリコンが重量比にて 3.5% である限界値は、より高いシリコン含有率の場合、Si-Fe 合金の金属加工材料の性質が不良となるため、業界により課されるものである。約 400 Hz 以上の周波数の磁界にて作動することに起因する従来の Si-Fe 合金等級のコア損失は、低損失材料のものよりも実質的に高い。例えば、一部の場合、従来の Si-Fe の損失は、本発明にて教示した周波数の磁束レベルの下、作動する機械にて遭遇する周波数を磁束レベルにて適した非晶質金属のもの 10 倍にも増す。その結果、多くの実施の形態において、高周波数作動下にある従来の材料は、従来の装置を何らかの許容可能な手段によって冷却することができない程度まで加熱されることになる。しかし、本明細書にて最適化した Si-Fe と称したシリコン-鉄合金の一部の等級は、高周波数装置を製造するため直接、適用可能である。

30

【0073】

本発明を実施するときに使用可能な最適化した Fe 系合金は、重量比にて 3.5% 以上、好ましくは 4% 以上のシリコンを含むシリコン-鉄系合金から成る。本発明に従って装置を製造するときに使用される非晶質方向性 Fe 系材料は、実質的に重量比にて約 4% ないし 7.5% の Si を含む程度の Fe と Si との合金から成ることが好ましい。これらの好ましい合金は、従来の Si-Fe 合金よりも多くの Si を有する。また、センダスト (Sendust) のような Fe-Si-Al 合金も使用可能である。

40

【0074】

より好ましい方向性の最適化した合金は、重量比にて約 6.5 $\pm$ 1% の Si を含む Fe にて実質的に成る組成を有する。より好ましくは、約 6.5% の Si を含む合金は飽和磁気歪の値が零に近く、その材料を封じ込める装置を製造し又は作動する間、遭遇する応力

50

に起因する有害な磁気性質の劣化を受け難くする。

【 0 0 7 5 】

最適化する目的は、減少した磁気歪、特に、低コア損失を含む改良された磁気性質を有する合金を得ることである。これらの有益な品質は、適した製造技術により製造されたシリコン含有量が増した特定の合金にて得ることができる。一部の場合、これらの最適化した Si - Fe 合金等級は、非晶質金属のものと同様のコア損失及び磁気飽和を特徴とする。しかし、重量比にて約 4 % 以上の Si を含む合金は、その短距離秩序のため、脆弱となるから、従来の手段によって製造することは困難である。特に、従来の Si - Fe を製造するため使用される従来の圧延技術は、全体として最適化した Si - Fe を製造することはできない。しかし、最適化した Si - Fe を製造するため、その他の既知の技術が使用される。

10

【 0 0 7 6 】

例えば、Fe - 6 . 5 Si 合金の 1 つの適当な形態は、日本、東京の J F E スチールコーポレーション (J F F S t e e l C o r p o r a t i o n) により 5 0 及び 1 0 0 μ m 厚さの磁気ストリップとして供給される (<http://www.jfe-steel.co.jp/en/products/electrical/supercore/index.html> を参照)。ダス (D a s) その他の者に対する米国特許明細書 4 , 8 6 5 , 6 5 7 及びツヤ (T s u y a) その他の者に対する米国特許明細書 4 , 2 6 5 , 6 8 2 に開示されたような急速凝固法によって製造された Fe - 6 . 5 % Si を使用することもできる。急速凝固法は、センダスト及び関連した Fe - Si - Al 合金を製造するためにも知られている。

20

【 0 0 7 7 】

好ましい軟磁性材料の損失振舞い

本発明の構成要素にとって好ましい材料における改良された損失の主要な原因となるものは、顕著に減少したヒステリシス損失である。当該分野にて既知であるように、ヒステリシス損失は、全ての軟磁性材料の磁化中に磁壁の動作が妨げられることに起因する。かかる損失は、全体として本発明の構成要素にて採用されることが好ましい改良された材料よりも、従来の方向性 Si - Fe 合金及び非方向性モータ及び電気スチールのような、従来から使用された磁性材料にて高い。一方、高い損失はコアの過熱の原因となる可能性がある。

