

(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2006-158012

(P2006-158012A)

(43) 公開日 平成18年6月15日(2006.6.15)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02K 15/03 (2006.01)	H02K 15/03 A	4K024
C23C 28/00 (2006.01)	C23C 28/00 A	4K044
C23C 28/02 (2006.01)	C23C 28/02	5E040
C25D 5/12 (2006.01)	C25D 5/12	5E062
C25D 5/48 (2006.01)	C25D 5/48	5H622

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-341118 (P2004-341118)
 (22) 出願日 平成16年11月25日 (2004.11.25)

(71) 出願人 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (71) 出願人 000183417
 株式会社NEOMAX
 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号
 (74) 代理人 100087745
 弁理士 清水 善廣
 (74) 代理人 100098545
 弁理士 阿部 伸一
 (74) 代理人 100106611
 弁理士 辻田 幸史
 (72) 発明者 小松 敏泰
 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社
 本田技術研究所内

最終頁に続く

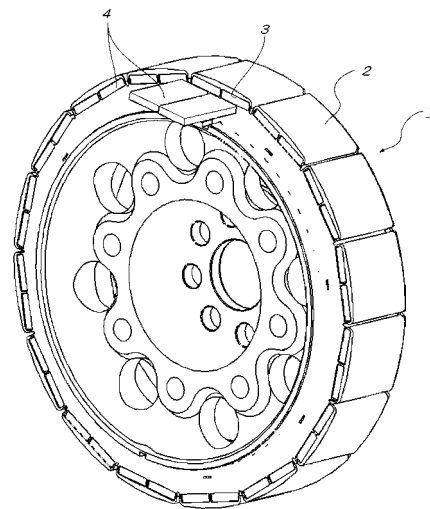
(54) 【発明の名称】 自動車用IPM型モータに使用される永久磁石の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 優れた耐食性、耐摩耗性および耐衝撃性を兼ね備えた、自動車用IPM型モータに使用される永久磁石の製造方法を提供すること。

【解決手段】 R - F e - B系永久磁石の表面に、第1層目として膜厚が3 ~ 15 μmのNi被膜を電気めっき法により成膜した後、第2層目として膜厚が3 ~ 15 μmのCuまたはSn被膜を電気めっき法により成膜し、第3層目として第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜のピッカース硬度を1とした場合に2.5 ~ 4.5のピッカース硬度を有する膜厚が4 ~ 7 μmのNi - P合金被膜を無電解めっき法により成膜することを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自動車用 I P M 型モータのロータヨーク内のスロットに挿入して使用される永久磁石の製造方法であって、R - F e - B 系永久磁石の表面に、第 1 層目として膜厚が 3 ~ 1 5 μ m の N i 被膜を電気めっき法により成膜した後、第 2 層目として膜厚が 3 ~ 1 5 μ m の C u または S n 被膜を電気めっき法により成膜し、第 3 層目として第 2 層目の C u または S n 電気めっき被膜のピッカース硬度を 1 とした場合に 2 . 5 ~ 4 . 5 のピッカース硬度を有する膜厚が 4 ~ 7 μ m の N i - P 合金被膜を無電解めっき法により成膜することを特徴とする製造方法。

【請求項 2】

第 1 層目の被膜を p H が 6 . 0 ~ 8 . 0 に調整された N i めっき浴を用いて成膜することを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 3】

第 3 層目の被膜のピッカース硬度を 4 0 0 ~ 7 0 0 とすることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の製造方法。

【請求項 4】

第 3 層目の被膜を P が 5 ~ 1 2 w t % 含まれるようにすることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 5】

第 1 層目 ~ 第 3 層目の被膜の合計膜厚を 1 5 ~ 2 5 μ m とすることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 6】

自動車用 I P M 型モータのロータヨーク内のスロットに挿入して使用される永久磁石であって、R - F e - B 系永久磁石の表面に、膜厚が 3 ~ 1 5 μ m の N i 電気めっき被膜を介して、膜厚が 3 ~ 1 5 μ m の C u または S n 電気めっき被膜を有し、さらに、前記 C u または S n 電気めっき被膜のピッカース硬度を 1 とした場合に 2 . 5 ~ 4 . 5 のピッカース硬度を有する膜厚が 4 ~ 7 μ m の N i - P 合金無電解めっき被膜を有することを特徴とする永久磁石。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は自動車用 I P M 型モータのロータヨーク内のスロットに挿入して使用される永久磁石の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車やハイブリッドカーに搭載されるモータには、その高性能化のために、永久磁石材料の中で最も高い磁気特性を持つ R - F e - B 系永久磁石 (R は希土類元素) が用いられている。この R - F e - B 系永久磁石は、反応性の高い R を含むため、大気中で酸化腐食されやすい。従って、その使用に際しては、耐食性確保のために、N i めっき被膜や A l 蒸着被膜、樹脂塗装被膜などをその表面に成膜するなど、何らかの表面処理が施される。

