

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-273352

(P2009-273352A)

(43) 公開日 平成21年11月19日(2009.11.19)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード(参考)
<b>HO2K 15/04</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K 15/04		A	5H603
<b>HO2K 3/28</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K 3/28		N	5H615

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2009-74710 (P2009-74710)  
 (22) 出願日 平成21年3月25日(2009.3.25)  
 (31) 優先権主張番号 特願2008-99229 (P2008-99229)  
 (32) 優先日 平成20年4月7日(2008.4.7)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000004260  
 株式会社デンソー  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地  
 (74) 代理人 100081776  
 弁理士 大川 宏  
 (72) 発明者 高田 雅広  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
 社デンソー内  
 (72) 発明者 手嶋 邦治  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
 社デンソー内  
 (72) 発明者 嶋岡 秀二  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
 社デンソー内

最終頁に続く

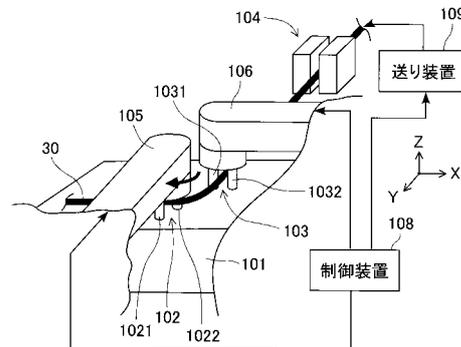
(54) 【発明の名称】 波巻きステータコイルの製造方法

(57) 【要約】

【課題】生産能率に優れた波巻きステータコイル用の周方向展開ステータコイルの製造方法を提供すること。

【解決手段】絶縁被覆平角線30を曲げ付勢用工具セット102及び曲げ加工用工具セット103で挟み、曲げ付勢用工具セット102を水平移動させることにより曲げ加工用工具セット103の柱状曲げ工具1022の側面に沿いつつ曲げる。これにより、絶縁被覆平角線30に柱状曲げ工具1022の側面所定R形状を転写することができる。その後、曲げ付勢用工具セット102及び曲げ加工用工具セット103を移動させることにより、絶縁被覆平角線30を順次曲げることにより、クランク状の絶縁被覆平角線30を形成できる。このクランク状の絶縁被覆平角線30は、周方向展開ステータコイルのコイルエンド部とスロット収容導体部と構成する。

【選択図】図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ステータコアのスロットに收容されるステータコイルの導体部分であるスロット收容導体部と、スロットの外側に露出する前記ステータコイルの導体部分であるコイルエンド部とから構成される周方向展開波巻きステータコイルを作製するために、長尺の絶縁被覆された導体線を前記スロット收容導体部と前記コイルエンド部との境界部にて曲げるコイル曲げ形成工程と、

前記周方向展開波巻きステータコイルを丸めてステータコアのスロットに挿入するスロット挿入工程とを順次実施してステータコイルを製造する波巻きステータコイルの製造方法において、

前記コイル曲げ形成工程は、

1つの壁面とこの壁面に面する間隙をそれぞれ有する2つの工具セットを準備し、それらの一方を曲げ加工用工具セットとして設定すると共に、他方を曲げ付勢用工具セットとして設定する設定工程と、

前記導体線が前記曲げ加工用工具セットの工具間隙間を貫通しつつ前記導体線の一部が所定長さだけ突出するように、前記曲げ加工用工具セットを前記導体線の曲げ部位に配置すると共に、前記導体線が前記曲げ付勢用工具セットの工具間隙間を貫通するように、前記曲げ付勢用工具セットを前記導体線の前記突出部の付勢位置に配置する配置工程と、

前記曲げ付勢用工具セットを前記曲げ加工用工具セットに対し相対移動させ、前記曲げ付勢用工具セットの壁面を介して前記付勢位置で前記導体線に曲げ力を加えることにより、前記導体線を前記曲げ部位で前記曲げ加工用工具セットの壁面に接触させ、曲げ力に応じて前記導体線を前記曲げ部位で曲げて前記導体線の境界角部を形成し、この曲げ部位と以前に形成された曲げ部位との間に所定長さを有する1つのスロット收容導体部又は1つのコイルエンド部を形成する曲げ工程と、少なくとも一方の工具セットから前記導体線を離脱させる逃がし工程と、

からなり、

前記各工程をそれらの順で繰り返し実施することにより前記周方向展開波巻きステータコイルを製造することを特徴とする波巻きステータコイルの製造方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の波巻きステータコイルの製造方法において、

前記曲げ工程は、前記導体線を略直角に曲げる波巻きステータコイルの製造方法。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の波巻きステータコイルの製造方法において、

前記曲げ工程は、前記曲げ加工用工具セットの工具壁面の形状を前記導体線に転写することによって前記境界角部を形成する波巻きステータコイルの製造方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載の波巻きステータコイルの製造方法において、

前記配置工程は、前記曲げ加工用工具セットの工具間隙間から前記導体線の一部が所定長さだけ突出するように移動させる工程を含む波巻きステータコイルの製造方法。

## 【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項記載の波巻きステータコイルの製造方法において、

前記コイル曲げ形成工程は、

前記導体線の延在方向に略直角な第 1 方向に延在する第 1 柱状曲げ工具及び第 2 柱状曲げ工具との間に間隙が確保され、前記工具間隙を介して前記第 1 柱状曲げ工具の第 1 側壁と第 2 柱状曲げ工具の第 2 側壁とが対向する各工具セットを準備する準備工程を含み、

前記曲げ工程は、

前記曲げ付勢用工具セットの第 1 側壁を介して前記導体線に曲げ力を印加する工程と、

前記曲げ加工用工具セットの第 2 側壁に沿って前記導体線を曲げる工程と、

前記曲げ加工用工具セットの第 2 側壁の曲率半径を前記導体線の前記境界角部に与えることによって前記曲げ加工用工具セットの第 2 側壁の形状を前記導体線に転写する工程と

10

20

30

40

50

を含む波巻きステータコイルの製造方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項記載の波巻きステータコイルの製造方法において、前記導体線は、矩形状断面を有する絶縁被覆平角導体線である波巻きステータコイルの製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項記載の波巻きステータコイルの製造方法において、前記配置工程は、  
前記コイルエンド部に隣接する 2 つの前記スロット収容導体部を前記スロット挿入工程で 2 つのスロットに挿入し、前記コイルエンド部を径方向位置に配置するために、前記配置工程に続いて実施される前記曲げ工程で所定長さを有する前記コイルエンド部を形成する時、略円筒形状に形成されたステータコアの径方向位置における前記ステータコアのスロット間距離に従って前記導体線の一部分を所定長さに設定する工程と、  
前記スロット収容導体部を前記スロット挿入工程で前記スロットに挿入するために、前記配置工程に続いて実施される前記曲げ工程で所定長さを有する前記スロット収容導体部を形成する時、前記ステータコアの軸方向位置における 1 スロットの長さに従って前記導体線の一部分を所定長さに設定する工程と、  
を含む波巻きステータコイルの製造方法。

10

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項記載の波巻きステータコイルの製造方法において、前記曲げ付勢用工具セット及び前記曲げ加工用工具セットは、前記工具セットを 3 次元移動させる工具駆動装置に脱着可能に装着される波巻きステータコイルの製造方法。

20

【請求項 9】

請求項 8 記載の波巻きステータコイルの製造方法において、  
前記ロボットハンドは、前記曲げ加工された前記絶縁被覆平角導体線の所定部位に対して追加の曲げ加工を行う追加曲げ工具を更に装備し、  
前記スロット収容導体部と前記コイルエンド部との間の境界角部が形成された前記絶縁被覆平角導体線に対して、前記追加曲げ工具により前記追加の曲げ加工を行う波巻きステータコイルの製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機の波巻きステータコイルの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

