

(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2010-280971

(P2010-280971A)

(43) 公開日 平成22年12月16日(2010.12.16)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)		
<b>C 2 2 C</b>	<b>5/06</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C	5/06	C	4 K O 1 8
<b>C 2 2 C</b>	<b>32/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C	32/00	A	4 K O 2 0
<b>C 2 2 C</b>	<b>1/10</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C	1/10	A	5 H 6 1 3
<b>C 2 2 C</b>	<b>1/05</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C	1/05	T	
<b>B 2 2 F</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 2 F	7/00	A	

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2009-136545 (P2009-136545)  
 (22) 出願日 平成21年6月5日(2009.6.5)

(71) 出願人 000113791  
 マブチモーター株式会社  
 千葉県松戸市松飛台430番地  
 (71) 出願人 509352945  
 田中貴金属工業株式会社  
 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号  
 (74) 代理人 110000268  
 特許業務法人田中・岡崎アンドアソシエイツ  
 (72) 発明者 中村 啓次  
 千葉県印旛郡本荻村電腹寺280番地 マブチモーター株式会社技術センター内  
 (72) 発明者 高島 誠  
 千葉県印旛郡本荻村電腹寺280番地 マブチモーター株式会社技術センター内  
 最終頁に続く

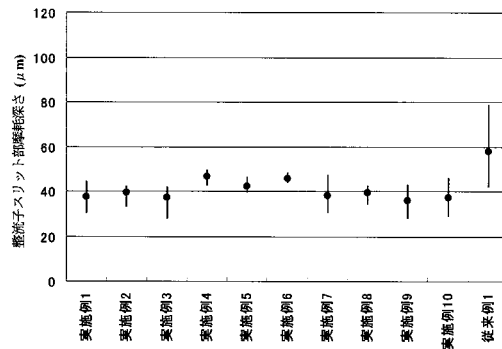
(54) 【発明の名称】 摺動接点材料及びクラッド複合材並びにモーター

(57) 【要約】

【解決課題】初期起動電流 ( I S ) 1 A 以上の高容量用途のモーターの整流子に適用可能であり、摩耗が非常に少なく、耐久性が良好な摺動接点材料を提供する。

【解決手段】本発明は、A g 合金マトリックス中に金属酸化物粒子を分散させてなる摺動接点材料において、A g 合金マトリックスは、A g に F e、C o、N i 及び C u の 1 種又は 2 種以上を 0 . 0 1 ~ 1 0 . 0 重量%含む A g 合金であり、金属酸化物として、T a 酸化物を 0 . 1 ~ 3 . 0 重量%分散させてなる摺動接点材料である。本発明は、更に、M g、F e、C o、N i 及び Z n の 1 種又は 2 種以上の金属酸化物粒子を 0 . 1 ~ 1 0 . 0 重量%分散させても良い。そして、これらの摺動接点材料は、C u 又は C u 合金のベース材料上の一部に埋設したクラッド複合材の形態で使用される。

【選択図】 図 1



\*磨耗深さの平均値をドットで表示

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

A g 合金マトリックス中に金属酸化物粒子を分散させてなる摺動接点材料において、前記 A g 合金マトリックスは、A g に F e、C o、N i 及び C u の 1 種又は 2 種以上を 0 . 0 1 ~ 1 0 . 0 重量% 含む A g 合金であり、

前記金属酸化物として、T a 酸化物を 0 . 1 ~ 3 . 0 重量% 分散させてなる摺動接点材料。

## 【請求項 2】

A g 合金マトリックスは、A g に N i 及び C u の少なくともいずれかを 0 . 0 1 ~ 1 0 . 0 重量% 含む A g 合金である請求項 1 記載の摺動接点材料。

10

## 【請求項 3】

更に、M g、F e、C o、N i 及び Z n の 1 種又は 2 種以上の金属酸化物粒子を 0 . 1 ~ 1 0 . 0 重量% 分散させてなる請求項 1 又は請求項 2 記載の摺動接点材料。