R - F e - B 系永久磁石の耐食性をさらに向上するための方法は数多く提案されており、特許出願の数も多い。例えば、特許文献 1 には、耐食性に優れた R - F e - B 系永久磁石を得るため、第 1 の保護層として N i 被膜、第 2 の保護層として第 1 の保護層より軟質である C u または S n 被膜、第 3 の保護層として第 2 の保護層より硬質である N i 被膜をその表面に成膜することが開示されている。特許文献 2 ~ 4 にも、耐食性向上を目的とした、N i 被膜 - C u 被膜 - N i または N i - P 被膜の組み合わせの積層被膜が開示されている。特許文献 5 には、耐食性向上と耐摩耗性確保の目的で、硬度の低い無光沢 N i 被膜と硬度の高い光沢 N i 被膜の組み合わせの積層被膜が開示されている。また、特許文献 6 には、鉄系焼結材料の表面に、ピッカース硬度が 4 0 0 ~ 5 0 0 程度の N i - P 被膜を成

10

20

30

40

50

膜し、鉄系焼結材の耐摩耗性を向上させることが開示されている。

【特許文献1】特開平1-321610号公報

【特許文献2】特開平5-205926号公報

【特許文献3】特許第3377605号公報

【特許文献4】特開平7-331486号公報

【特許文献5】特開平9-7810号公報

【特許文献6】特開2003-97429号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

10

電気自動車やハイブリッドカーの高性能化に伴い、これらに搭載されるモータにも高性能化が求められ、その結果、SPM型(Surface Permanent Magnet: 表面磁石型)モータに替えてIPM型(Interior Permanent Magnet: 内部磁石型)モータが採用されるようになった。IPM型モータは、例えば、図1に示すロータ1を用いて組み立てられるものであり、ロータ1は、珪素鋼板を積層して作製されたヨーク2内に設けられたスロット3に磁石4が挿入される構造をとる。ヨークは、珪素鋼板を打ち抜いたものを積層して作製されているため、そのスロット表面には、バリや打ち抜きの刃の痕などの凹凸がある。従って、表面に耐食性被膜が成膜されたR-Fe-B系永久磁石をスロットに挿入する際、前記凹凸によって被膜が傷つくことがあり、その結果、磁石の耐食性に問題を生じ、磁気特性が劣化し、モータの特性低下が生じるという問題があった。また、スロット内部と磁石の間のクリアランスは非常に小さく、磁石の挿入時に磁石に大きな応力が加わって、被膜に割れ欠けを生じるという問題もあった。さらに、IPM型モータの回転は、6000rpm以上にも達し、回転時にスロット内の磁石には、磁石の大きな磁氣的吸引力に加えて、大きな遠心力が作用する。そのため、磁石はスロット内で径方向に移動し、磁石とヨークとの衝突が生じるので、被膜が傷ついたり磨耗したり、被膜に割れ欠けを生じたりする問題もあった。

20

以上のような問題に鑑みれば、自動車用IPM型モータ用のR-Fe-B系永久磁石の表面処理方法には、耐食性(容易に傷つかないこと)に加え、耐摩耗性(容易に磨耗しないこと)と耐衝撃性(容易に割れ欠けを生じないこと)が求められる。

しかしながら、耐摩耗性を確保しようとして、磁石の表面に成膜する被膜の硬度を高くすると、被膜の耐衝撃性は劣る方向に進み、被膜に割れ欠けを生じやすくなる一方、耐衝撃性を確保しようとして、被膜に柔軟性を持たせると、被膜の耐摩耗性は劣る方向に進み、被膜が傷つきやすくなったり磨耗しやすくなったりするという相反する課題を有している。従って、IPM型モータ用の磁石の表面処理方法として、上記の特許文献1~6などに記載された従来の表面処理方法をそのまま適用したのでは、このような問題を解決できない。特許文献1~5には、種々の積層被膜が開示されているが、その目的は耐食性の向上であり、自動車用IPM型モータに使用される磁石のような、特殊環境で使用される磁石に対し、耐摩耗性と耐衝撃性を同時に付与するといった視点からの記載や示唆はない。また、特許文献6にあるような、硬質被膜を最表層に成膜しただけでは耐摩耗性と耐衝撃性を確保できない。