EVやHVなどの自動車において、燃費に大きな正相関をもつ車重の低減が強く要求されている。このため、重量が大きいEVやHV用大電力モータ（たとえば走行モータ）の重量当たり出力（kW/kgw）の向上が要求されている。従来より、ステータのスロット占積率すなわちスロット断面積当たりのコイル導体断面積の増大がモータの重量当たり出力（kW/kgw）に強い正相関をもつことが知られている。多数本の丸細線を一つのスロットに巻装する従来のモータではスロット占積率をたとえば40%程度と小さい。これに対して大断面積の角形線をステータコイルとして用いることができれば、スロット占積率を大幅に向上できる。しかしながら、このような大形平角導体線は、通常の丸細線のようにコイル巻線機でステータに巻くことができないことはもちろん、その曲げ加工自体が難しかった。このため、大形平角導体線を用いてステータを製造する場合、大形平角導体線を予め必要形状に曲げ加工してステータコイル又はその一部を完成しておき、それをステータコアに挿入してステータを完成させるのが一般的である。この種の大形平角導体線を用いたステータコイル用の製造及び加工形態の例としてたとえば下記の特許文献1が知られている。この特許文献1は、金型を用いて導体線からステータコイルのセグメント導体を曲げ加工することを提案している。

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第3894004号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、ステータコイル用のコイル導体として用いる大形平角導体線を曲げる場合、その絶縁皮膜にかかる引っ張り、圧縮ストレスがコイル導体の断面積の増大に応じて増大し、絶縁皮膜の絶縁耐圧が低下してしまうという問題があった。

10

【0005】

この問題は、ステータコイルのうち、スロット内のスロット収容導体部とスロット外のコイルエンド部との境界角部において最も先鋭的に生じる。これは、この境界角部において、コイル導体がほぼ直角に曲げられるためである。

【0006】

上記特許文献のように、一对の金型にて導体線を一挙に略直角に曲げてコイルエンド部の両側の境界角部を一挙に形成する場合、コイルエンド部の曲げストレスが相乗的に作用して絶縁皮膜の強度を超え、その結果として絶縁皮膜の破損防止が容易ではないことがわかった。

20

【0007】

そのうえ、金型によりコイルエンド部を作製する場合、多数の金型を準備する必要があり、製造装置の初期投資が巨額となるという問題もあった。更に説明すると、スロット外を略周方向に延在する各コイルエンド部のうち径方向外側の部分と径方向内側の部分との周方向幅は異なり、これに併せて導体線にコイルエンド部の形状を与える金型の形状を変更する必要がある。更に、車両のモデルチェンジに合わせてモータサイズをモデル変更する場合、金型交換費用は大きな問題となる。その他、長期の金型使用により摩耗した金型の交換コストも無視できなかった。

【0008】

本発明は上記問題点に鑑みなされたものであり、金型負担を軽減しつつ絶縁被覆平角導体線製の周方向展開波巻きステータコイルのコイルエンド部を成形可能な波巻きステータコイルの製造方法を提供することをその目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決する請求項1記載の本発明は、波巻きステータコイルの製造方法において、ステータコアのスロットに収容されるステータコイルの導体部分であるスロット収容導体部と、スロットの外側に露出する前記ステータコイルの導体部分であるコイルエンド部とから構成される周方向展開波巻きステータコイルを作製するために、長尺の絶縁被覆された導体線を前記スロット収容導体部と前記コイルエンド部との境界部にて曲げるコイル曲げ形成工程と、前記周方向展開波巻きステータコイルを丸めてステータコアのスロットに挿入するスロット挿入工程とを順次実施してステータコイルを製造する波巻きステータコイルの製造方法において、前記コイル曲げ形成工程は、1つの壁面とこの壁面に面する間隙をそれぞれ有する2つの工具セットを準備し、それらの一方を曲げ加工用工具セットとして設定すると共に、他方を曲げ付勢用工具セットとして設定する設定工程と、前記導体線が前記曲げ加工用工具セットの工具間隙間を貫通しつつ前記導体線の一部が所定長さだけ突出するように、前記曲げ加工用工具セットを前記導体線の曲げ部位に配置すると共に、前記導体線が前記曲げ付勢用工具セットの工具間隙間を貫通するように、前記曲げ付勢用工具セットを前記導体線の前記突出部の付勢位置に配置する配置工程と、前記曲げ付勢用工具セットを前記曲げ加工用工具セットに対し相対移動させ、前記曲げ付勢用工具セットの壁面を介して前記付勢位置で前記導体線に曲げ力を加えることにより、前記導体線を前記曲げ部位で前記曲げ加工用工具セットの壁面に接触させ、曲げ力に応じて前記導

40

50

体線を前記曲げ部位で曲げて前記導体線の境界角部を形成し、この曲げ部位と以前に形成された曲げ部位との間に所定長さを有する1つのスロット収容導体部又は1つのコイルエンド部を形成する曲げ工程と、少なくとも一方の工具セットから前記導体線を離脱させる逃がし工程と、からなり、前記各工程をそれらの順で繰り返し実施することにより前記周方向展開波巻きステータコイルを製造することを特徴とする。

【0010】

すなわち、この波巻きステータコイルの製造方法は、導体線をそのコイルエンド部とスロット収容導体部との境界角部で順次曲げていくことにより周方向展開波巻きステータコイルを製造する。この周方向展開波巻きステータコイルはその後、丸められてステータコアのスロットに挿入される。好適には、ステータコアとしては分割コア又はオープンスロット型のフルコアの採用される。

10

【0011】

このようにすれば、導体線を順次曲げることにより波巻きステータコイルの上記境界角部を順次に作製していくため、金型を用いてコイルエンド部及びその両側の2つの境界角部を一挙に作製する場合に比べて、絶縁皮膜に掛かる引っ張りストレスや圧縮ストレスさらには捻りストレスが大幅に低減でき、その結果、導体線の断面積を増大しても絶縁皮膜に掛かるストレスをその許容範囲内に収めることができ、絶縁皮膜破損による製造歩留まりが従来の金型使用の場合に比べて大幅に向上できることを見いだした。本発明者らは、この理由として本発明の順次曲げ手法が境界角部を一個づつ曲げていくために、ストレスの発生が少ないためと考えている。

20

【0012】

コイルエンド部に対する上記境界角部以外の曲げ加工は、この境界角部の曲げ加工の前後で行うことができる。好適には、この境界角部の曲げ加工の後で行われる。この境界角部以外の曲げ加工においても、境界角部の曲げ加工とは別に行われるため、絶縁皮膜のストレスが低減し、その分だけ大断面積の絶縁被覆導体線を採用することが可能となる。

【0013】

分布巻きステータコイルのうち、波巻きは工具運動が単純化できるため、製造装置を単純化できる利点がある。

【0014】

更に、この発明では、上記境界角部の順次曲げ加工を単純な動作を行う2セットの工具セットを用いて行う点をその特徴としている。この点について、より詳しく説明する。

30

【0015】

これらの工具セットは、1つの壁面とこの壁面に面する隙間をそれぞれ有する2つの工具セットにより構成され、導体線が両工具セットの各工具の間に挿入される。このようにすれば、一方の工具セットを他方の工具セットに対して平面運動（たとえば直線運動又は回動運動）させることにより、工具の工具側面の形状を境界角部に容易に転写することができる。

【0016】

この発明では更に、曲げ後に、工具を導体線から引き抜いて導体線を搬送し、その後、工具にて再度導体線を挟んで次の境界角部にて同様の曲げ加工を行う。すなわち、本発明によれば、単純な工具の動きにより、導体線に順次境界角部を形成して葛折り状に波巻きステータコイルを製造することができる。このため、製造装置及びその運動の複雑化を回避し、装置コストの増大を抑止し、生産性を向上することができる。

40

【0017】

更に都合がよいことに、本発明によれば、径方向外側に配置されるコイルエンド部と、径方向内側に配置されるコイルエンド部との間の周方向幅の変更にも容易に対応できるという利点もある。

【0018】

請求項2記載の発明は、前記曲げ工程が、前記導体線を略直角に曲げる。これにより、クランク状（葛籠折れ状）の導体線を形成することができる。

50

## 【 0 0 1 9 】

請求項 3 記載の発明は、前記曲げ工程が、前記曲げ加工用工具セットの工具壁面の形状を前記導体線に転写することによって前記境界角部を形成する。これにより、所望形状の境界角部を確実に形成することができる。