## 【請求項 4】

C u 又は C u 合金のベース材料上の一部に、請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の摺動接点材料を埋設したものであるクラッド複合材。

## 【請求項 5】

埋設した摺動接点材料上の少なくとも一部を A u 又は A u 合金で被覆した請求項 4 記載のクラッド複合材。

## 【請求項 6】

請求項 4 又は請求項 5 に記載のクラッド複合材を整流子として用いたモーター。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、機械的な摺動動作により電気的な開閉を行うモーターの整流子に好適な摺動接点材料に関する。特に、自動車の電動格納ミラー等で用いられる初期起動電流が 1 A 以上の高容量の直流小型モーターに好適な摺動接点材料に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

自動車には、音響機器、エアコンダンパー、電動格納ミラー及びステアリングロックピン等、多くの電装品が搭載されており、その駆動のために多数の直流小型モーターが使用されている。それらは、各電装品を駆動させるために必要なトルクにより使い分けがなされている。直流小型モーターの出力トルクは、入力電流に対して直線的に比例するが、自動車の場合、モーターへの印加電圧は一定の放電電圧 ( 1 3 . 5 V ) を有するバッテリーから供給されるため、大きなトルクを必要とする電装品のモーター程大きな電流を流さなければならない。

30

## 【0003】

そのため、自動車電装品用の直流小型モーターは、初期起動電流 ( I n i t i a l S t a r t : 以下、I S と略する ) により使い分けがなされており、I S がおよそ 1 A ( アンペア ) 未満で使用される直流小型モーターは、音響機器及びエアコンダンパー等の必要トルクの小さい電装品に使用されており、I S が 1 A 以上の高容量用途で使用される直流小型モーターは、電動格納ミラー及びステアリングロック等の必要トルクの大きい電装品に使用されている。そして、これらのモーターは、電流容量により刷子 ( ブラシ ) 及び整流子 ( コミテータ ) に用いられる摺動接点材料の種類、構成が異なる。

40

## 【0004】

ここで、I S が 1 A 以上の高容量用途に使用される直流小型モーターの構成は、刷子として、1 辺が数 m m のブロック状のカーボン系焼結材料を用い、整流子に C u 系材料を用い、ブロック状の焼結材をスプリングで整流子へ押し付ける構造を採ったものが一般的となっている。高容量用途では、通電電流が大きいため、刷子が整流子から離れる際に発生する比較的大きな火花放電、もしくは、アーク放電により、刷子側が大きく摩耗する。そ

50

ここで、金属に対する動摩擦係数が小さく、摺動時の機械的摩耗が少ないカーボンを用いることで耐久性を確保し、更に、体積の大きいブロック状の刷子材とすることで摩耗の補償をしている。

#### 【0005】

このようなISが1A以上の高容量用途のモーターは、電流付加に対する耐久性は良好であるが、回転騒音が大きく、また、ノイズ発生も多いという問題がある。これは、刷子材であるカーボンに主な要因がある。カーボンは、最小アーク電流が小さく、放電に対して活性であるため、摺動時に火花放電及びアーク放電が発生し易く、これに起因して回転騒音、ノイズが発生し易い。また、整流子を構成するCu系材料についても要因があり、環境的な要因により腐食されやすく、酸化物、硫化物等の皮膜を容易に形成し、接触抵抗が不安定となる傾向があり、これもノイズ発生の要因となっている。

10

#### 【0006】

最近の自動車業界においては、高級志向が更に高まっており、電動格納ミラーやステアリングロック等の細かな部品についても余計な騒音が発生し難い品質のモーターが好まれる傾向にある。また、近年の自動車は、各種電装品及び安全回路等の制御システムが複雑になっており、それら制御システムの誤作動を防止する上においてもノイズの発生は好ましくない。