30

【 0 0 7 8 】

より特定のには、軟磁性材料のコア損失は、全体として次の改変したシュタインメッツ等式によって表わすことができることが分かった。

$$L = a \cdot f \cdot B^b + c \cdot f^d \cdot B^e \quad (1)$$

ここで、

L は、W / k g で表わした損失、

f は、k H z で表わした周波数、

B は、ピークテスラで表わした磁束密度、

a、b、c、d、e は、全て任意の特定の軟磁性材料に特定の経験的な損失係数である。

40

【 0 0 7 9 】

上記の損失係数 a、b、c、d、e の各々は、一般に、所定の軟磁性材料の製造メーカから得ることができる。本発明のステータ構造体にて使用するのに特に好ましいのは、L が等式 (1) の形態にて表わされ、この場合、 $L = 12 \cdot f \cdot B^{1.5} + 30 \cdot f^{2.3} \cdot B^{2.3}$ としたとき、「L」以下のコア損失を特徴とする低コア損失の磁性材料である。

【 0 0 8 0 】

遥かに高い励起周波数を使用し得る能力は、本発明の構成要素を備えて製造されたダイナモ発電機を遥かに広範囲な可能な極数にて設計することを許容する。本発明の装置における磁極の数は、許容可能な機械寸法 (物理的制約) 及び予想される性能範囲に基づいて

50

可変である。許容可能な励起周波数限界に従って、磁極の数は、磁束漏洩が望ましくない値まで増し又は性能が低下し始めるまで増すことができる。

【 0 0 8 1 】

このように本発明をかなり詳細に説明したが、必ずしも厳格にかかる詳細に従う必要はなく、当該技術の当業者自体は、色々な変更及び形態変更例が案出されよう。例えば、「１つ」「その」又は「上記」といった語を使用して単数にて要素を説明することは、要素を単数にのみ限定するものと解釈すべきではない。従って、かかる形態変更は、特許請求の範囲により規定されて本発明の範囲により包含されることを意図するものである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 2 】

【図 1】軟磁性金属リボンを内側リングに巻く状態を示す斜視図である。

【図 2】本発明を実施するときに使用される内側巻きハットを示す斜視図である。

【図 3】本発明を実施するときに使用される外側巻きハットを示す斜視図である。

【図 4】本発明のフライス削り組立体を示す斜視図である。

【図 5】本発明に従ったフライス削り組立体のフライス削り状態を示す斜視図である。

【図 6】6 A は、本発明の電磁構成要素の正面図である。6 B は、本発明の電磁構成要素の側面図である。

【図 7】2つの同時に巻いた層を有する本発明の円環状プリフォームを製造するため使用される巻きシステムの概略図である。

【図 8】8 A は、本発明の矩形の角柱状プリフォームの斜視図である。8 B は、図 8 A のプリフォームから形成された本発明の E 字形電磁構成要素の斜視図である。

【図 9】本発明の誘導型装置の斜視図である。

【図 10】10 A は、本発明に従って製造された図 10 A の軸方向空隙ステータの部分斜視図である。10 B は、本発明に従って製造された軸方向空隙ステータの歯の部分斜視図である。

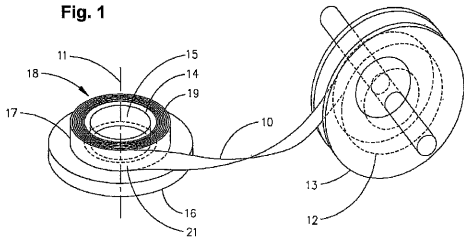
【図 11】11 A は、本発明に従って製造された半径方向空隙ステータの平面図である。11 B は、本発明に従った図 11 A の半径方向空隙ステータの一部を製造する方法を示す平面図である。

