

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5344091号
(P5344091)

(45) 発行日 平成25年11月20日(2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月23日(2013.8.23)

(51) Int.Cl.	F I
H02K 15/04 (2006.01)	H02K 15/04 F
H02K 15/12 (2006.01)	H02K 15/04 A
H02K 3/30 (2006.01)	H02K 15/12 Z
	H02K 3/30

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-521210 (P2012-521210)	(73) 特許権者	000003207
(86) (22) 出願日	平成22年6月23日 (2010.6.23)		トヨタ自動車株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/060634		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(87) 国際公開番号	W02011/161776	(74) 代理人	110000291
(87) 国際公開日	平成23年12月29日 (2011.12.29)		特許業務法人コスモス特許事務所
審査請求日	平成24年5月11日 (2012.5.11)	(72) 発明者	木村 英明
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	浦野 広暁
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		審査官	佐々木 訓

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステータ製造方法、及びステータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導体の外周にエナメル層が形成され、該エナメル層の外周に押出皮膜樹脂層が形成された絶縁性導体を、直線状のスロット内導体部と、曲げ部が形成されたコイルエンド部とを有する形状に変形加工して絶縁性導体コイルを製造し、該絶縁性導体コイルをコアに組み付けてステータを製造するステータ製造方法において、

前記絶縁性導体の前記押出皮膜樹脂層を非晶性樹脂状態で、前記曲げ部を形成する変形加工を行い、前記絶縁性導体コイルを成形する第1工程と、

前記絶縁性導体コイルの前記押出皮膜樹脂層を、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させる第2工程と、

前記絶縁性導体コイルを前記コアに組み付ける第3工程と、

前記第1工程の前段階で、前記スロット内導体部の前記押出皮膜樹脂層を、結晶性樹脂状態で形成し、前記コイルエンド部の前記押出皮膜樹脂層を、非晶性樹脂状態で形成する前工程を有すること、

前記第1工程では、非晶性樹脂状態の前記コイルエンド部を、変形加工することにより前記絶縁性導体コイルを製造すること、

を特徴とするステータ製造方法。

【請求項 2】

請求項1に記載するステータ製造方法において、

前記絶縁性導体コイルを前記コアに組み付けた後、前記コイルエンド部の前記押出皮膜樹

10

20

脂層をガラス転移温度以上に加熱して、結晶性樹脂状態とすることを特徴とするステータ製造方法。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載するステータ製造方法において、前記押出皮膜樹脂層を、誘導コイルで加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させると同時に、放熱板またはウォータージャケットで冷却することにより、非晶性樹脂状態を保持すること、
を特徴とするステータ製造方法。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 に記載するステータ製造方法において、前記押出皮膜樹脂層を、レーザ光で加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させることを特徴とするステータ製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 に記載するステータ製造方法のいずれか 1 つで製造されたことを特徴とするステータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

導体の外周にエナメル層が形成され、該エナメル層の外周に押出皮膜樹脂層が形成された絶縁性導体を、直線状のスロット内導体部と、曲げ部が形成されたコイルエンド部とを有する形状に変形加工して絶縁性導体コイルを製造し、絶縁性導体コイルをコアに組み付けてステータを製造するステータ製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

導体の外周にエナメル層が焼き付けられているエナメル線では、部分放電劣化に対しては、エナメル層の厚みを $60\mu\text{m}$ 以上必要とする。しかし、1 回当たりの焼付け厚さを大きくするとワニス中の溶剤の揮発・発泡によりエナメル層に気泡が残る問題がある。一方、1 回の焼付け厚さを小さくして、焼付け回数を多くすると、導体とエナメル層との密着性が低下する問題がある。

絶縁層の膜厚を大きくすると共に、エナメル層の接着強度を高くして、上記問題を解決する手段として、特許文献 1 では、導体の外周に少なくとも 1 層のエナメル焼付け層を形成し、その外側に少なくとも 1 層の押出皮膜樹脂層を形成する耐インバータサージ絶縁ワイヤが提案されている。

また、特許文献 1 の技術においては、主として熱可塑性樹脂が用いられている。すなわち、特許文献 1 の表 2 に記載されているように、多くの種類の熱可塑性樹脂をコーティングした電線を製造し、耐摩耗性（常温）、耐熱老化特性（180）、耐溶剤性の評価を行っている。

【0003】

一方、平角導体の外周にエナメル層が形成されたエナメル平角線を、直線状のスロット内導体部と、曲げ部が形成されたコイルエンド部とを成形して、籠形状の絶縁性導体コイルを製造し、籠形状の絶縁性導体コイルをコアに組み付けることにより、ステータを製造する方法が、特許文献 2 に開示されている。

従来、ステータにおいては、スロット内では近接するスロット内導体部同士間の電圧差が小さいため、エナメル層のみで良いが、コイルエンド部では、3 相電流が錯綜して導体同士の間での電圧差が大きくなるので、エナメル層のみでは十分な絶縁を確保することができないため、絶縁相間紙を用いて絶縁確保していた。

しかし、コイルエンド部の間に絶縁相間紙を挿入することは、複雑な作業を必要とし、コストアップをもたらす問題がある。この問題を解決するために、耐インバータサージ絶縁ワイヤを用いることにより、コイルエンドでの絶縁性を確保して、絶縁相間紙を不要とすることが検討されていた。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第4177295号公報

【特許文献2】特開2009-273352号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1においては、絶縁性導体についてのみ記載されているだけで、絶縁性導体を、波巻き形状または周回形状等に変形加工して絶縁性導体コイルを製造すること、及び該絶縁性導体コイルをコアに組み付けてステータを製造することについては、全く記載されていない。