30

40

そこで本発明は、優れた耐食性、耐摩耗性および耐衝撃性を兼ね備えた、自動車用IPM型モータに使用される永久磁石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】

【0004】

本発明者らは上記の点に鑑み鋭意検討を行った結果、R-Fe-B系永久磁石の表面に、下地層として所定の膜厚のNi電気めっき被膜を介して、衝撃緩衝材としての機能を持つ所定の膜厚のCuまたはSn電気めっき被膜を積層し、最表層に所定の硬度と膜厚のNi-P合金無電解めっき被膜を成膜することにより、上記の問題を解決できることを知見した。

【0005】

50

上記の知見に基づいてなされた本発明の自動車用IPM型モータのロータヨーク内のスロットに挿入して使用される永久磁石の製造方法は、請求項1記載の通り、R-Fe-B系永久磁石の表面に、第1層目として膜厚が3~15 μ mのNi被膜を電気めっき法により成膜した後、第2層目として膜厚が3~15 μ mのCuまたはSn被膜を電気めっき法により成膜し、第3層目として第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜のピッカース硬度を1とした場合に2.5~4.5のピッカース硬度を有する膜厚が4~7 μ mのNi-P合金被膜を無電解めっき法により成膜することを特徴とする。

また、請求項2記載の製造方法は、請求項1記載の製造方法において、第1層目の被膜をpHが6.0~8.0に調整されたNiめっき浴を用いて成膜することを特徴とする。

また、請求項3記載の製造方法は、請求項1または2記載の製造方法において、第3層目の被膜のピッカース硬度を400~700とすることを特徴とする。 10

また、請求項4記載の製造方法は、請求項1乃至3のいずれかに記載の製造方法において、第3層目の被膜をPが5~12wt%含まれるようにすることを特徴とする。

また、請求項5記載の製造方法は、請求項1乃至4のいずれかに記載の製造方法において、第1層目~第3層目の被膜の合計膜厚を15~25 μ mとすることを特徴とする。

また、本発明の自動車用IPM型モータのロータヨーク内のスロットに挿入して使用される永久磁石は、請求項6記載の通り、R-Fe-B系永久磁石の表面に、膜厚が3~15 μ mのNi電気めっき被膜を介して、膜厚が3~15 μ mのCuまたはSn電気めっき被膜を有し、さらに、前記CuまたはSn電気めっき被膜のピッカース硬度を1とした場合に2.5~4.5のピッカース硬度を有する膜厚が4~7 μ mのNi-P合金無電解め 20
っき被膜を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、衝撃緩衝材としての機能を持ち、かつ、非常に被膜硬度が高く摺動性に優れた積層被膜がR-Fe-B系永久磁石の表面に成膜されるので、自動車用IPM型モータのロータヨーク内のスロットに挿入して使用しても、被膜が傷ついたり磨耗したりすること、また、被膜に割れ欠けを生じたりすることを効果的に抑制し、磁石に優れた耐食性、耐摩耗性および耐衝撃性を付与できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

本発明の自動車用IPM型モータのロータヨーク内のスロットに挿入して使用される永久磁石の製造方法は、R-Fe-B系永久磁石の表面に、第1層目として膜厚が3~15 μ mのNi被膜を電気めっき法により成膜した後、第2層目として膜厚が3~15 μ mのCuまたはSn被膜を電気めっき法により成膜し、第3層目として第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜のピッカース硬度を1とした場合に2.5~4.5のピッカース硬度を有する膜厚が4~7 μ mのNi-P合金被膜を無電解めっき法により成膜することを特徴とするものである。 30

【0008】

第1層目のNi電気めっき被膜は、公知のワット浴やスルファミン浴などを用いて成膜することができるが、特に、R-Fe-B系永久磁石との密着性や、磁石表面からの磁石成分の溶出を極力少なくするという観点からは、例えば、特許第2908637号公報に記載の、pHが6~8に調整されたNiめっき浴(中性Niめっき浴)を用いることが好ましい。中性Niめっき浴を構成するめっき浴組成としては、例えば、硫酸ニッケルを70~200g/L、クエン酸アンモニウムおよび/またはクエン酸ナトリウムを25~150g/L、ホウ酸を10~30g/L、塩化アンモニウムおよび/または硫酸ナトリウムを5~50g/L、応力抑制剤を3~15g/L含み、pHを6.0~8.0に調整したものが挙げられる。その浴温は40~60とすればよい。 40