#### 【0007】

回転騒音やノイズ低減を考慮する場合、その方策として、ISが1A未満の用途で使用される直流小型モーターに類似した構成を採用することが考えられている。この低容量のモーターにおいては、刷子及び整流子として主に貴金属合金の摺動接点材料が用いられており、Cu及びCu合金からなるベース材に貴金属合金を埋設したクラッド材の形態でモーターに組みつけられている。また、刷子については、上記のようなクラッド材を板状、棒状に加工したものをベース材のパネ性を利用して整流子に接触させる構造を採っている。

20

#### 【0008】

このような貴金属合金を刷子、整流子に適用するモーターは、貴金属の耐放電特性が良好であること、環境的な要因による腐食が起きにくいことからノイズの抑制が期待できる。また、かかる材料特性からの観点に加えて、刷子側に、ベース材にパネ性を有するクラッド材を適用することで刷子の整流子への追従性を良好なものとしており、構造的な点からもノイズが軽減されている。

30

#### 【0009】

しかしながら、上記のような貴金属合金を適用するモーターは、あくまで、低容量（ISが1A未満）において使用可能であって、これを高容量（ISが1A以上）用途で使用すると、要求される寿命に達する前にモーターが停止してしまう。このモーター停止のメカニズムは、次のように考えられている。即ち、耐放電特性が良好である貴金属合金とあっても放電が全く生じないわけではなく、刷子が整流子から離れる瞬間に火花放電及びアーク放電が発生する。この放電により、整流子のスリット部（整流子間の端部）が溶融、摩耗する。そして、これにより整流子から刷子の非摺動部へ移着が生じ、その移着物は、再度、整流子スリット部に移着し、更に、刷子摺動部へ移着するため、最終的に、整流子の移着物同士の機械摩耗が生じる。その結果、刷子が破断し、要求寿命に達する前に、モーターが停止してしまうのである。

40

#### 【0010】

上記のようなモーター停止の機構に関する考察から、貴金属合金を適用するモーターをISが1A以上の高容量用途で使用可能とするためには、整流子を構成する摺動接点材料の溶融、摩耗を抑えることにあると言える。ここで、低容量用途におけるモーターの摺動接点材料の構成としては、刷子にAgPd合金、整流子の材料として、特許文献1のAgCu合金やこれを改良する特許文献2のAgCuNiZnOMgO系合金が知られている。特許文献2の摺動接点材料は、AgCu合金マトリックス中MgO及びZnO粒子を分散させたものであり、これらの金属酸化物が摺動部における潤滑効果を担い摩擦抵抗を低

50

減させ、耐摩耗性を向上させたものである。しかし、このような特性改善された摺動接点材料でも、高容量用途においては、AgCu合金よりは良好な摩耗特性を示すが、要求の寿命に達する前に、刷子が破断することにより、モーターが停止してしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特許第3355380号公報

【特許文献2】特開2005-154838号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0012】

本発明は、以上のような背景のもとになされたものであり、ISが1A以上の高容量用途のモーターの整流子に適用可能であり、摩耗が非常に少なく、耐久性が良好な摺動接点材料を提供する。そして、これを用いた回転騒音及びノイズ発生の小さい直流小型モーターを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決する本願発明は、Ag合金マトリックス中に金属酸化物粒子を分散させてなる摺動接点材料において、前記Ag合金マトリックスは、AgにFe、Co、Ni及びCuの1種又は2種以上を0.01~10.0重量%含むAg合金であり、前記金属酸化物として、Ta酸化物を0.1~3.0重量%分散させてなる摺動接点材料である。尚、Ag合金マトリックス中の添加元素と金属酸化物の含有量は、摺動接点材料全体に対する割合である(以下も同様である)。