## 【 0 0 2 0 】

請求項 4 記載の発明は、前記配置工程が、前記曲げ加工用工具セットの工具間隙間から前記導体線の一部が所定長さだけ突出するように移動させる工程を含む。これにより、曲げ加工用工具セットを、曲げ加工用工具セットの工具間隙間から導体線の一部が所定長さだけ突出する状態に配置することができる。

## 【 0 0 2 1 】

請求項 5 記載の発明は、前記コイル曲げ形成工程が、前記導体線の延在方向に略直角な第 1 方向に延在する第 1 柱状曲げ工具及び第 2 柱状曲げ工具との間に間隙が確保され、前記工具間隙を介して前記第 1 柱状曲げ工具の第 1 側壁と第 2 柱状曲げ工具の第 2 側壁とが対向する各工具セットを準備する準備工程を含み、前記曲げ工程は、前記曲げ付勢用工具セットの第 1 側壁を介して前記導体線に曲げ力を印加する工程と、前記曲げ加工用工具セットの第 2 側壁に沿って前記導体線を曲げる工程と、前記曲げ加工用工具セットの第 2 側壁の曲率半径を前記導体線の前記境界角部に与えることによって前記曲げ加工用工具セットの第 2 側壁の形状を前記導体線に転写する工程とを含む。これにより、導体線に所望の曲率半径を有する湾曲形状を与えることができる。また、一对の柱状曲げ工具を、曲げ付勢用工具セット及び曲げ加工用工具セットとして用いることにより、曲げ加工工程を簡素化することができる。尚、工具セットをなす一つの柱状曲げ工具の側面形状（特にその曲率半径）は、導体線のストレスの大きさに非常に強い相関をもつが、当業者であれば試作などにより柱状曲げ工具の最適な側面形状を希求できることは当然である。

## 【 0 0 2 2 】

請求項 6 記載の発明は、前記導体線が、矩形状断面を有する絶縁被覆平角導体線である。これにより、絶縁被覆平角導体線からなる周方向展開波巻きステータコイルを製造することができる。

## 【 0 0 2 3 】

請求項 7 記載の発明は、前記配置工程が、前記コイルエンド部に隣接する 2 つの前記スロット収容導体部を前記スロット挿入工程で 2 つのスロットに挿入し、前記コイルエンド部を径方向位置に配置するために、前記配置工程に続いて実施される前記曲げ工程で所定長さを有する前記コイルエンド部を形成する時、略円筒形状に形成されたステータコアの径方向位置における前記ステータコアのスロット間距離に従って前記導体線の一部を所定長さに設定する工程と、前記スロット収容導体部を前記スロット挿入工程で前記スロットに挿入するために、前記配置工程に続いて実施される前記曲げ工程で所定長さを有する前記スロット収容導体部を形成する時、前記ステータコアの軸方向位置における 1 スロットの長さに従って前記導体線の一部を所定長さに設定する工程と、を含む。これにより、導体線に所望の長さのコイルエンド部及びスロット収容導体部を自在に形成することができる。

## 【 0 0 2 4 】

請求項 8 記載の発明は、前記曲げ付勢用工具セット及び前記曲げ加工用工具セットが、前記工具セットを 3 次元移動させる工具駆動装置に脱着可能に装着される。これにより、たとえば汎用のロボットハンドを用いて装置を容易に実現できるとともに、工具交換によりモータモデルの変更による境界角部の曲率半径の変更にも工具変更のみで容易に対応することができる。

## 【 0 0 2 5 】

請求項 9 記載の発明は、前記ロボットハンドが、前記曲げ加工された前記絶縁被覆平角導体線の所定部位に対して追加の曲げ加工を行う追加曲げ工具を更に装備し、前記スロット収容導体部と前記コイルエンド部との間の境界角部が形成された前記絶縁被覆平角導体線に対して、前記追加曲げ工具により前記追加の曲げ加工を行う。これにより、製造装置

10

20

30

40

50

のコンパクト化、簡素化を実現することができる。

【0026】

なお、本発明で言う境界角部とは、波巻きステータコイルのスロット収容導体部とコイルエンド部とを繋ぐ部位、すなわち、スロットから出た直後のコイル導体の部位を意味する。この部位は、コイルエンドの軸方向長が短いステータコイルでは、略直角に曲げられる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】実施例の波巻きステータコイルの一本のコイル導体を示す部分斜視図である。

【図2】実施例の波巻きステータコイルをもつステータの部分斜視図である。

10

【図3】実施例の展開波巻きステータコイルを示す模式図である。

【図4】絶縁被覆平角線を曲げる曲げ加工装置を示す模式斜視図である。

【図5】図4の曲げ加工装置の曲げ動作直前を示す模式平面図である。

【図6】図4の曲げ加工装置の曲げ動作直後を示す模式平面図であり、(a)は時計回り曲げを、(b)は半時計回り曲げをそれぞれ示している。

【図7】コイル曲げ形成工程の流れを示すフローチャートである。

【図8】図4の曲げ加工装置を用いた第1の曲げ工程例を示す模式図である。

【図9】図4の曲げ加工装置を用いた第1の曲げ工程例を示す模式図である。

【図10】図4の曲げ加工装置を用いた第1の曲げ工程例を示す模式図である。

【図11】図4の曲げ加工装置を用いた第1の曲げ工程例を示す模式図である。

20

【図12】図4の曲げ加工装置を用いた第1の曲げ工程例を示す模式図である。

【図13】図4の曲げ加工装置を用いた第1の曲げ工程例を示す模式図である。

【図14】図4の曲げ加工装置を用いた第1の曲げ工程例を示す模式図である。

【図15】図4の曲げ加工装置を用いた第1の曲げ工程例を示す模式図である。

【図16】図4の曲げ加工装置を用いた第1の曲げ工程例を示す模式図である。

【図17】図4の曲げ加工装置を用いた第2の曲げ工程例を示す模式図である。

【図18】図4の曲げ加工装置を用いた第2の曲げ工程例を示す模式図である。

【図19】図4の曲げ加工装置を用いた第2の曲げ工程例を示す模式図である。

【図20】図4の曲げ加工装置を用いた第2の曲げ工程例を示す模式図である。

【図21】図4の曲げ加工装置を用いた第2の曲げ工程例を示す模式図である。

30

【図22】図4の曲げ加工装置を用いた第2の曲げ工程例を示す模式図である。

【図23】図4の曲げ加工装置を用いた第2の曲げ工程例を示す模式図である。

【図24】図4の曲げ加工装置を用いた第2の曲げ工程例を示す模式図である。

【図25】図4の曲げ加工装置を用いた第2の曲げ工程例を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

本発明の波巻きステータコイルの製造方法の好適な実施形態を、図面を参照して説明する。なお、本発明は下記の実施形態に限定解釈されるべきではなく、その他の公知技術の組み合わせにより本発明の技術思想を実現してもよいことはもちろんである。

【0029】

40

(実施例1)

(波巻きステータコイル)

まず、コイルエンド部が階段状に形成されたこの実施形態の波巻きステータコイルについて、図1、図2を参照して説明する。図1は、この波巻きステータコイルの一本のコイル導体の一部を示す部分斜視図であり、図2は、階段状のコイルエンド部の集合体である波巻きステータコイルのコイルエンドを示す部分斜視図である。

【0030】

11はインナーロータ型モータのステータ、12はオープンスロットを有するステータコア、13はステータコア12の端面、20は波巻き3相のステータコイルである。互いに隣接する2つのスロット14、15に同相のステータコイル20が巻装されていわゆる

50

毎極毎相 2 スロット構成となっている。ステータコイル 20 の各相巻線は、絶縁被覆平角線 30 を屈曲加工して形成されている。絶縁被覆平角線 30 はスロット内にその深さ方向に一直列に配列されているが、これに限定されることなく、スロット内に行列状に配置してもよい。屈曲形成された絶縁被覆平角線 30 は、ステータコア 12 のスロット 14、15 内に收容されるスロット收容導体部 40 と、軸方向及び周方向へ延在しつつ周方向略 1 磁極ピッチ離れた 2 つのスロット收容導体部 40 の端部同士をステータコア 12 の軸方向両端にて接続するコイルエンド部 42 とを交互に有している。コイルエンド部 42 は、図 1 に示すように、階段状に形成され、その軸方向先端部において、径方向に絶縁被覆平角線 30 の径方向厚さだけ曲げられている。これにより、波巻き相巻線を構成することができる。