【0009】

第1層目のNi電気めっき被膜の膜厚を3~15 μ mと規定するのは、3 μ m未満では下地層としての上層めっき被膜との密着性向上の効果が得られない恐れがあり、15 μ m 50

を超過するとコスト増大要因や磁石の有効体積減少につながる恐れがあるからである。

【0010】

第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜は、衝撃緩衝材としての機能を持つ。Cu電気めっき被膜は、例えば、公知のピロリン酸銅めっき浴などを用いて成膜すればよい。ピロリン酸銅めっき浴を構成するめっき浴組成としては、例えば、ピロリン酸銅を20～105g/L、ピロリン酸カリウムを100～370g/L、アンモニア水を2～5mL/L、光沢剤を適量含み、pHを8.0～9.0に調整したものが挙げられる。その浴温は50～60とすればよい。Sn電気めっき被膜は、例えば、公知の酸性スズめっき浴などを用いて成膜すればよい。酸性スズめっき浴を構成するめっき浴組成としては、例えば、硫酸第一スズを30～50g/L、硫酸を80～200g/L、光沢剤を適量含み、pHを0.1～2.0に調整したものが挙げられる。その浴温は10～30とすればよい。

10

【0011】

第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜の膜厚を3～15 μ mと規定するのは、3 μ m未満では衝撃緩衝材としての機能が得られない恐れがあり、15 μ mを超過するとコスト増大要因や磁石の有効体積減少につながる恐れがあるからである。第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜の好ましい膜厚は、7～15 μ mである。

【0012】

第3層目のNi-P合金無電解めっき被膜は、例えば、Niイオンと次亜リン酸塩を主成分とする公知の酸性浴やアルカリ性浴を用いて成膜すればよい。好適なめっき浴組成としては、例えば、硫酸ニッケルを15～40g/L、次亜リン酸ナトリウムを20～40g/L、その他、安定剤や錯化剤などを適量含み、pHを4.0～5.0に調整したものが挙げられる。その浴温は80～95とすればよい。

20

【0013】

第3層目のNi-P合金無電解めっき被膜のピッカース硬度を第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜のピッカース硬度を1とした場合に2.5～4.5と規定するのは、2.5未満では硬度が低すぎて、磁石をスロットに挿入する際に被膜が傷ついて磁石の耐食性に悪影響を与える恐れや、被膜が必要以上に磨耗する恐れがあり、4.5を超過すると硬度が高すぎて、第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜との間に無視できない応力がかかり、被膜に割れ欠けを発生する恐れがあるからである。第3層目のNi-P合金無電解めっき被膜の好ましいピッカース硬度は、第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜のピッカース硬度を1とした場合に3.0～4.0である。第2層目のCuまたはSn電気めっき被膜を上記のようなめっき浴を用いて成膜した場合、そのピッカース硬度を100～200にできるので、この場合、第3層目のNi-P合金無電解めっき被膜のピッカース硬度は、400～700とすることが好ましい。このようなピッカース硬度のNi-P合金無電解めっき被膜は、被膜中にPが5～12wt%含まれるようにすることで得ることができる。被膜中のP含量は、めっき浴中のP濃度を調整することで調整できる。

30

【0014】

第3層目のNi-P合金無電解めっき被膜の膜厚を4～7 μ mと規定するのは、4 μ m未満では第3層目の被膜としての機能が得られない恐れがあり、7 μ mを超過するとコスト増大要因や磁石の有効体積減少につながる恐れがあるからである。第3層目のNi-P合金無電解めっき被膜の好ましい膜厚は、5～7 μ mである。

40

【0015】

なお、第1層目～第3層目の被膜の好ましい合計膜厚は、15～25 μ mである。

【実施例】

【0016】

本発明を以下の実施例と比較例によってさらに詳細に説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。なお、以下の実施例と比較例は、例えば、米国特許4770723号公報や米国特許4792368号公報に記載されているようにして、公知の鑄造インゴットを粉碎し、微粉碎後に成形、焼結、熱処理、表面加工を行うことによって得られた1