10

20

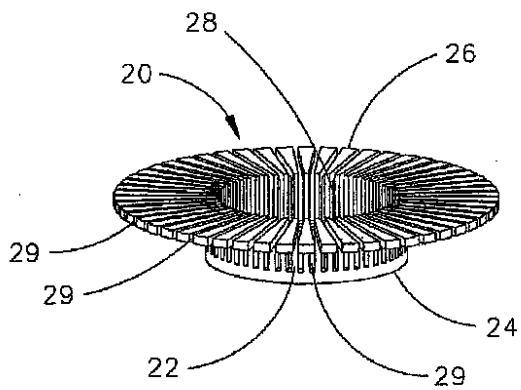
【 図 1 】

Fig. 1



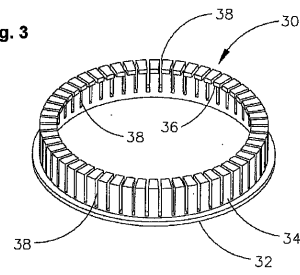
【 図 2 】

Fig. 2



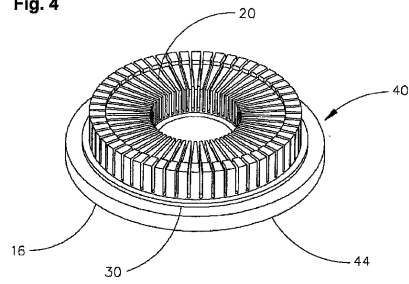
【 図 3 】

Fig. 3



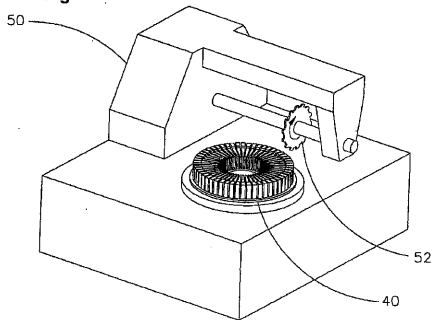
【 図 4 】

Fig. 4



【 図 5 】

Fig. 5



【 図 6 】

Fig. 6A

w = スロット幅
D = ステータ外径
d = ステータ内径

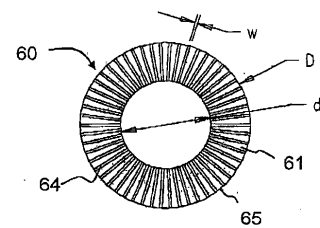
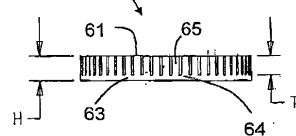
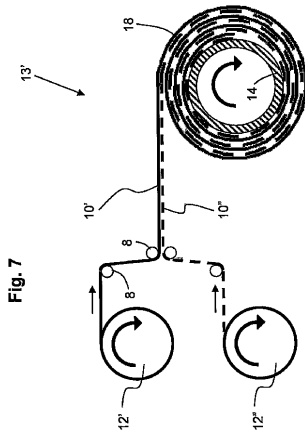