10

#### 【0031】

重要な点は、図 2 に示すスロット 14、15 の周方向ピッチは、スロットの径方向外側において広く、径方向内側において狭いことである。したがって、コイルエンド部 42 の周方向幅はその径方向位置においてそれぞれ異なる点である。また、コイルエンド部 42 とスロット收容導体部 40 との間の境界角部はほぼ直角に曲げられ、これによりコイルエンド部 42 の軸方向突出長の短縮を実現している。

#### 【0032】

(ステータ製造工程の全体の流れ)

波巻きステータコイルの製造工程の流れを説明する。

#### 【0033】

まず、ワイヤドラムから引き出した絶縁被覆平角線 30 を所定ピッチで略直角に曲げ加工してスロット收容導体部 40 とコイルエンド部 42 との間の境界角部を形成する(コイル曲げ形成工程)。これにより、クランク状(葛籠折れ状)の絶縁被覆平角線 30 が形成される。図 3 は、実施例の展開波巻きステータコイルを示す模式図である。次に、このクランク状の絶縁被覆平角線 30 のコイルエンド部 42 に図 1 に示す階段状に折り曲げる。なお、この実施例では、コイルエンド部 42 を図 1 に示すように階段状に曲げたが、公知の種々のコイルエンド形状に曲げてよい(コイルエンド部形成工程)。これにより、周方向に展開された 1 相の波巻き相巻線が形成される。次に、3 つの波巻き相巻線を組み合わせる周方向に展開された 3 相周方向展開コイルを形成する(周方向展開コイル形成工程)。

20

30

#### 【0034】

次に、この周方向展開コイルを丸めて 3 相波巻きステータコイルを完成させ、この 3 相波巻きステータコイルに分割コアのティースを挿入し、その後、円筒状のバックヨークを被せてステータを完成させる。このステータコイル製造工程によれば、境界角部を予め曲げ成形してからコイルエンド部 42 を最終形状に曲げ加工するため、絶縁被覆平角線 30 の絶縁皮膜に与えるストレスを軽減することができる。

#### 【0035】

(コイル曲げ装置及び曲げ動作)

次に、クランク状(葛籠折れ状)の絶縁被覆平角線 30 を形成する上記コイル曲げ形成工程を更に詳しく説明する。この実施例のコイル曲げ形成工程の特徴は、クランク状の絶縁被覆平角線 30 の境界角部を順番に折り曲げていく点にその特徴があり、これにより折り曲げ装置の構成、動作を簡素化するとともに、絶縁皮膜に与えるストレスも軽減することができる。

40

#### 【0036】

(コイル曲げ装置 100)

コイル曲げ装置 100 を図 4 に示す。

#### 【0037】

図 4 は絶縁被覆平角線 30 を略直角に曲げて境界角部を形成した状態を示す。101 はテーブル、102 は第 1 工具セット、103 は第 2 工具セット、104 はガイド装置、105、106 は工具セットを移動させるための移動装置であり、この実施形態では先端部

50

を3次元移動可能なロボットハンドを用いるが、専用装置により構成してもよい。また、108はコイル曲げ装置100の動作を制御する制御装置、109は絶縁被覆平角線30を送るための送り装置である。

【0038】

ガイド装置104は、互いに所定隙間を隔てて立設された一对の角柱部からなり、絶縁被覆平角線30がガイド装置104の角柱部間からテーブル101上へ水平に延在している。

【0039】

第1工具セット102は、一对の柱状曲げ工具1021、1022からなり、テーブル101上にてロボットハンド105の先端部に固定され、第2工具セット103は、一对の柱状曲げ工具1031、1032からなり、テーブル101上にてロボットハンド106の先端部に固定されている。柱状曲げ工具1021、1022は水平方向に所定の隙間を隔てて平行に垂下し、柱状曲げ工具1031、1032は水平方向に所定の隙間を隔てて平行に垂下している。ガイド装置104から出た絶縁被覆平角線30は、これらの2つの隙間を貫通している。

10

【0040】

この曲げ装置100による境界角部の形成動作を、図4～図6を参照して説明する。図5は曲げ加工前を示す模式平面図、図6は、図4の曲げ加工装置の曲げ動作直後を示す模式平面図であり、(a)は時計回り曲げを、(b)は半時計回り曲げをそれぞれ示している。ただし、図5、図6においてロボットハンドの図示は省略されている。

20

【0041】

各柱状曲げ工具1021、1022、1031、1032は図5、図6に示すように、一对の平行辺を半円で繋いだ水平断面形状を有している。ロボットハンド105により柱状曲げ工具1031、1032を柱状曲げ工具1021を略中心として図4に矢印で示す向き90度だけ水平回転させると、絶縁被覆平角線30は、柱状曲げ工具1031の半円側面に沿って略直角に曲げられ、これにより絶縁被覆平角線30に柱状曲げ工具1031に1/4円形状の側面をもつ境界角部31が形成される。

【0042】

(コイル曲げ形成工程1)

上記したコイル曲げ装置100を用いて絶縁被覆平角線30に境界角部を順次形成する方法を、図7を参照しつつ説明する。図7は、コイル曲げ形成工程の流れを示すフローチャートである。

30

【0043】

図7に示すように、コイル曲げ形成工程は、設定工程S701、配置工程S702、曲げ工程S703、逃がし工程S704及び判定工程S705を含んでいる。

【0044】

設定工程S701では、第1と第2の工具セット102、103の一方が曲げ加工用工具セットとして設定され、他方の工具セットが曲げ付勢用工具セットとして設定される。本実施形態では、第1工具セット102は常に曲げ付勢用工具セットとして設定され、第2工具セット103は常に曲げ加工用工具セットとして設定される。

40

【0045】

配置工程S702では、絶縁被覆平角線30が曲げ加工用工具セット103の工具間隙間を貫通しつつ絶縁被覆平角線30の一部が所定長さだけ突出するように、曲げ加工用工具セット103を絶縁被覆平角線30の曲げ部位に配置すると共に、絶縁被覆平角線30が曲げ付勢用工具セット102の工具間隙間を貫通するように、曲げ付勢用工具セット102を絶縁被覆平角線30の突出部の付勢位置に配置する。例えば、絶縁被覆平角線30は、所定長さだけ曲げ加工用工具セット103から突出するように移動される。

【0046】

曲げ工程S703では、曲げ付勢用工具セット102を曲げ加工用工具セット103に対し相対移動させ、曲げ付勢用工具セット102の壁面を介して付勢位置で絶縁被覆平角

50

線 30 に曲げ力を加えることにより、絶縁被覆平角線 30 を曲げ部位で曲げ加工用工具セット 103 の壁面に接触させ、曲げ力に応じて絶縁被覆平角線 30 を曲げ部位で曲げて絶縁被覆平角線 30 の境界角部を形成し、この曲げ部位と以前に形成された曲げ部位との間に所定長さを有する 1 つのスロット収容導体部 40 又は 1 つのコイルエンド部 42 を形成する。例えば、曲げ付勢用工具セット 102 を曲げ加工用工具セット 103 の周りで回動させる。本実施形態では、工具セット 102 が移動し、工具セット 103 は固定されている。

#### 【0047】

逃がし工程 S704 では、絶縁被覆平角線 30 を工具セット 102 , 103 の少なくとも一方から離脱させる。本実施形態では、工具セット 102 が絶縁被覆平角線 30 から離脱する。

10

#### 【0048】

判定工程 S705 では、制御装置 108 がステータコイル 20 に必要な所定数のスロット収容導体部 40 及びコイルエンド部 42 が工程 S701 ~ S704 で形成されたか否かを判定する。必要なスロット収容導体部 40 及びコイルエンド部 42 が形成されていない場合、工程 S701 に戻り、工程 S701 ~ S704 により一つのスロット収容導体部 40 又はコイルエンド部 42 を形成する。例えば、曲げ工程 S703 で曲げ付勢用工具セット 102 の時計方向への回動が 2 回行われる度に、曲げ工程 S703 で曲げ付勢用工具セット 102 の反時計方向への回動が 2 回行われる。一方、必要なスロット収容導体部 40 及びコイルエンド部 42 が既に形成されている場合、周方向展開波巻きステータコイル 20 の製造が完了する。