50

4 N d - 7 9 F e - 6 B - 1 C o 組成 (a t %) の縦 4 0 . 4 5 m m × 横 1 8 . 5 m m × 高さ 4 . 5 m m 寸法の板状焼結磁石 (以下、磁石体試験片と称する) を用いて行った。

【 0 0 1 7 】

A . サンプル 1 ~ 5 の製造方法 (実施例)

(工程 1)

断面形状が一辺が 4 5 0 m m の正六角形で長さが 1 6 0 m m の耐熱プラスチック製バレル治具に磁石体試験片 2 0 0 個と見かけ容量 1 . 5 L の直径 6 . 0 m m のスチールボールを収容した後、このバレル治具を硝酸ナトリウム 0 . 2 m o l / L と硫酸 1 . 5 v o l % を含んだ液温 3 0 の酸洗液に浸漬し、4 r p m の回転速度で回転させながら 4 分間酸洗し、その後、直ちに純水 (2 5) で 3 0 秒間超音波洗浄してから速やかに磁石体試験片の表面への第 1 層目の N i 電気めっき被膜の成膜工程に移った。この成膜工程は、硫酸ニッケル・6水和物を 1 3 0 g / L、クエン酸アンモニウムを 3 0 g / L、ホウ酸を 1 5 g / L、塩化アンモニウムを 8 g / L、サッカリンを 8 g / L 含み、アンモニア水で p H を 6 . 5 に調整した液温 5 0 のめっき浴を用い、バレルを 4 r p m の回転速度で回転させながら電流密度 0 . 2 5 A / d m² で行った。成膜後は、純水 (2 5) にバレルを浸漬して表面に N i 電気めっき被膜が成膜された磁石体試験片を十分に水洗した。

10

【 0 0 1 8 】

(工程 2)

次に、ピロリン酸銅を 2 5 g / L、ピロリン酸カリウムを 1 1 0 g / L、アンモニア水を 3 m L / L、光沢剤を適量含み、アンモニア水で p H を 8 . 5 に調整した液温 5 0 のめっき浴を用い、バレルを 4 r p m の回転速度で回転させながら電流密度 0 . 2 3 A / d m² で、第 1 層目の N i 電気めっき被膜の表面に第 2 層目の C u 電気めっき被膜を成膜した。成膜後は、純水 (2 5) にバレルを浸漬して表面に積層電気めっき被膜が成膜された磁石体試験片を十分に水洗した。

20

【 0 0 1 9 】

(工程 3)

次に、N i - P 合金無電解めっき浴として、硫酸ニッケル・6水和物を 2 7 g / L、次亜リン酸ナトリウムを 3 0 g / L、その他、安定剤や錯化剤などを適量含み、アンモニア水もしくは硫酸で p H を 4 . 0 に調整した液温 9 0 のめっき浴を用い、バレルを 4 r p m の回転速度で回転させながら処理することで、第 2 層目の C u 電気めっき被膜の表面に第 3 層目の N i - P 合金無電解めっき被膜を成膜した。その後、純水 (2 5) にバレルを浸漬して表面に 3 層構造の積層被膜が成膜された磁石体試験片を十分に水洗した。次に、これをバレル治具から取り出し、さらに純水 (2 5) で 3 分間超音波洗浄してから遠心乾燥機に収容し、温度 7 0 で回転数 5 0 0 r p m という条件下で遠心乾燥を 6 分間行って完成品 (サンプル 1 ~ 5) とした。

30

【 0 0 2 0 】

B . サンプル 6 の製造方法 (比較例)

上記の A の工程 1 と工程 2 と同様の工程によって得られた、表面に第 1 層目の N i 電気めっき被膜と第 2 層目の C u 電気めっき被膜が成膜された磁石体試験片に対し、N i - P 合金無電解めっき浴として、硫酸ニッケル・6水和物を 2 0 g / L、次亜リン酸ナトリウムを 1 5 g / L、その他、安定剤や錯化剤などを適量含み、アンモニア水もしくは硫酸で p H を 6 . 0 に調整した液温 9 0 のめっき浴を用い、バレルを 4 r p m の回転速度で回転させながら処理することで、第 2 層目の C u 電気めっき被膜の表面に第 3 層目の N i - P 合金無電解めっき被膜を成膜した。その後、純水 (2 5) にバレルを浸漬して表面に 3 層構造の積層被膜が成膜された磁石体試験片を十分に水洗した。次に、これをバレル治具から取り出し、さらに純水 (2 5) で 3 分間超音波洗浄してから遠心乾燥機に収容し、温度 7 0 で回転数 5 0 0 r p m という条件下で遠心乾燥を 6 分間行って完成品 (サンプル 6) とした。