10

実際には、例えば、特許文献2に示すように、エナメル平角線等の絶縁性導体（エッジワイズコイル）を、直線状のスロット内導体部と、曲げ部が形成されたコイルエンド部とを有する形状に変形加工して、絶縁性導体コイルを製造する必要がある。そのとき、曲げ部において、押出皮膜樹脂層に割れが発生して、絶縁不良が発生する恐れがある。

押出皮膜樹脂層に割れが発生するのは、押出皮膜樹脂層が結晶性樹脂状態にあり、剛性が強くなっているため、変形加工に耐えられないためであると考えられる。

【0006】

この問題を解決するためには、押出皮膜樹脂層を結晶化させずに、非晶性樹脂状態で曲げ加工すれば良いことを、本出願人は、実験により確認し、請求項1として提案する。すなわち、押出皮膜樹脂を押出成形機から出た直後に、急冷して皮膜を非晶性樹脂状態とすると、押出皮膜樹脂層が柔軟性を有するため、曲げ加工しても割れが発生する恐れがない。

20

一方、絶縁性導体コイルを形成して、コアに組み付けた後、押出皮膜樹脂層を加熱して、結晶性樹脂状態にする必要がある。なぜならば、例えば、PPS樹脂においては、結晶性樹脂状態の絶縁破壊電圧は、非晶性樹脂状態と比較して、20%以上向上するからである。また、耐熱性も向上するからであり、モータ等の製品においては、絶縁破壊電圧を高くし、耐熱性を向上させる必要が高いからである。

【0007】

30

ここで、絶縁性導体コイルをコアに組み付けた後で加熱する場合に、押出皮膜樹脂層が密着した状態（互いに押圧する状態）であるスロット内の押出皮膜樹脂層を、ガラス転移温度以上の温度まで加熱すると、樹脂が軟化して、互いの押圧力により押出皮膜樹脂層の皮膜厚さが減少する問題がある。

図14に押出皮膜樹脂層の皮膜厚さの減少についての実験結果を示す。非晶性樹脂状態の加熱前には、厚み $\times A = 200 \mu m$ である。それが加熱後には、厚み $\times B = 165 \mu m$ となり、押出皮膜樹脂層の厚みが、17.5%も減少してしまう。押出皮膜樹脂層の厚みが減少すると絶縁性が低下するため問題である。

一方、結晶性樹脂状態の場合には、加熱前の厚み $\gamma A = 224 \mu m$ が、加熱後の厚み $\gamma B = 220 \mu m$ に減少するにすぎず、押出皮膜樹脂層の厚みの減少を2%以下にでき、十分な絶縁性を確保できることを、本出願人は、実験により確認している。

40

また、波巻きコイルを成形する場合に、コイル径が小さいと、絶縁性導体を籠形状に巻き取るときに、コイルエンド部での変形が大きくなり、コイルエンド部の押出皮膜樹脂層に割れが発生する恐れがある。コイルエンド部の押出皮膜樹脂層を非晶性樹脂状態にしておけば、この場合にコイルエンド部の押出皮膜樹脂層で割れが発生する恐れがない。

そこで、これらの問題を解決する手段として、本出願人は、請求項2を提案する。

【0008】

一方、本出願人は、絶縁性導体を非晶性樹脂状態のままに変形加工して絶縁性導体コイルを製造し、コアに組み付ける前に、絶縁性導体コイル全体をガラス転移温度以上まで加熱して、結晶性樹脂状態とする実験（請求項1に係る発明に関する実験）を行った。

50

しかし、端子部位は、絶縁性導体コイルをコアに組み付けた後で変形させる必要があるため、端子部位の絶縁性導体の樹脂層を結晶性樹脂状態とすると、その部分で割れが発生する問題があった。この問題を解決する手段として、本出願人は、請求項4を提案する。本発明は、上記問題点を解決して、押出皮膜樹脂層に割れの発生する恐れのないステータの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の一態様におけるステータ製造方法は、次のような構成を有している。

(1) 導体の外周にエナメル層が形成され、エナメル層の外周に押出皮膜樹脂層が形成された絶縁性導体を、直線状のスロット内導線部と、曲げ部が形成されたコイルエンド部とを有する形状に変形加工して絶縁性導体コイルを製造し、絶縁性導体コイルをコアに組み付けてステータを製造するステータ製造方法であって、絶縁性導体の押出皮膜樹脂層を非晶性樹脂状態で、曲げ部を形成する変形加工を行い、絶縁性導体コイルを成形する第1工程と、絶縁性導体コイルの押出皮膜樹脂層を、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させる第2工程と、絶縁性導体コイルをコアに組み付ける第3工程と、を有する。

樹脂は、高分子が規則正しく配列する状態と、高分子が糸玉状になったり絡まったりして存在する状態との2つの状態に大別することができる。前者は結晶状態と呼ばれ、後者は非晶状態と呼ばれる。このように、樹脂は、高分子の配列状態の違いにより、結晶性樹脂と非晶性樹脂とに分けられる。現実には存在する樹脂は、全ての部分が結晶状態であるというわけではなく、結晶性樹脂といっても、結晶部分と非晶部分とが混在している。樹脂中の結晶部分の割合を結晶化度と呼ばれる数値で表現する。すなわち、(結晶化度) = (結晶領域部分) / (結晶領域部分と非晶領域部分との和) で表される。