20

#### 【0049】

次に、ステータコイル 20 の製造方法の一例について、図 8 ~ 図 16 を参照して説明する。図 8、10、12、14 及び 16 は、配置工程 S702 における工具セット 102 , 103 及び絶縁被覆平角線 30 の位置関係を模式的に示している。一方、図 9、11、13 及び 15 は、曲げ工程 S703 における工具セット 102 , 103 及び絶縁被覆平角線 30 の位置関係を模式的に示している。

#### 【0050】

図 8 において、30A は曲げ前の絶縁被覆平角線 30、30B は曲げ後の絶縁被覆平角線 30 である。例えば、ステータコイル 20 のコイルエンド部 42 を形成するために、工具セット 103 の工具間隙に配置された絶縁被覆平角線 30 の直線部 30A は、絶縁被覆平角線 30 の第 1 曲げ部位で延在方向 X において第 1 可変ピッチだけ突出している。また、工具セット 102 は、突出部 30A を工具間隙間で保持するために突出部 30A の付勢位置に配置される（配置工程 S702）

30

図 9 に示すように、工具セット 102 を工具セット 103 の周りで 90 度反時計方向へ回動させる（曲げ工程 S703）。これにより、絶縁被覆平角線 30 の第 1 曲げ部に境界角部 31 が新たに形成され、コア 12 の軸方向端部に設けられるコイルエンド部 42（図 2 参照）が新しく形成された部位 31 と以前に形成された境界角部 34 との間に形成される。次に、工具セット 102 を上方へ引き上げて絶縁被覆平角線 30 を工具セット 102 から離脱させる（逃がし工程 S704）。

40

#### 【0051】

その後、図 10 に示すように、絶縁被覆平角線 30 を右方向（延在方向 X）へ所定ピッチ移動させ、絶縁被覆平角線 30 の第 2 曲げ部位に工具セット 103 を配置する（配置工程 S702）。よって、絶縁被覆平角線 30 の直線部 30A は、工具セット 103 から延在方向 X に所定ピッチだけ突出する。そして、工具セット 102 は絶縁被覆平角線 30 の付勢位置に戻る。より具体的には、工具セット 102 を 90 度時計方向へ回動させ、降下させて再び絶縁被覆平角線 30 を工具 1021 と 1022 との間に挟む。

#### 【0052】

次に、図 11 に示すように、工具セット 102 を工具セット 103 の周りで 90 度時計方向へ回動させる（曲げ工程 S703）。これにより、絶縁被覆平角線 30 の第 2 曲げ部

50

に境界角部 3 2 が新たに形成され、新たに形成された境界角部 3 2 と以前に形成された境界角部 3 1 との間に、1 つのスロット収容導体部 4 0 が形成される。そして、工具セット 1 0 2 を上方に引き上げて工具セット 1 0 2 から絶縁被覆平角線 3 0 を離脱させる（逃がし工程 S 7 0 4）。

その後、図 1 2 に示すように、絶縁被覆平角線 3 0 を右方向（延在方向 X）へ第 2 可変ピッチだけ移動させ、工具セット 1 0 3 を第 3 曲げ部位に配置する（配置工程 S 7 0 2）。よって、絶縁被覆平角線 3 0 の直線部 3 0 A は延在方向 X に第 2 可変ピッチだけ突出する。そして、工具セット 1 0 2 を絶縁被覆平角線 3 0 の付勢位置に戻す。より具体的には、工具セット 1 0 2 を工具セット 1 0 3 の周りで 9 0 度反時計方向へ回動させ、降下させて再び絶縁被覆平角線 3 0 の直線部 3 0 A を挟む。

次に、図 1 3 に示すように、工具セット 1 0 2 を工具セット 1 0 3 の周りで 9 0 度時計方向へ回動させて第 3 曲げ部位で絶縁被覆平角線 3 0 を曲げる（曲げ工程 S 7 0 3）。これにより、絶縁被覆平角線 3 0 の第 3 曲げ部位で境界角部 3 3 が新たに形成され、コア 1 2（図 2 参照）の軸方向他端に位置するコイルエンド部 4 2 が、新たに形成された境界角部 3 3 と以前に形成された境界角部 3 2 との間に形成される。次に、工具セット 1 0 2 を上方に引き上げて工具セット 1 0 2 から絶縁被覆平角線 3 0 を離脱させる（逃がし工程 S 7 0 4）

その後、図 1 4 に示すように、絶縁被覆平角線 3 0 を右方向（延在方向 X）へ所定ピッチ移動させ、工具セット 1 0 3 を第 4 曲げ部位に配置する（配置工程 S 7 0 2）。よって、絶縁被覆平角線 3 0 の直線部 3 0 A は延在方向 X に所定ピッチだけ突出する。そして、工具セット 1 0 2 を絶縁被覆平角線 3 0 の付勢位置に戻す。より具体的には、工具セット 1 0 2 を工具セット 1 0 3 の周りで 9 0 度反時計方向へ回動させ、降下させて再び絶縁被覆平角線 3 0 の直線部 3 0 A を挟む。

次に、図 1 5 に示すように、工具セット 1 0 2 を工具セット 1 0 3 の周りで 9 0 度反時計方向へ回動させて第 4 曲げ部位で絶縁被覆平角線 3 0 を曲げる（曲げ工程 S 7 0 3）。これにより、絶縁被覆平角線 3 0 の第 4 曲げ部位で境界角部 3 4 が新たに形成され、新たに形成された境界角部 3 4 と以前に形成された境界角部 3 3 との間に、1 つのスロット収容導体部 4 0 が形成される。そして、曲げ付勢用工具セット 1 0 2 を上方に引き上げて工具セット 1 0 2 から絶縁被覆平角線 3 0 を離脱させる（逃がし工程 S 7 0 4）。

その後、図 1 6 に示すように、絶縁被覆平角線 3 0 を右方向（延在方向 X）へ第 3 可変ピッチだけ移動させ、工具セット 1 0 3 を第 5 曲げ部位に配置する（配置工程 S 7 0 2）。よって、絶縁被覆平角線 3 0 の直線部 3 0 A は工具セット 1 0 3 から延在方向 X に第 3 可変ピッチだけ突出する。そして、工具セット 1 0 2 を絶縁被覆平角線 3 0 の付勢位置に戻す。さらに具体的には、工具セット 1 0 2 を工具セット 1 0 3 の周りで 9 0 度時計方向へ回動させ、降下させて再び絶縁被覆平角線 3 0 の直線部 3 0 A を挟む。

#### 【 0 0 5 3 】

従って、図 8 ~ 1 6 に示す工程によって、2 つのコイルエンド部 4 2 と 2 つのスロット収容導体部 4 0 とが形成される。図 1 6 に示す絶縁被覆平角線 3 0 と工具セット 1 0 2 , 1 0 3 との間の位置関係は、図 8 に示すそれと同一状態である。絶縁被覆平角線 3 0 にクランク形状を形成するためには、以下、図 8 ~ 1 6 を順に繰り返せばよい。

#### 【 0 0 5 4 】

ここで、一つのコイルエンド部 4 2 を形成するために移動される絶縁被覆平角線 3 0 の各可変ピッチは、コア 1 2 の径方向におけるコイルエンド部 4 2 の位置で、コア 1 2 のスロット 1 4 又は 1 5 間の距離に従って設定される。尚、コイルエンド部 4 2 につながる 2 つのスロット収容導体部 4 0 は、コア 1 2 のスロット 1 4 又は 1 5 にスロット挿入工程で挿入される。

#### 【 0 0 5 5 】

さらに、一つのスロット収容導体部 4 0 を形成するために移動される絶縁被覆平角線 3 0 の所定ピッチは、軸方向におけるスロット 1 4 又は 1 5 の長さに従って設定される。尚、スロット収容導体部 4 0 は、スロット 1 4 又は 1 5 にスロット挿入工程で挿入される。

## 【 0 0 5 6 】

その後、各コイルエンド部 4 2 は、階段形状に形成される（コイルエンド部形成工程）。この変形は、境界角部 3 1 , 3 2 の形成前に行ってもよい。さらに、コイルエンド部 4 2 の変形を行わなくてもよい。