20

【0014】

本発明に係る摺動接点材料は、Ag合金をマトリックスとして、金属酸化物を分散させるものであるが、金属酸化物としてTaの酸化物( $Ta_2O_5$ )を分散させるものである。このTa酸化物は、整流子スリット部の耐熱性を向上させ、火花放電及びアーク放電時の熔融、摩耗量を低減させ、刷子への移着を抑制する作用を有する。そして、Ta酸化物量は、0.1~3.0重量%の範囲内とすることが必要である。0.1重量%未満であるとAg合金マトリックスを十分に強化することができず、熔融、摩耗量の低減効果が低くなるからである。また、3.0重量%を超えると素材製造時の加工性が大幅に劣化し、製造コストが高くなり実用的ではなくなること、及び、Ta酸化物の凝集が発生することによる接触抵抗の上昇により、モーターの耐久寿命を劣化させてしまうからである。尚、Taの酸化物のより好ましい含有量は、0.2~2.5重量%である。

30

【0015】

また、マトリックスであるAg合金は、AgにFe、Co、Ni及びCuの1種又は2種以上を0.01~10.0重量%含むAg合金である。Fe、Co、Ni及びCuの各金属は、Agマトリックス中に固溶、もしくは、粒子状で分散し、これらも摺動接点材料の機械摩耗及び移着を低減させる作用を有する。これらFe、Co、Ni及びCuの金属量は、0.01~10.0重量%とする。0.01重量%未満であると、耐摩耗性及び移着低減の効果が少なくなる傾向となる。また、10.0重量%を超えると、摺動時の摩擦による発熱、火花放電及びアーク放電等による金属成分の酸化により、整流子表面に酸化物皮膜を形成し、刷子材料を機械摩耗させること及び接触抵抗が上昇することにより、モーターの耐久寿命を低下させてしまう。そして、Fe、Co、Ni及びCuの添加量のより好ましい範囲は、0.3~5.0重量%である。尚、Fe、Co、Ni、Cu中で、特に好ましいのはNi及びCuであり、これらの少なくとも1種を添加したものが好ましく、このとき、Niは0.3~1.0重量%とし、Cu0.5~5.0重量%とするのが好ましい。Cu、Niは双方を含むものがより好ましい。

40

【0016】

また、本発明に係る摺動接点材料は、更に、Mg、Fe、Co、Ni及びZnの1種又

50

は2種以上の酸化物が分散していても良い。これらの追加的な酸化物粒子は、A gマトリックスを強化し、T a酸化物との相乗効果により、整流子コミスリット部の溶融、摩耗を低減する効果を有するからである。これらのM g、F e、C o、N i及びZ nの1種又は2種以上の酸化物量は、0.1~10.0重量%とする。0.1重量%未満であると、整流子スリット部の溶融、摩耗の低減効果が低く、10.0重量%を超えると、加工性の大幅な劣化やこれらの酸化物の凝集による接触抵抗の上昇が生じるからである。尚、これらの追加的な金属酸化物の特に好ましい量は、0.3~5.0重量%である。また、M g、F e、C o、N i及びZ nの酸化物の中で、好ましいのは、M g酸化物及びZ n酸化物の少なくとも1種を分散したものである。

#### 【0017】

10  
以上の本発明に係る摺動接点材料をモーターの整流子として使用する場合、より好適な整流子の構成材とするために、C u又はC u合金によるベース材料を用い、そのベース材料上の一部に、本発明に係る摺動接点材料を埋設したクラッド複合材とすることが好ましい。整流子を電氣的に接続させるために必要な半田付け処理における半田付け性が良好になり、また、整流子形状を成形する際の加工性も向上する。更に、クラッド複合材という形態を採用することにより、使用するモーターに応じてベース材に埋設する本発明の摺動接点材料の厚みを制御でき、必要な部分にのみ、高価な摺動接点材料を使用すればよくなるので、コスト的にも好適なものとすることができる。

#### 【0018】

20  
また、上記クラッド材について、埋設した摺動接点材料上の少なくとも一部をA u又はA u合金で被覆しても良い。クラッド材の摺動接点材料の表面に露出する部分は大気に曝されるので硫化しやすい傾向がある。そこで、耐食性に優れるA u又はA u合金を被覆することで摺動接点材料の硫化現象を効果的に防止するのである。また、A u又はA u合金は、低接触抵抗を実現する良好な摺動接点材料であり、これを被覆することで良好なモーター駆動が可能となる。尚、この場合、摩耗によりA u又はA u合金が破壊されるおそれもあるが、内部には本発明の摺動接点材料が存在するため、その後の使用継続に何ら支障はない。