本出願で、結晶性樹脂状態と呼んでいるのは、結晶化度が高い状態であり、非晶樹脂状態と呼んでいるのは、結晶化度の低い状態である。

【0010】

(2) (1)に記載するステータ製造方法において、好ましくは、前記第1工程の前段階で、前記スロット内導体部の前記押出皮膜樹脂層を、結晶性樹脂状態で形成し、前記コイルエンド部の前記押出皮膜樹脂層を、非晶性樹脂状態で形成する前工程を有すること、前記第1工程では、非晶性樹脂状態の前記コイルエンド部を、変形加工することにより前記絶縁性導体コイルを製造すること、を特徴とする。

(3) (2)に記載するステータ製造方法において、好ましくは、前記絶縁性導体コイルを前記コアに組み付けた後、前記コイルエンド部の前記押出皮膜樹脂層をガラス転移温度以上に加熱して、結晶性樹脂状態とすることを特徴とする。

【0011】

(4) (1)に記載するステータ製造方法において、好ましくは、前記第2工程では、絶縁性導体コイルの前記押出皮膜樹脂層のうち、端子部位以外の部位について、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させること、前記第3工程では、前記絶縁性導体コイルを前記コアに組み付けた後、前記端子部位を変形加工し、変形させた前記端子部位を、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させることを特徴とする。

【0012】

(5) (1)乃至(4)に記載するステータ製造方法のいずれか1つにおいて、好ましくは、前記押出皮膜樹脂層を、誘導コイルで加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させると同時に、放熱板またはウォータージャケットで冷却することにより、非晶性樹脂状態を保持することを特徴とする。

(6) (1)乃至(4)に記載するステータ製造方法のいずれか1つにおいて、好ましくは、前記押出皮膜樹脂層を、レーザ光で加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させることを特徴とする。

本発明の別態様におけるステータは、次のような特徴を有する。

(7)(1)乃至(6)に記載するステータ製造方法のいずれか1つで製造されたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

上記ステータ製造方法は、次のような作用・効果を奏する。

(1)導体の外周にエナメル層が形成され、エナメル層の外周に押出皮膜樹脂層が形成された絶縁性導体を、直線状のスロット内導体部と、曲げ部が形成されたコイルエンド部とを有する形状に変形加工して絶縁性導体コイルを製造し、絶縁性導体コイルをコアに組み付けてステータを製造するステータ製造方法において、絶縁性導体の押出皮膜樹脂層を非晶性樹脂状態で、曲げ部を形成する変形加工を行い、絶縁性導体コイルを成形する第1工程と、絶縁性導体コイルの押出皮膜樹脂層を、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させる第2工程と、絶縁性導体コイルをコアに組み付ける第3工程と、を有するので、第1工程で変形加工を行ったときに、コイルエンド部は非晶性樹脂状態であり柔軟性を有するため、曲げ加工したときに、割れ等が発生する恐れがない。

10

樹脂は、加熱・冷却されると、結晶状態及び非晶状態が変化する。加熱されると、樹脂内では、非晶部分の高分子鎖の動きが活発化し、また、結晶部分は溶解する。結晶性樹脂、非晶性樹脂共に、ガラス転移温度と呼ばれる温度以上の温度では、非晶部分の分子運動が活発になり、また結晶部分が溶解していくのに伴って、剛性が低下していく。

本発明で使用しているPPS(ポリフェニレンサルファイド)やPEEK(ポリエーテルエーテルケトン)は、結晶性樹脂である。PPS樹脂等においては、結晶性樹脂状態では、剛性が高く脆いが、非晶性樹脂状態では、柔軟性があることを本出願人は、実験により確認している。

20

【0014】

(2)(1)に記載するステータ製造方法において、前記第1工程の前段階で、前記スロット内導体部の前記押出皮膜樹脂層を、結晶性樹脂状態で形成し、前記コイルエンド部の前記押出皮膜樹脂層を、非晶性樹脂状態で形成する前工程を有すること、前記第1工程では、非晶性樹脂状態の前記曲げ部を、変形加工することにより前記絶縁性導体コイルを製造すること、を特徴とするので、コイルエンド部は非晶性樹脂状態であり柔軟性を有するため、曲げ加工したときに、割れ等が発生する恐れがない。また、コイルエンド部を非晶性樹脂状態としているため、波巻きコイルのコイル籠を巻き取るときに、コイル径が小さい場合でも、コイルエンド部の押出皮膜樹脂層に割れが発生する恐れがない。

30

(3)(2)に記載するステータ製造方法において、前記絶縁性導体コイルを前記コアに組み付けた後、前記コイルエンド部の前記押出皮膜樹脂層をガラス転移温度以上に加熱して、結晶性樹脂状態とすることを特徴とするので、スロット内導体部を予め結晶性樹脂状態としているため、スロット内導体部が加熱されても、スロット内導体部での厚さの減少を2%以下とすることができ、十分な絶縁性を確保することができる。

【0015】

(4)(1)に記載するステータ製造方法において、前記第2工程では、絶縁性導体コイルの前記押出皮膜樹脂層のうち、端子部位以外の部位について、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させること、前記第3工程では、前記絶縁性導体コイルを前記コアに組み付けた後、前記端子部位を変形加工し、変形させた前記端子部位を、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させることを特徴とするので、第1工程で変形加工を行ったときに、コイルエンド部は非晶性樹脂状態であり柔軟性を有するため、曲げ加工したときに、割れ等が発生する恐れがない。また、第3工程で外部端子部位を変形加工したときに、外部端子部位は非晶性樹脂状態であり柔軟性を有するため、曲げ加工したときに、割れ等が発生する恐れがない。