## 【 0 0 5 7 】

上述したとおり、この方法によれば、絶縁被覆平角線 3 0 をクランク形状に形成するために、矩形状の大断面を有する絶縁被覆平角線 3 0 を各曲げ部位で曲げて境界角部 3 1 ~ 3 4 を一つずつ形成する。これにより、1つの相巻線が、曲げられた絶縁被覆平角線 3 0 から得ることができ、多数の相巻線から展開波巻きステータコイル 2 0 が製造される。この展開されたコイル 2 0 は、波形状に形成されて周方向に延在するステータコイル 2 0 を製造するために、円筒状に丸められる。このコイル 2 0 のスロット収容導体部 4 0 は、コア 1 2 のスロット 1 4 又は 1 5 に挿入される。そして、ステータコイル 2 0 をもつステータ 1 1 はコア 1 2 の軸方向両端部にコイルエンド部 4 2 が形成される（図 2 参照）。

10

## 【 0 0 5 8 】

従って、絶縁被覆平角線 3 0 の境界角部 3 1 ~ 3 4 が一つずつ形成されるので、コイル 2 0 の絶縁皮膜に与える引張ストレス及び / 又は圧縮ストレスを大幅に軽減することができる。さらに、絶縁被覆平角線 3 0 の境界角部 3 1 ~ 3 4 を形成する間、工具セット 1 0 3 上に配置された絶縁被覆平角線 3 0 に工具が衝突することが無く、絶縁被覆平角線 3 0 が工具間できつく配置されることも無い。よって、コイル 2 0 は、殆ど機械的衝撃を受けることが無い。従って、コイル 2 0 の絶縁皮膜にかかるストレスは、絶縁皮膜に許容されるレベルのストレスよりも低く軽減される。よって、コイル 2 0 の絶縁皮膜は殆ど損傷、破損することがなく、コイル 2 0 の製造における歩留まりの改善が図られる。

20

## 【 0 0 5 9 】

また、この方法では、絶縁被覆平角線 3 0 の境界角部 3 1 ~ 3 4 が一つずつ形成されるため、曲げ操作が単純であり、コイル曲げ装置 1 0 0 の単純化を図ることができる。

## 【 0 0 6 0 】

また、絶縁被覆平角線 3 0 の境界角部 3 1 ~ 3 4 が一つずつ形成されるため、2つの境界角部によって分けられる各コイルエンド部 4 2 やスロット収容導体部 4 0 の長さを簡単に設定することができる。よって、コア 1 2 の径方向内側に配置されるコイルエンド部 4 2 は、相対的に短いピッチに設定され、コア 1 2 の径方向外側に配置されるコイルエンド部 4 2 は、相対的に長いピッチに設定される。従って、たとえステータ 1 1 のサイズが変わった場合でも、コイル 2 0 のサイズを適切に調整可能である。

30

## 【 0 0 6 1 】

また、各コイルエンド部 4 2 の変形が境界角部 3 1 ~ 3 4 の形成とは独立して行われる。従って、コイル 2 0 の絶縁皮膜に与える引張ストレス及び / 又は圧縮ストレスがさらに軽減されるので、コイル 2 0 用として大断面の絶縁被覆平角線 3 0 を使用することが可能となる。

## 【 0 0 6 2 】

また、絶縁被覆平角線 3 0 は、曲げ加工用工具セット 1 0 3 の壁面の湾曲形状に沿って曲げられる。従って、たとえ直角に形成される絶縁被覆平角線 3 0 の断面積が大きい場合でも、絶縁被覆平角線 3 0 は工具セット 1 0 3 によってほぼ 9 0 度で簡単且つ確実に曲げられる。

40

## 【 0 0 6 3 】

また、工具セット 1 0 2 を、単に上昇、下降させ、工具セット 1 0 3 の周りで時計方向又は反時計方向に回動させるだけである。よって、工具セット 1 0 2 の直線及び回転運動は単純である。従って、コイル曲げ装置 1 0 0 をより簡単化でき、コイル 2 0 を低コストで製造でき、コイル 2 0 の生産性が向上する。

## 【 0 0 6 4 】

また、工具セット 1 0 2 , 1 0 3 はロボットハンドのような移動装置 1 0 5 , 1 0 6 に脱着可能に装着される。従って、たとえロボットハンドが他のデバイスにも使用される場

50

合でも、ロボットハンドを、工具セット 102, 103 を動かすコイル曲げ装置 100 用として使用することができる。

【0065】

また、工具セット 102, 103 は移動装置 105, 106 に脱着可能に装着されるので、工具セット 102, 103 を簡単に他のものと交換することができる。さらに、各工具セットの柱状曲げ工具は形状が単純である。従って、たとえ境界角部 31 ~ 34 に必要とされる曲率半径が変更される場合でも、工具セット 103 を別のものと置換することにより曲率半径を簡単に変更することができる。また、工具セットの交換は低コストである。

【0066】

また、各コイルエンド部 42 が階段形状に変形される時、変形工具が追加的に使用される。従って、コイル曲げ装置 100 はさらに簡素化され且つ小型化される。

【0067】

また、こり曲げ装置 100 は、絶縁被覆平角線 30 に曲げ力を付勢するための工具セット 102 と絶縁被覆平角線 30 を表面部分で曲げるための工具セット 103 とを有している。従って、コイル曲げ装置 100 を用いた曲げ動作が簡素化される。

【0068】

また、工具セット 103 の半円状側壁の湾曲形状が境界角部 31 ~ 34 に転写される。工具セット 103 の半円状側壁は滑らかに湾曲しているので、境界角部 31 ~ 34 の絶縁被覆平角線 30 にかかる引張ストレス及び / 又は圧縮ストレスが軽減される。

【0069】

本実施形態では、工具セット 102, 103 の各曲げ工具が絶縁被覆平角線 30 の部分を壁面で曲げるために断面半円状に形成された側壁を有している。しかしながら、曲げ工具の形状は断面半円状には限定されない。曲げ工具は、絶縁被覆平角線 30 の絶縁被覆平角線 30 の絶縁被覆平角線 30 に実質的にストレスを与えず、絶縁被覆平角線 30 をほぼ 90 度に壁面で滑らかに曲げるための滑らかな曲面の側壁を有していればよい。

【0070】

(コイル曲げ形成工程 2)

上記したコイル曲げ装置 100 を用いて絶縁被覆平角線 30 に境界角部を順次形成する他の方法を、図 17 ~ 図 25 を参照して説明する。上述したコイル曲げ形成工程 1 では、設定工程 S701 で第 1 工具セット 102 が常に曲げ付勢用工具セットとして設定され、第 1 工具セット 102 のみを回動させた。これに対し、コイル曲げ形成工程 2 では、絶縁被覆平角線 30 を曲げる度に、曲げ付勢用工具セットとして使用された一方の工具セットが曲げ加工用工具セットとして設定され、曲げ加工用工具セットとして使用された他方の工具セットが曲げ付勢用工具セットとして設定される。

図 17、19、21、23 及び 25 は、配置工程 S702 における工具セット 102, 103 及び絶縁被覆平角線 30 の位置関係を模式的に示している。一方、図 18、20、22 及び 24 は、曲げ工程 S703 における工具セット 102, 103 及び絶縁被覆平角線 30 の位置関係を模式的に示している。

【0071】

図 17 に示すように、30A は曲げ前の絶縁被覆平角線 30、30B は曲げ後の絶縁被覆平角線 30 である。第 1 工具セット 102 は曲げ付勢用工具セットとして設定され、第 2 工具セット 103 は曲げ加工用工具セットとして設定される (設定工程 S701)。工具セット 103 は、延在方向 X において工具セット 103 から第 1 可変ピッチだけ絶縁被覆平角線 30 の直線部分が突出すると共に、絶縁被覆平角線 30 が工具セット 103 の工具間隙を貫通するように、絶縁被覆平角線 30 の第 1 曲げ部位に配置される。工具セット 102 は、絶縁被覆平角線 30 が工具セット 102 の工具間隙を貫通するように、突出部 30A の付勢位置に配置される (配置工程 S702)。