40

【 0 0 2 1 】

C . サンプル 7 の製造方法 (比較例)

50

上記の A の工程 1 と工程 2 と同様の工程によって得られた、表面に第 1 層目の Ni 電気めっき被膜と第 2 層目の Cu 電気めっき被膜が成膜された磁石体試験片に対し、Ni 電気めっき浴として、硫酸ニッケル・6水和物を 240 g/L、塩化ニッケル・6水和物を 45 g/L、ホウ酸を 30 g/L、2-ブチン-1,4-ジオールを 0.2 g/L、サッカリンを 1 g/L 含み、炭酸ニッケルで pH を 4.2 に調整した液温 50 のめっき浴を用い、バレルを 5 rpm の回転速度で回転させながら電流密度 0.2 A/dm² で、第 2 層目の Cu 電気めっき被膜の表面に第 3 層目の Ni 電気めっき被膜を成膜した。その後、純水 (25) にバレルを浸漬して表面に 3 層構造の積層被膜が成膜された磁石体試験片を十分に水洗した。次に、これをバレル治具から取り出し、さらに純水 (25) で 3 分間超音波洗浄してから遠心乾燥機に収容し、温度 70 で回転数 500 rpm という条件下で遠心乾燥を 6 分間行って完成品 (サンプル 7) とした。

10

【 0 0 2 2 】

上記の A ~ C で製造したサンプル 1 ~ 7 の被膜の膜厚を表 1 に示す。また、第 2 層目の Cu 電気めっき被膜と第 3 層目の被膜のビッカース硬度 (Hv) と両者の比率 (第 2 層目の Cu 電気めっき被膜のビッカース硬度を 1 とした場合の第 3 層目の被膜のビッカース硬度) を表 2 に示す。なお、ビッカース硬度の測定は、被膜の表面に圧子が 5 g で時間が 10 秒の条件にて圧痕を打ち、この圧痕の大きさを測定し、ひし形の対角線の長さを換算して算出するマイクロビッカース硬度測定法に基づいて行った。

【 0 0 2 3 】

【 表 1 】

20

	第1層Ni被膜 膜厚 (μm)	第2層Cu被膜 膜厚 (μm)	第3層被膜		合計膜厚 (μm)
			種類 (P含量)	膜厚 (μm)	
サンプル1	5	15	無電解Ni-P (11wt%)	5	25
サンプル2	5	10	無電解Ni-P (11wt%)	5	20
サンプル3	5	7	無電解Ni-P (11wt%)	5	17
サンプル4	5	5	無電解Ni-P (11wt%)	5	15
サンプル5	3	3	無電解Ni-P (11wt%)	4	10
サンプル6	5	10	無電解Ni-P (3wt%)	5	20
サンプル7	5	10	電気Ni	5	20

30

※ 膜厚はめっき時間を調整することで多様化

【 0 0 2 4 】

【 表 2 】

	第2層Cu被膜のHv	第3層被膜のHv	Hv比率
サンプル1	156	543	3.5
サンプル2	163	545	3.3
サンプル3	167	576	3.5
サンプル4	172	580	3.4
サンプル5	175	583	3.3
サンプル6	163	781	4.8
サンプル7	162	352	2.2

40

※ 第2層Cu被膜のHvはサンプル製造の工程2を終了した時点で測定

【 0 0 2 5 】

50

評価 1 :

サンプル 1, 3, 4, 6, 7 に対し、モータ最大回転数を 6000 rpm 以上とするモータ加減速耐久試験を行った。その結果、サンプル 1 は Ni - P 合金無電解めっき被膜が約 2 μ m 磨耗した。サンプル 3 は Ni - P 合金無電解めっき被膜が約 5 μ m 磨耗した。サンプル 4 は Ni - P 合金無電解めっき被膜が全て磨耗し、Cu 電気めっき被膜が約 3 μ m 磨耗した（合計磨耗量は約 8 μ m）。サンプル 6 の Ni - P 合金無電解めっき被膜はほとんど磨耗しなかったが、Cu 電気めっき被膜と Ni - P 合金無電解めっき被膜の間で割れが発生した。サンプル 7 は 50 サイクルで Ni 電気めっき被膜の表面に傷が発生し、それ以上試験を続けることができなかった。