40

【0016】

(5)(1)乃至(4)に記載するステータ製造方法のいずれか1つにおいて、押出皮膜樹脂層を、誘導コイルで加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させると同時に、放

50

熱板またはウォータージャケットで冷却することにより、非晶性樹脂状態を保持すること
を特徴とするので、コイルエンド部を加熱することなく、スロット内導体部のみを加熱で
きるため、コイルエンド部を非晶性樹脂としたままで、スロット内導体部のみを結晶性樹
脂とすることが確実にできる。

(6)(1)乃至(4)に記載するステータ製造方法のいずれか1つにおいて、押出皮膜
樹脂層を、レーザ光で加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させることを特徴と
するので、コイルエンド部を加熱することなく、スロット内導体部のみを加熱できるため、
コイルエンド部を非晶性樹脂としたままで、スロット内導体部のみを結晶性樹脂とするこ
とが確実にできる。

【図面の簡単な説明】

10

【0017】

【図1】ステータの製造方法の第1実施例の工程図を示す図である。

【図2A】導体をコイルエンド部とスロット内導体部とに分けて熱処理し、変形加工を行
うことを示す図である。

【図2B】導体をコイルエンド部とスロット内導体部とに分けて熱処理し、変形加工を行
うことを示す図である。

【図2C】導体をコイルエンド部とスロット内導体部とに分けて熱処理し、変形加工を行
うことを示す図である。

【図2D】導体をコイルエンド部とスロット内導体部とに分けて熱処理し、変形加工を行
うことを示す図である。

20

【図3】変形加工後の導体の形状を示す図である。

【図4】波巻きコイルを重ね合わせた状態を示す図である。

【図5】波巻きコイルを籠形状に巻いた状態を示す図である。

【図6】W相の波巻きコイル、V相の波巻きコイル、U相の波巻きコイルを全て籠形状に
巻き上げた状態の絶縁性導体コイルを示す図である。

【図7】絶縁性導体コイルに分割された固定子コアを外周から装着し、焼き嵌めリングに
より固定した固定子を示す図である。

【図8】誘導加熱コイルを示す図である。

【図9】レーザ光による加熱を示す図である。

【図10】結晶性樹脂状態での分子の結合状態のイメージを示す図である。

30

【図11】非晶性樹脂状態での分子の結合状態のイメージを示す図である。

【図12】ステータの製造方法の第2実施例の工程図を示す図である。

【図13A】導体を端子部と、それ以外の部分とに分けて熱処理し、変形加工を行うこと
を示す図である。

【図13B】導体を端子部と、それ以外の部分とに分けて熱処理し、変形加工を行うこと
を示す図である。

【図13C】導体を端子部と、それ以外の部分とに分けて熱処理し、変形加工を行うこと
を示す図である。

【図14】加熱処理前後の皮膜厚さの関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0018】

本発明の一実施例であるステータの製造方法について、図面を用いて説明する。図1に
、ステータの製造方法の第1実施例の工程図を示す。

導体の外周にエナメル層が焼き付けられ、エナメル層の外周に押出皮膜樹脂層が形成さ
れた絶縁性導体(耐インバータサージ絶縁ワイヤ)が、巻取コイルに巻かれた状態で、製
造ラインに供給される(S11)。本実施例では、押出皮膜樹脂層を、結晶性樹脂の1種
であるPPS樹脂で形成している。同じく結晶性樹脂であるPEEKを使用してもよい。
押出皮膜樹脂層の厚みは、数十 μ mである。巻取コイルに巻かれている絶縁性導体の押出
皮膜樹脂層は、非晶性状態である。すなわち、溶融したPPS樹脂を押出金型により、エ
ナメル層の上に塗布して、そのまま乾燥させたときに、PPS樹脂は、非晶性樹脂状態で

50

ある。PPS樹脂は、本来結晶性樹脂であるが、押出成形により皮膜を形成した段階では、結晶化度の低い非晶性樹脂状態となっているのである。通常は、押出成形した後、ガラス転移温度以上まで加熱して、結晶性樹脂状態に変化させているが、本実施例では、非晶性樹脂状態のままにしている。

【0019】

ここで、本実施例で使用する「結晶性樹脂状態」と「非晶性樹脂状態」について説明する。

現実存在する樹脂は、全ての部分が結晶状態であるというわけではなく、結晶性樹脂といっても、結晶部分と非晶部分とが混在している。樹脂中の結晶部分の割合を結晶化度と呼ばれる数値で表現する。すなわち、 $(\text{結晶化度}) = (\text{結晶領域部分}) / (\text{結晶領域部分と非晶領域部分との和})$ で表される。

10

本実施例で、結晶性樹脂状態と呼んでいるのは、結晶化度が高い状態であり、非晶樹脂状態と呼んでいるのは、結晶化度の低い状態である。

本実施例では、導体として断面が平角状のエッジワイズコイルを用いている。

巻取コイルから引き出された絶縁性導体は、巻取コイルに巻かれていたときの巻き癖をとって直線性を確保するために、癖取りローラにかけられる(S12)。

【0020】

次に、絶縁性導体のスロット内導体部11Bを加熱手段である誘導加熱コイル13により、ガラス転移温度以上の温度まで加熱する。加熱する時間は、数秒から数十秒の間である。同時に、コイルエンド部11A、端子部11Sを冷却手段であるウォータージャケット12により冷却する(S13)。