【0072】

その後、図 18 に示すように、工具セット 102 を工具セット 103 の周りで 90 度反

10

20

30

40

50

時計方向へ回動させる（曲げ工程 S 7 0 3）。これにより、絶縁被覆平角線 3 0 の第 1 曲げ部で境界角部 3 1 が新たに形成され、コア 1 2（図 2 参照）の軸方向一端部に位置する一つのコイルエンド部 4 2 が、新たに形成された境界角部 3 1 と以前に形成された境界角部 3 4 との間に形成される。そして、工具セット 1 0 2 を上方に引き上げて絶縁被覆平角線 3 0 を工具セット 1 0 2 から離脱させる（逃がし工程 S 7 0 4）。

【 0 0 7 3 】

その後、第 1 工具セット 1 0 2 が曲げ加工用工具セットとして設定され、第 2 工具セット 1 0 3 が曲げ付勢用工具セットとして設定される（設定工程 S 7 0 1）。

【 0 0 7 4 】

次に、図 1 9 に示すように、絶縁被覆平角線 3 0 を延在方向 X へ所定ピッチだけ移動させ、工具セット 1 0 3 を延在方向 X へ絶縁被覆平角線 3 0 の移動長さよりも小さい所定距離だけ移動させると共に、工具セット 1 0 2 を延在方向 X に直行する方向 Y へ移動させて降下させ、再び工具間隙間に絶縁被覆平角線 3 0 を挟む（配置工程 S 7 0 2）。これにより、工具セット 1 0 2 は、絶縁被覆平角線 3 0 の第 2 曲げ部位に配置され、絶縁被覆平角線 3 0 は延在方向 X へ第 2 曲げ部位から所定ピッチだけ突出し、工具セット 1 0 3 は絶縁被覆平角線 3 0 の突出部の付勢位置に配置される。

10

【 0 0 7 5 】

その後、図 2 0 に示すように、絶縁被覆平角線 3 0 を第 2 曲げ部位で曲げるために、工具セット 1 0 3 を工具セット 1 0 2 の周りで 9 0 度時計方向へ回動させる（曲げ工程 S 7 0 3）。これにより、第 2 曲げ部位に境界角部 3 2 が新たに形成され、新たに形成された境界角部 3 2 と以前に形成された境界角部 3 1 との間に一つのスロット収容導体部 4 0 が形成される。次に、工具セット 1 0 3 を上方に引き上げて絶縁被覆平角線 3 0 を工具セット 1 0 3 から離脱させる（逃がし工程 S 7 0 4）。

20

【 0 0 7 6 】

次に、第 1 工具セット 1 0 2 を曲げ付勢用工具セットとして設定し、第 2 工具セット 1 0 3 を曲げ加工用工具セットとして設定する（設定工程 S 7 0 1）。

【 0 0 7 7 】

その後、図 2 1 に示すように、絶縁被覆平角線 3 0 を延在方向 X へ第 2 可変ピッチだけ移動させ、工具セット 1 0 2 を延在方向 X へ絶縁被覆平角線 3 0 の移動長さよりも小さい所定距離だけ移動させると共に、工具セット 1 0 3 を延在方向 X に直行する方向 Y へ移動させて降下させ、再び工具間隙間に絶縁被覆平角線 3 0 を挟む（配置工程 S 7 0 2）。これにより、工具セット 1 0 3 は、絶縁被覆平角線 3 0 の第 3 曲げ部位に配置され、絶縁被覆平角線 3 0 は延在方向 X へ第 3 曲げ部位から第 2 可変ピッチだけ突出し、工具セット 1 0 2 は絶縁被覆平角線 3 0 の突出部の付勢位置に配置される。

30

【 0 0 7 8 】

その後、図 2 2 に示すように、絶縁被覆平角線 3 0 を第 3 曲げ部位で曲げるために、工具セット 1 0 2 を工具セット 1 0 3 の周りで 9 0 度時計方向へ回動させる（曲げ工程 S 7 0 3）。これにより、第 3 曲げ部位に境界角部 3 3 が新たに形成され、新たに形成された境界角部 3 3 と以前に形成された境界角部 3 2 との間に一つのコイルエンド部 4 2 が形成される。次に、工具セット 1 0 2 を上方に引き上げて絶縁被覆平角線 3 0 を工具セット 1 0 2 から離脱させる（逃がし工程 S 7 0 4）。

40

【 0 0 7 9 】

次に、第 1 工具セット 1 0 2 を曲げ加工用工具セットとして設定し、第 2 工具セット 1 0 3 を曲げ付勢用工具セットとして設定する（設定工程 S 7 0 1）。

【 0 0 8 0 】

その後、図 2 3 に示すように、絶縁被覆平角線 3 0 を延在方向 X へ所定ピッチだけ移動させ、工具セット 1 0 3 を延在方向 X へ絶縁被覆平角線 3 0 の移動長さよりも小さい所定距離だけ移動させると共に、工具セット 1 0 2 を延在方向 X に直行する方向 Y へ移動させて降下させ、再び工具間隙間に絶縁被覆平角線 3 0 を挟む（配置工程 S 7 0 2）。これにより、工具セット 1 0 2 は、絶縁被覆平角線 3 0 の第 4 曲げ部位に配置され、絶縁被覆平

50

角線 30 は延在方向 X へ第 4 曲げ部位から所定ピッチだけ突出し、工具セット 103 は絶縁被覆平角線 30 の突出部の付勢位置に配置される。

【0081】

その後、図 24 に示すように、絶縁被覆平角線 30 を第 4 曲げ部位で曲げるために、工具セット 103 を工具セット 102 の周りで 90 度反時計方向へ回動させる（曲げ工程 S703）。これにより、第 4 曲げ部位に境界角部 34 が新たに形成され、新たに形成された境界角部 34 と以前に形成された境界角部 33 との間に一つのスロット収容導体部 40 が形成される。次に、工具セット 103 を上方に引き上げて絶縁被覆平角線 30 を工具セット 103 から離脱させる（逃がし工程 S704）。

【0082】

次に、第 1 工具セット 102 を曲げ付勢用工具セットとして設定し、第 2 工具セット 103 を曲げ加工用工具セットとして設定する（設定工程 S701）。

【0083】

その後、図 25 に示すように、絶縁被覆平角線 30 を延在方向 X へ第 3 可変ピッチだけ移動させ、工具セット 102 を延在方向 X へ絶縁被覆平角線 30 の移動長さよりも小さい所定距離だけ移動させると共に、工具セット 103 を延在方向 X に直交する方向 Y へ移動させて降下させ、再び工具間隙間に絶縁被覆平角線 30 を挟む（配置工程 S702）。これにより、工具セット 103 は、絶縁被覆平角線 30 の第 5 曲げ部位に配置され、絶縁被覆平角線 30 は延在方向 X へ第 5 曲げ部位から第 3 可変ピッチだけ突出し、工具セット 102 は絶縁被覆平角線 30 の突出部の付勢位置に配置される。

【0084】

従って、図 17 ~ 25 に示す工程によって、2 つのコイルエンド部 42 と 2 つのスロット収容導体部 40 とが形成される。図 25 に示す絶縁被覆平角線 30 と工具セット 102 , 103 との間の位置関係は、図 17 に示すそれと同一状態である。絶縁被覆平角線 30 にクランク形状を形成するためには、以下、図 17 ~ 25 を順に繰り返せばよい。

【0085】

（変形態様）

上記実施形態では、曲げ付勢用工具セット 102 を回動させたが、それに限定されない。また、上記実施形態では、境界角部を形成するために、曲げ加工用工具セット 103 を静止させ曲げ付勢用工具セット 102 を移動させたが、両方のセットを水平移動させて実質的に絶縁被覆平角線 30 を 90 度曲げても良い。また、上記実施形態では、ステータコイル 20 として矩形状断面を有する絶縁被覆平角線 30 を用いてステータコイル 20 を形成した例を示したが、いかなる断面形状の導体線を用いてステータコイル 20 を形成してもよい。

【0086】

（実施例 2）

実施例 2 を以下に説明する。

【0087】

この実施形態では、上記したコイル曲げ工程 1 又は 2 と同期して、コイルエンド部 42 となる絶縁被覆平角導体線 30 の部分を、図 1 に示す階段形状を与える曲げ加工（以下、コイルエンド形状加工工程と称する）を更に追加実施する点にその特徴がある。ただし、既述したように、このコイルエンド形状加工工程は上記コイル曲げ工程 1 又は 2 とは別のタイミングで行われる。