#### 【発明の効果】

#### 【0019】

30  
本発明に係る摺動接点材料は、I Sが1 A以上の高容量用途のモーターの整流子に好適に使用可能であり、摩耗が非常に少なく、耐久性が良好なものである。そして、本発明に係る摺動接点材料が埋設されたクラッド材を整流子として組み込んだモーターは、従来の高容量用途のモーターに対してノイズが低減されており、それでありながら耐久性に優れている。このノイズ低減効果については、例えば、従来の自動車電動格納ミラー用モーターの機械ノイズが40~48 d Bであるのに対して、本発明に係る摺動接点材料を埋設したクラッド複合材を適用した自動車電動格納ミラー用モーターの機械ノイズは、24~33 d Bと静音化を図ることができる。

#### 【0020】

40  
尚、本発明に係る摺動接点材料が埋設されたクラッド材を整流子として組み込んだモーターについて、対応する刷子の材料は特に限定されるものではない。但し、好ましい刷子材料としてA g P d合金(A g P d 50%合金)がある。この刷子材と本発明に係る摺動接点材料との組合せは、低ノイズで両材料の摩耗を低減することができ、モーターの寿命を好ましいものとすることができる。

#### 【0021】

また、本発明による摺動接点材料は、I Sが1 A未満の、エアコンダンパー及び音響機器等の自動車に搭載される電装品に使用される直流小型モーター、また、C Dプレーヤ、D V Dプレーヤ、カメラ、シェーバー等、家庭用電化製品に使用される直流小型モーターの整流子にも使用可能である。このとき、従来の摺動接点材料を用いた場合よりも寿命を伸ばすことが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

【 図 1 】本実施形態で行った摩耗試験の結果（整流子側）を示す図。

【 図 2 】本実施形態で行った摩耗試験の結果（刷子側）を示す図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 3 】

本発明の好ましい実施形態について、以下に記載する実施例及び従来例に基づいて説明する。本実施形態では、表 1 に示す各種の摺動接点材料を製造し、その特性対比を行った。

【 0 0 2 4 】

【 表 1 】

	材料組成(重量%)					
	Cu	Ni	Ta酸化物	Mg酸化物	Zn酸化物	Ag
実施例1	2.0	0.5	0.3	—	—	残
実施例2	2.0	0.5	0.6	—	—	残
実施例3	2.0	0.5	1.2	—	—	残
実施例4	2.0	0.5	1.8	—	—	残
実施例5	2.0	0.5	0.6	—	2.5	残
実施例6	2.0	0.5	1.2	—	2.5	残
実施例7	2.0	0.5	1.8	—	2.5	残
実施例8	2.0	0.5	0.6	0.5	—	残
実施例9	2.0	0.5	1.2	0.5	—	残
実施例10	2.0	0.5	1.8	0.5	—	残
従来例1	2.0	0.5	—	0.8	3.1	残

【 0 0 2 5 】

実施例 1 の摺動接点材料は、2.0 重量%の Cu 粉末、0.5 重量%の Ni 粉末、0.3 重量%の Ta 酸化物粉末及び残部 Ag 粉末を、ボールミルにて 4 時間混合し、各粉末が均一に分散した粉末混合物とした。そして、その粉末混合物を、円筒容器に詰め、円柱長手方向から圧力  $4.9 \times 10^5$  N を加える圧縮加工処理することで、直径 50 mm の円柱ピレットを形成した。続いて、この円柱ピレットを、1123 K の温度中で、4 時間の真空 ( $5.0$  Pa) 焼結処理を行った。この圧縮加工処理、焼結処理は、4 回繰り返して行った。