20

図2Aに示すように、絶縁性導体11には、端部にコイルエンドの一部を構成する端子部11Sがあり、続いて、スロット内導体部11Bとコイルエンド部11Aとが交互に周期的に存在する。ここで、コイルエンド部11Aとは、ステータを製造したときに、固定子コアのスロットの外側に位置する予定の絶縁性導体部分を言い、スロット内導体部とは、ステータを製造したときに、固定子コアのスロット内に装着される予定の絶縁性導体部分を言う。また、端子部11Sとは、絶縁性導体コイルを固定子コアに組み付けたときに、コイルエンドに位置し、変形加工された後、バスバー、外部端子等に接続される部分を言う。

各コイルエンド部11Aは、波巻きコイルでは、外周に位置するコイルエンド部11Aほど長く形成されている。外周に行くほど円周の長さが長くなるので、それに対応するためである。スロット内導体部11Bは基本的には同じ長さである。

30

【0021】

加熱手段として、本実施例では、図8に示す誘導加熱コイル13を用いている。また、冷却手段として、ウォータージャケット12を用いている。誘導加熱コイル13は、コイルに通電することにより、磁束を発生させ、磁束を受けてスロット内導体部11Bに発生する誘起電流に発熱させるものである。磁束はスロット内導体部11Bのみならず、コイルエンド部11Aにも作用して、熱を発生される。本実施例では、コイルエンド部11Aと端子部11Sの温度をガラス転移温度より低く維持するためにウォータージャケット12を使用している。すなわち、誘導加熱コイル13とウォータージャケット12とを隣接させながら併用しているのは、スロット内導体部11Bのみを加熱し、コイルエンド部11Aと端子部11Sは加熱しないためである。なお、本実施例では、ウォータージャケット12を使用しているが、放熱板に代えても良い。

40

【0022】

誘導加熱コイル13とウォータージャケット12とを同時に適用することにより、スロット内導体部11Bのみを、PPS樹脂のガラス転移温度である約90以上の温度で数秒から数十秒の所定の時間、加熱することができると同時に、コイルエンド部11Aと端子部11Sがガラス転移温度を越えるような高温になることを防止できる。

これにより、スロット内導体部11Bの外周の押出皮膜樹脂層は、結晶性樹脂状態に変化するが、コイルエンド部11Aと端子部11Sの外周の押出皮膜樹脂層は、非晶性樹脂

50

状態に保たれる。

本実施例では、加熱手段として誘導加熱コイル 1 3 を用いたが、図 9 に示すように、加熱用レーザ 2 0 を用いてレーザ光により、スロット内導体部 1 1 B の押出皮膜樹脂層をガラス転移温度まで加熱してもよい。その場合は、導体 1 1 を回転させることにより、スロット内導体部 1 1 B の外周に形成された押出皮膜樹脂層を均一に温度上昇させることができる。レーザ光による加熱は、短時間で集中的に温度上昇させることができるため、冷却手段 1 2 を用いなくても、コイルエンド部 1 1 A の温度はガラス転移温度まで上昇することがないため、設備のコストを低減できる。

【 0 0 2 3 】

結晶性樹脂状態での分子の結合状態のイメージを図 1 0 に示す。また、非晶性樹脂状態での分子の結合状態のイメージを図 1 1 に示す。図 1 0、図 1 1 は、津留崎恭一、竹内沙弥香「高分子結晶化における絡み合いの研究」(神奈川県産業技術総合研究所研究報告 No. 1 1 / 2 0 0 5、2 1 - 2 5 頁)に開示されている図である。

図 1 0 に示すように、結晶性樹脂状態では、分子は規則正しく配列されており、体積収縮が起き、皮膜は硬く、脆くなる傾向がある。

一方、図 1 1 に示すように、非晶性樹脂状態では、分子はランダムに配列されており、皮膜は比較的柔らかく、柔軟性がある。

【 0 0 2 4 】

現実に存在する P P S 樹脂は、全ての部分が結晶状態であるというわけではなく、結晶性樹脂といっても、結晶部分と非晶部分とが混在している。樹脂中の結晶部分の割合を結晶化度と呼ばれる数値で表現する。すなわち、(結晶化度) = (結晶領域部分) / (結晶領域部分 + 非晶領域部分) の和) で表される。

本実施例で、結晶性樹脂状態と呼んでいるのは、結晶化度が高い状態であり、非晶樹脂状態と呼んでいるのは、結晶化度の低い状態である。

したがって、結晶性樹脂状態の押出皮膜樹脂層の部分であるスロット内導体部 1 1 B を急な角度で曲げ加工すると、押出皮膜樹脂層に割れが発生する恐れがある。それに対して、非晶性樹脂状態の押出皮膜樹脂層の部分であるコイルエンド部 1 1 A と端子部 1 1 S を急な角度で曲げ加工しても、押出皮膜樹脂層に割れが発生する恐れがない。

【 0 0 2 5 】

次に、コイルエンド部 1 1 A に曲げ加工を行う。すなわち、図 2 B に示すように、コイルエンド部 1 1 A 1 のスロット内導体部 1 1 B 1 に近い位置で曲げ加工を行い、曲げ部 1 1 A 1 a を形成する。次に、図 2 C に示すように、コイルエンド部 1 1 A 1 のスロット内導体部 1 1 B 2 に近い位置で曲げ加工を行い、曲げ部 1 1 A 1 b を形成する。次に、図 2 D に示すように、コイルエンド部 1 1 A 2 のスロット内導体部 1 1 B 2 に近い位置で曲げ加工を行い、曲げ部 1 1 A 2 a を形成する (S 1 4)。