以上の結果から、最表層となる第 3 層目の被膜のビッカース硬度は高すぎても低すぎても優れた耐食性、耐摩耗性および耐衝撃性を磁石に付与できないことがわかった。

10

【0026】

評価 2 :

サンプル 2, 3, 4, 5 の表面の任意の 2 箇所 $1 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-4}$ J のエネルギーを $10^8 \sim 10^9$ 回与える過酷衝撃疲労試験を行った。その結果、いずれのサンプルの磁石体試験片にも割れ欠けが発生しなかった。サンプル 2 は Ni - P 合金無電解めっき被膜が全て磨耗し、Cu 電気めっき被膜が約 8 μ m 磨耗した（合計磨耗量は約 13 μ m）。サンプル 3 は Ni - P 合金無電解めっき被膜と Cu 電気めっき被膜が全て磨耗し、Ni 電気めっき被膜が約 3 μ m 磨耗した（合計磨耗量は約 15 μ m）。サンプル 4 とサンプル 5 は全ての被膜が磨耗し、磁石体試験片もその一部が磨耗した（合計磨耗量は約 27 μ m）。

20

以上の結果から、第 2 層目の Cu 電気めっき被膜の膜厚が 7 μ m 以上ある場合は、5 μ m の場合に比較して、膜厚の差以上に磨耗量が少ないことがわかった。第 3 層目の Ni - P 合金無電解めっき被膜の下層の被膜の膜厚を制御することで耐摩耗性を著しく向上させることができることは、これまでの知見からは予期できない効果であると言える。

【0027】

評価 3 : 耐食性試験

サンプル 1 ~ 7 の全てに対して、50 \times 95% の恒温恒湿槽内に 72 時間放置するという耐食性試験を行ったところ、いずれのサンプルも錆を発生せず、優れた耐食性を有していることが確認された。

【産業上の利用可能性】

30

【0028】

本発明は、優れた耐食性、耐摩耗性および耐衝撃性を兼ね備えた、自動車用 IPM 型モータに使用される永久磁石の製造方法を提供することができる点において産業上の利用可能性を有する。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図 1】 IPM 型モータに用いられるロータの一例の斜視図である。

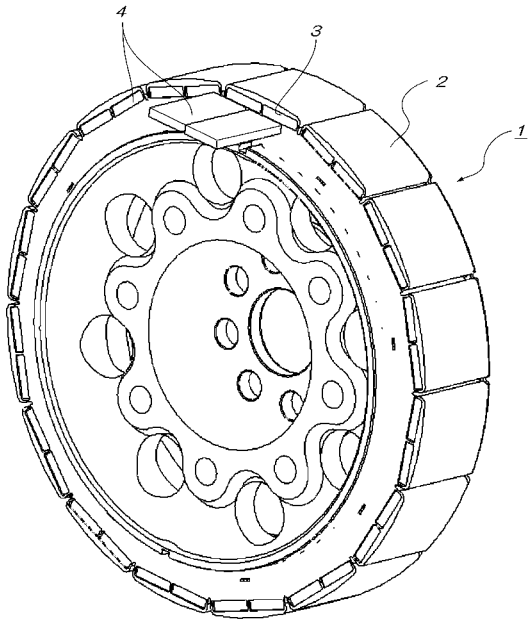
【符号の説明】

【0030】

- 1 ロータ
- 2 ヨーク
- 3 スロット
- 4 磁石

40

【図 1】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
C 2 5 D 7/00 (2006.01)	C 2 5 D	7/00		K
H 0 1 F 41/02 (2006.01)	H 0 1 F	41/02		G
H 0 1 F 1/053 (2006.01)	H 0 1 F	1/04		H

(72)発明者 真谷 康隆

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 高橋 一成

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 椛澤 明

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 岡田 秀徳

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

(72)発明者 宮尾 幸光

兵庫県尼崎市東向島西之町1番地 株式会社NEOMAX尼崎事業所内

(72)発明者 金子 裕治

大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号 株式会社NEOMAX山崎製作所内

Fターム(参考) 4K024 AA03 AA07 AA09 AB02 AB17 BA02 BB14 BC07 DB10 GA04

4K044 AA02 AB05 AB10 BA06 BA10 BA19 BB04 BC02 CA15 CA18

5E040 AA04 BC08 BD01 CA01

5E062 CC03 CD01 CD04 CG07

5H622 QA05 QA08