【0088】

この実施形態では、コイル曲げ工程 1 又は 2 により 4 個の境界角部（たとえば 31 ~ 34）を順次作製した後、これらの境界角部により区画される 2 つのコイルエンド部に対してコイルエンド形状加工を行う。

【0089】

この実施形態では、ロボットハンド 105、106 が複数の工具を装備できる点を利用してロボットハンド 105 に階段形状を形成する第 1 の金型（以下、階段状凹型とも言う

10

20

30

40

50

)を、ロボットハンド106の先端部分に第1の金型とでコイルエンド予定部分を挟む第2の金型(以下、階段状凸型とも言う)を装着する。

【0090】

上記コイル曲げ工程が終了した後、ロボットハンド105、106を駆動して、階段状凹型と階段状凸型とでコイルエンド予定部分を挟圧し、この階段形状をコイルエンドに与える。

【0091】

更に、このロボットハンド105、106を用いて、上記コイル曲げ工程1、2の前後においてコイルエンド部の一半部と他半部との間の径方向段差を与える曲げ加工を更に行っても良い。

【0092】

(変形態様)

上記したこの実施形態では、ロボットハンド105、106を用いて、コイルエンド形状の曲げ加工を行ったが、境界角部を曲げ加工するロボットハンド105、106とは別の装置、別の空間部位にてそれを行うことは当然可能である。ただし、両曲げ加工工程は同期動作することはもちろんである。

【0093】

(効果)

上記実施例によれば、波巻きステータコイルのスロット収容導体部40とコイルエンド部42との間の境界角部を順次製造するため、製造装置及び曲げ作業を簡素化することができる。特に、曲げのための曲げ加工用工具セット103及び曲げ付勢用工具セット102は、簡単な柱状曲げ工具は安価であり、交換するだけで境界角部の曲率半径を容易に偏向することができ、モータモデルの変更に容易に対応することができる。

【符号の説明】

【0094】

12	ステータコア	
14、15	スロット	
20	ステータコイル	
30	絶縁被覆平角線(導体線)	
31~34	境界角部	30
40	スロット収容導体部	
42	コイルエンド部	
100	コイル曲げ装置	
101	テーブル	
102	曲げ付勢用工具セット	
1021	柱状曲げ工具	
1022	柱状曲げ工具	
103	曲げ加工用工具セット	
1031	柱状曲げ工具	
1032	柱状曲げ工具	40
104	ガイド装置	
105	ロボットハンド(工具駆動装置)	
106	ロボットハンド(工具駆動装置)	

10

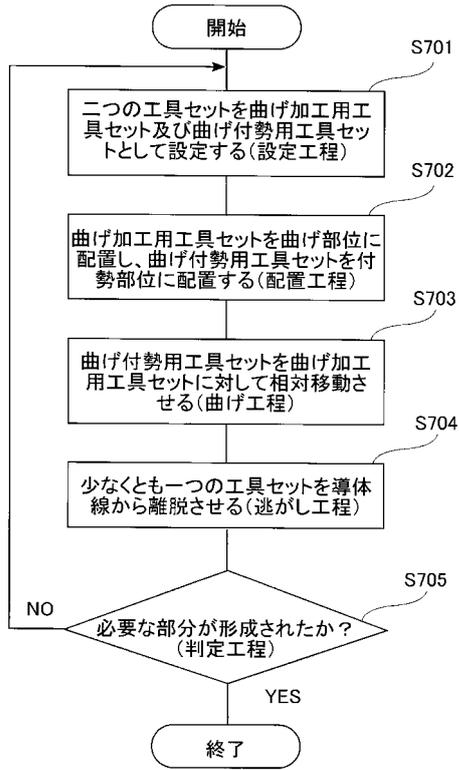
20

30

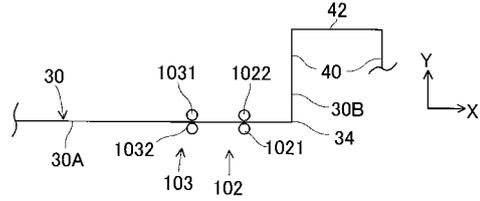
40



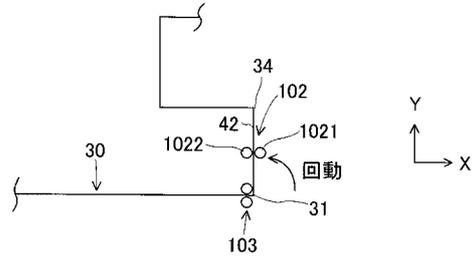
【 図 7 】



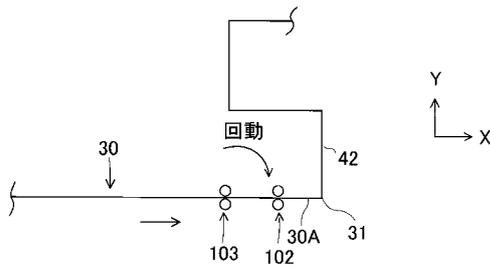
【 図 8 】



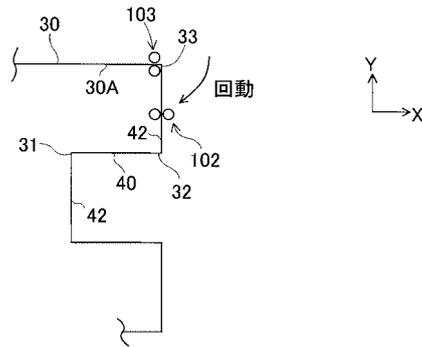
【 図 9 】



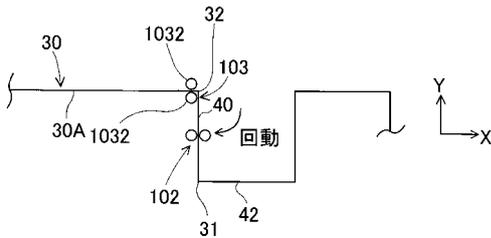
【 図 1 0 】



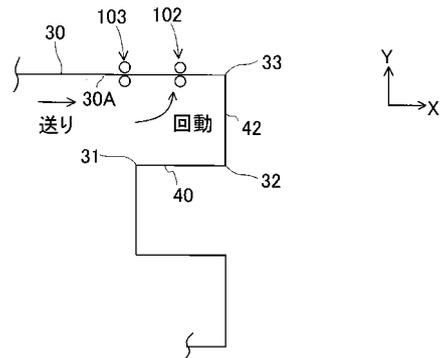
【 図 1 3 】



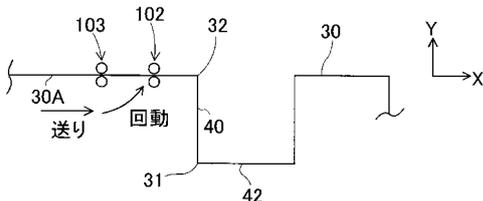
【 図 1 1 】



【 図 1 4 】

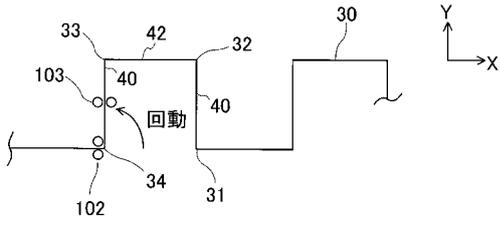


【 図 1 2 】

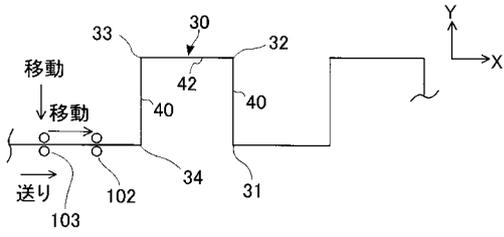




【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 大原 利昭

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

Fターム(参考) 5H603 AA09 BB05 CA01 CD06 CE02

5H615 AA01 PP12 QQ03 QQ25