このように順次、スロット内導体部 1 1 B は全く変形させずに、コイルエンド部 1 1 A のみに対して、曲げ加工を行うことにより、図 3 に示すように、波巻きコイル W A を製造する。W A は、モータを構成する 3 相のうち、W 相のコイルの一部を構成している。

図 4 に、波巻きコイル W A、W B を重ね合わせた状態を示す。これにより、固定子コアのティースを周回するコイルができる。

【 0 0 2 6 】

図 5 に、波巻きコイル W A、W B を籠形状に巻いた状態を示す。コイルエンド部 1 1 A には、曲げ加工され大きく変形している箇所が存在する。一方、スロット内導体部 1 1 B は、直線形状を維持している。端子部 W A S、W B S は、コイルエンド部で直立して位置している。

コイルエンド部 1 1 A は、図 5 に示すように、9 0 度近く曲げられても、コイルエンド部 1 1 A の押出皮膜樹脂部は非晶樹脂状態なので、柔軟性を有しており、曲げ加工により割れが発生する恐れがない。

図 6 に、W 相の波巻きコイル W A、W B、V 相の波巻きコイル、U 相の波巻きコイルを全て籠形状に巻き上げた状態の絶縁性導体コイル 1 0 0 を示す。この状態では、各波巻き

10

20

30

40

50

コイルの端子部W A S、W B S等は、コイルエンドで直立状態に位置している。絶縁性導体コイル100を巻き取る工程が絶縁性導体コイル組立S15である。

【0027】

図7に、絶縁性導体コイル100に分割された固定子コアを外周から装着し、焼き嵌めリングS Cにより固定した固定子10を示す。この状態では、まだ、端子部W A S、W B S等の接続は行われていない。この工程がコア組付S16である。

次に、図示しないが、端子部W A S、W B S等を曲げ加工して、バスバーや外部接続端子を接続する。その後、コイルエンド部11Aと端子部W A S、W B S等とを加熱処理する(S17)。すなわち、誘導加熱コイル13またはレーザ20を用いて、固定子コアの外に位置するコイルエンド部11Aと端子部W A S等を、PPSのガラス転移温度である約90以上の温度まで加熱する。これにより、コイルエンド部11Aと端子部W A S、W B S等を含めて、絶縁性導体の押出被膜樹脂層の全ての部分が、結晶性樹脂状態となる。

【0028】

ここで、絶縁性導体コイルをコアに組み付けた後で加熱する場合に、押出皮膜樹脂層が密着した状態(互いに押圧する状態)であるスロット内の押出皮膜樹脂層を、ガラス転移温度である約90以上の温度まで加熱すると、樹脂が軟化して、互いの押圧力により押出皮膜樹脂層の皮膜厚さが減少する問題がある。

しかし、本実施例では、スロット内導体部11Bは、既に結晶性樹脂状態にあるので、図14に示すように、加熱前の厚みY A = 224 μ mが、加熱後の厚みY B = 220 μ mに減少するにすぎず、押出皮膜樹脂層の厚みの減少を2%以下にでき、十分な絶縁性を確保できる。

また、絶縁性導体コイル100の全てのスロット内導体部11Bを、結晶性樹脂状態とすることができる。これにより、例えば、PPS樹脂においては、結晶性樹脂状態の絶縁破壊電圧は、非晶性樹脂状態と比較して、20%以上向上する。また、耐熱性も向上する。したがって、モータ等の製品においては、絶縁破壊電圧を高くし、耐熱性を向上させることができる。

【0029】

以上、詳細に説明したように、本実施例のステータ製造方法によれば、導体11の外周にエナメル層が形成され、エナメル層の外周に押出皮膜樹脂層が形成された絶縁性導体11を、直線状のスロット内導体部11Bと、曲げ部が形成されたコイルエンド部11Aとを有する形状に変形加工して絶縁性導体コイル100を製造し、絶縁性導体コイル100をコアに組み付けてステータを製造するステータ製造方法であって、絶縁性導体11の押出皮膜樹脂層を非晶性樹脂状態で、曲げ部を形成する変形加工を行い、絶縁性導体コイル100を成形する第1工程と、絶縁性導体コイル100の押出皮膜樹脂層を、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させる第2工程と、絶縁性導体コイル100をコアに組み付ける第3工程と、を有するので、第1工程で変形加工を行ったときに、コイルエンド部は非晶性樹脂状態であり柔軟性を有するため、曲げ加工したときに、割れ等が発生する恐れがない。

【0030】

また、第1工程の前段階で、スロット内導体部11Bの押出皮膜樹脂層を、結晶性樹脂状態で形成し、コイルエンド部11Aの押出皮膜樹脂層を、非晶性樹脂状態で形成する前工程を有すること、第1工程では、非晶性樹脂状態の曲げ部を、変形加工することにより絶縁性導体コイル100を製造すること、を特徴とするので、コイルエンド部11Aは非晶性樹脂状態であり柔軟性を有するため、曲げ加工したときに、割れ等が発生する恐れがない。また、コイルエンド部11Aを非晶性樹脂状態としているため、波巻きコイルのコイル籠を巻き取るときに、コイル径が小さい場合でも、コイルエンド部11Aの押出皮膜樹脂層に割れが発生する恐れがない。