Fig. 6B

T = 歯の高さ
H = 全高さ

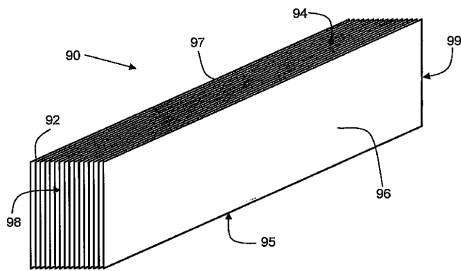


【 図 7 】



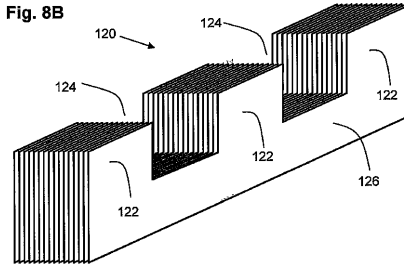
【 図 8 A 】

Fig. 8A



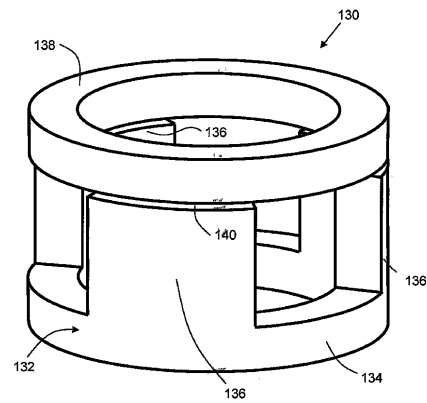
【 図 8 B 】

Fig. 8B



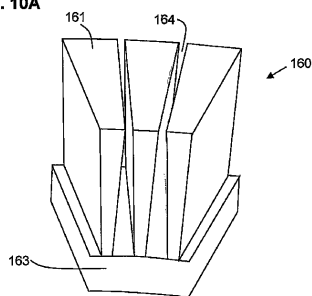
【 図 9 】

Fig. 9



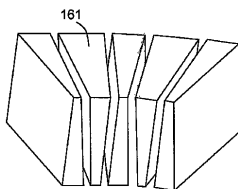
【 図 10 A 】

Fig. 10A



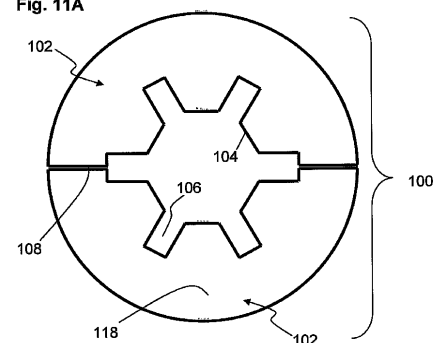
【 図 10 B 】

Fig. 10B



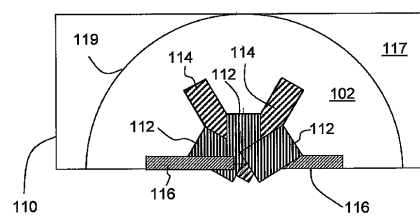
【 図 11 A 】

Fig. 11A



【 図 11 B 】

Fig. 11B



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US06/25675

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - H01F 7/06 (2007.01)

USPC - 29/602.1

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC(8) - H01F 7/06 (2007.01)

USPC - 29/602.1

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

MicroPatent, IP.com, DialogPro

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5,028,830 A (MAS) 02 July 1991 (02.07.1991) entire document	1-46
Y	US 6,803,694 B2 (DECRISTOFARO et al) 12 October 2004 (12.10.2004) entire document	1-6, 15-46
Y	US 6,462,456 B1 (DECRISTOFARO et al) 08 October 2002 (08.10.2002) entire document	7-13
Y	WO 2005/022738 A2 (HIRZEL) 10 March 2005 (10.03.2005) entire document	14,38-40, 46
A	US 4,621,248 A (SHIGETA et al) 04 November 1986 (04.11.1986) entire document	1-46
A	US 6,106,376 A (RYBAK et al) 22 August 2000 (22.08.2000) entire document	1-46

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 March 2007

Date of mailing of the international search report

04 SEP 2007

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents

P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. 571-273-3201

Authorized officer:

Blaine R. Copenheaver

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100093089

弁理士 佐久間 滋

(72)発明者 バーワルド, トーマス・ジェイ

アメリカ合衆国ミシガン州 4 9 4 1 7, グランド・ヘブン, パイン・アイランド 1 4 6 8 2

(72)発明者 ペイジ, ケンダル・エス

アメリカ合衆国ミシガン州 4 9 4 2 3, ホランド, カントリー・リッジ・コート 4 7 8 8

(72)発明者 ハーゼル, アンドリュー・ディー

アメリカ合衆国ミシガン州 4 9 0 0 9, カラマズー, ノース・サード・ストリート 5 3 9 8

F ターム(参考) 5H601 AA09 AA26 BB16 CC01 CC14 DD01 DD09 DD11 DD18 EE13

EE19 EE20 FF15 FF17 GC12 GC15 HH02 KK02 KK03 KK10

KK21

5H615 AA01 BB01 BB02 BB14 BB15 PP01 PP02 PP06 SS03 SS08

SS11 SS18 SS24 SS26 SS41 TT04