さらに、絶縁性導体コイル100を固定子コアに組み付けた後、コイルエンド部11Aの押出皮膜樹脂層をガラス転移温度以上に加熱して、結晶性樹脂状態とすることを特徴と

するので、スロット内導体部 11B を予め結晶性樹脂状態としているため、スロット内導体部 11B が加熱されても、スロット内導体部 11B での厚さの減少を 2% 以下とすることができ、十分な絶縁性を確保することができる。

【0031】

また、押出皮膜樹脂層を、誘導コイルで加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させると同時に、放熱板またはウォータージャケット 12 で冷却することにより、非晶性樹脂状態を保持することを特徴とするので、コイルエンド部 11A を加熱することなく、スロット内導体部 11B のみを加熱できるため、コイルエンド部 11A を非晶性樹脂としたままで、スロット内導体部 11B のみを結晶性樹脂とすることが確実にできる。

また、押出皮膜樹脂層を、レーザ 20 によるレーザ光で加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させることを特徴とするので、コイルエンド部 11A を加熱することなく、スロット内導体部 11B のみを加熱できるため、コイルエンド部 11A を非晶性樹脂としたままで、スロット内導体部 11B のみを結晶性樹脂とすることが確実にできる。

【0032】

次に、本発明の第 2 の実施例について説明する。

第 2 実施例は、基本的には、第 1 実施例と同じ方法を採用しているため、相違する点のみ詳細に説明し、第 1 実施例と同じ内容については、説明を割愛する。

図 12 に、第 2 実施例のステータ製造方法の工程図を示す。第 2 実施例では、癖取りローラを経た後、コイルエンド部を変形加工している (S3)。図 13A ~ 13C に変形加工の内容を示す。図 13A では、導体 WA の外周の押出皮膜樹脂層は、全ての部分で非晶性樹脂状態である。これを図 13B に示すような形状に、変形加工する。これにより、導体 WA の外周の押出皮膜樹脂層が全ての部分で非晶性樹脂状態にあるので、非晶性樹脂状態で曲げ加工できるため、導体 WA の外周に形成された押出皮膜樹脂層に割れが発生する恐れがない。

次に、端子部 WAS 以外の部位を加熱処理する。すなわち、誘導加熱コイル 13 またはレーザ 20 を用いて、端子部 WAS 以外の部位の押出皮膜樹脂層を、ガラス転移温度以上の温度に、数秒から数十秒の間の所定の時間、加熱する (S4)。これにより、導体 WA の端子部 WAS 以外の部位における押出皮膜樹脂層が、結晶性状態に変化する。

【0033】

次に、図 13C に示すように、波巻きコイル WA、WB を籠形状に巻き取る。端子部 WAS、WBS は、コイルエンド部で直立して位置している。

次に、第 1 実施例と同様図 6 に示すように、W 相の波巻きコイル WA、WB、V 相の波巻きコイル、U 相の波巻きコイルを全て籠形状に巻き上げて、絶縁性導体コイル 100 を製作する。この状態では、各波巻きコイルの端子部 WAS、WBS 等は、コイルエンドで直立状態に位置している。絶縁性導体コイル 100 を巻き取る工程が絶縁性導体コイル組付 S6 である。

【0034】

図 7 に、絶縁性導体コイル 100 に分割された固定子コアを外周から装着し、焼き嵌めリング SC により固定した固定子 10 を示す。この状態では、まだ、端子部 WAS、WBS 等の接続は行われていない。この工程がコア組付 S6 である。

次に、図示しないが、端子部 WAS、WBS 等を曲げ加工して (S7)、端子部 WAS、WBS 等とを加熱処理する (S8)。すなわち、誘導加熱コイル 13 またはレーザ 20 を用いて、固定子コアの外に位置する端子部 WAS 等を、PPS のガラス転移温度である約 90℃ 以上の温度まで加熱する。これにより、端子部 WAS、WBS 等を含めて、絶縁性導体の押出被膜樹脂層の全ての部分が、結晶性樹脂状態となる。

次に、バスバーや外部接続端子を、端子部 WAS 等に接続する (S9)。

【0035】

以上説明したように、第 2 実施例のステータ製造方法によれば、第 2 工程では、絶縁性導体コイルの押出皮膜樹脂層のうち、端子部 WAS 以外の部位について、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させること、第 3 工程では、絶縁性導

体コイルをコアに組み付けた後、端子部W A S等を変形加工し、変形させた端子部W A S等を、ガラス転移温度以上に加熱することにより、結晶性樹脂状態に変化させることを特徴とするので、第1工程で変形加工を行ったときに、コイルエンド部は非晶性樹脂状態であり柔軟性を有するため、曲げ加工したときに、割れ等が発生する恐れがない。

また、第3工程で外部端子部位を変形加工したときに、外部端子部位は非晶性樹脂状態であり柔軟性を有するため、曲げ加工したときに、割れ等が発生する恐れがない。

【0036】

本発明は、上記実施例に限定されることなく、色々な変形や応用が可能である。

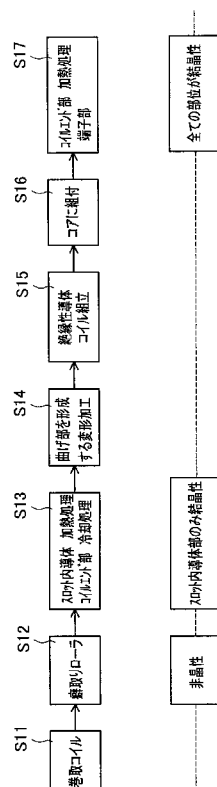
例えば、本実施例では、波巻きコイルによるコイル籠の製造について説明したが、通常の分布巻きコイルや集中巻きコイルにも適用可能である。

【符号の説明】

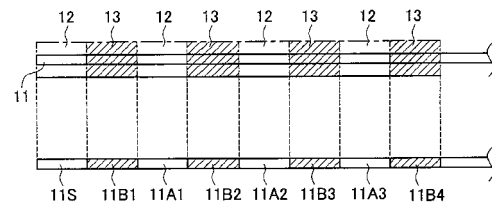
【0037】

- 11 導体
- 11A コイルエンド部
- 11B スロット内導体部
- 12 ウォータージャケット
- 13 誘導加熱コイル
- 20 レーザ
- 100 絶縁性コイル

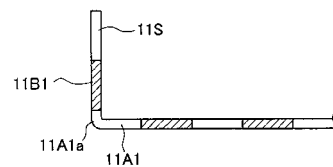
【図1】



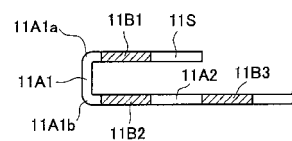
【図2A】



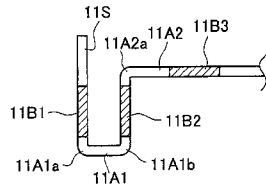
【図2B】



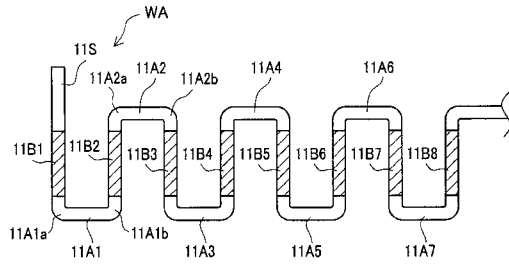
【図2C】



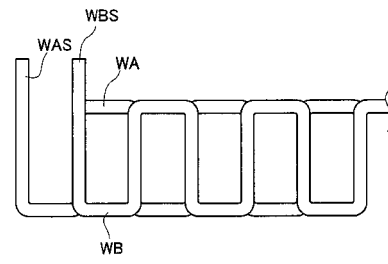
【図 2 D】



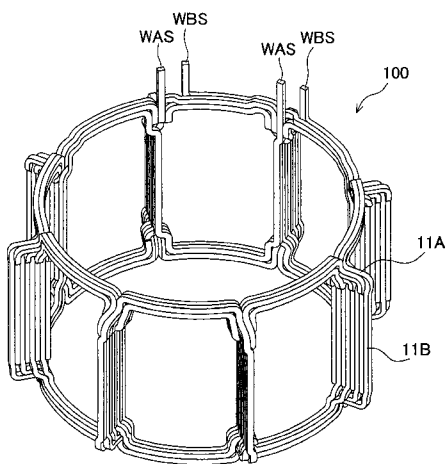
【図 3】



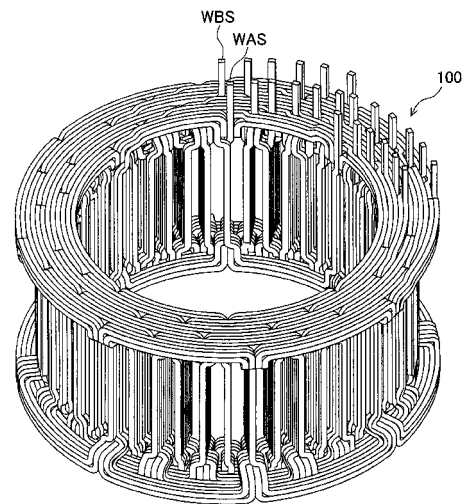
【図 4】



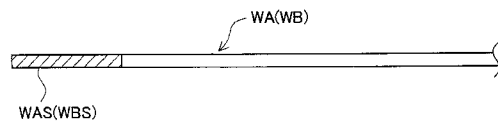
【図 5】



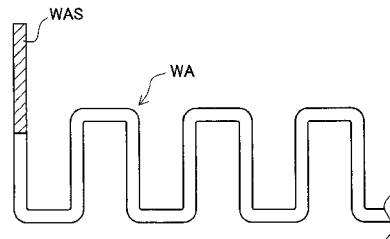
【図 6】



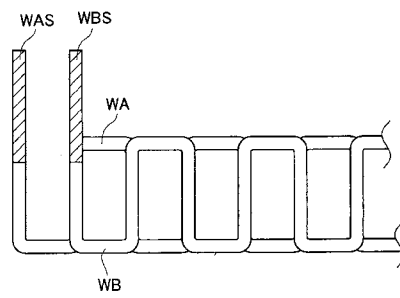
【図 13 A】



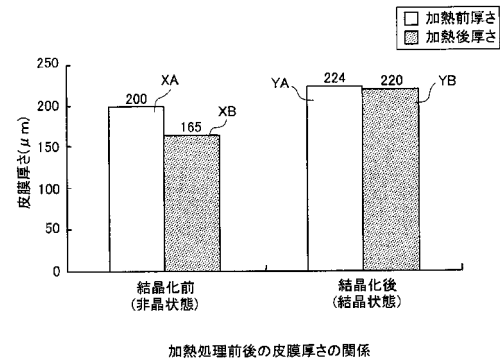
【図 13 B】



【図 13 C】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 2 0 7 3 0 6 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 0 / 0 2 4 3 5 9 (W O , A 1)
特開 2 0 0 2 - 1 0 5 8 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 2 K 1 5 / 0 4
H 0 2 K 1 5 / 1 2
H 0 2 K 3 / 3 0