【 0 0 2 6 】

この圧縮加工及び真空焼結処理を施した円柱ピレットは、熱間押し出し加工により、直径 6.0 mm の線材に形成した。引き続き、伸線加工と焼鈍処理を繰返すことにより、直径 1.6 mm の線材とした。

【 0 0 2 7 】

また、実施例 2 ~ 10、及び、従来例 1 の摺動接点材料も、表 1 の組成の粉末混合物を作製し、実施例 1 の場合と同様の工程に従い加工をして、それぞれ直径 1.6 mm の線材とした。

【 0 0 2 8 】

10

20

30

40

50

以上のようにして形成された各線材は、圧延機によりテープ状に加工し、それをベース層になるCu材にインレイ接合をしてクラッド複合材を得た。そして、1023Kで熱処理をし、圧延を繰り返して二層クラッド複合材とした。

【0029】

次に、製造した各クラッド複合材を用いて、実際に直流小型モーターを組立て、各摺動接点材料の摩耗試験を行った。直流小型モーターへの組み込みは、クラッド複合材を整流子に加工して行った。刷子材料はAgPd50をCu合金に埋設し、二層クラッド複合材を刷子に加工して行った。この摩耗試験の条件は表2に示すとおりである。

【0030】

【表2】

電圧	DC13.5V
電流	IS4A
モード	①、②の繰り返し ①0.1sec(時計回り)－2.4sec(停止) ②0.1sec(反時計回り)－2.4sec(停止)
刷子材料	AgPd50
負荷	30g-cm
試験時間	5万サイクル
試験環境	298K、50%RH
試験数	3

10

20

【0031】

摩耗試験では、規定サイクル回したモーターを分解し、刷子及び整流子を取り出し、整流子スリット部及び刷子の摩耗深さを接触式粗さ計により測定した。各実施例、従来例のモーターについて測定した摩耗深さの結果を図1、2に、摩耗深さの平均値を表3に示す。

30

【0032】

【表 3】

	材料組成(重量%)						摩耗深さ(平均値: $\mu\text{m}$ )	
	Cu	Ni	Ta 酸化物	Mg 酸化物	Zn 酸化物	Ag	整流子 スリット部	刷子
実施例1	2.0	0.5	0.3	—	—	残	37.5	8.6
実施例2	2.0	0.5	0.6	—	—	残	39.3	9.6
実施例3	2.0	0.5	1.2	—	—	残	37.2	9.4
実施例4	2.0	0.5	1.8	—	—	残	46.5	1.7
実施例5	2.0	0.5	0.6	—	2.5	残	42.1	0.8
実施例6	2.0	0.5	1.2	—	2.5	残	45.6	4.4
実施例7	2.0	0.5	1.8	—	2.5	残	38.0	5.3
実施例8	2.0	0.5	0.6	0.5	—	残	39.3	5.7
実施例9	2.0	0.5	1.2	0.5	—	残	35.8	5.6
実施例10	2.0	0.5	1.8	0.5	—	残	37.2	7.3
従来例1	2.0	0.5	—	0.8	3.1	残	58.0	14.2

10

20

## 【0033】

摩耗試験の結果から、整流子スリット部の摩耗深さについてみると、実施例1～10の全てにおいて、従来例よりも20%以上摩耗深さが低減していることがわかる。

## 【0034】

また、刷子側の摩耗深さについてみると、通常、本用途での市場の要求寿命は10万サイクルであり、本試験条件(5万サイクル)刷子摩耗深さとしては15 $\mu\text{m}$ 以下であれば、要求寿命を満足することができると判定する。その意味では、表3のみの平均値で判断すれば実施例、従来例共に合格といえる。しかし、図2からわかるように、従来例はバラつきを含めてみると、刷子摩耗深さが15 $\mu\text{m}$ を超える場合があるのに対し、実施例1～10は、バラつきを含めても刷子摩耗深さが15 $\mu\text{m}$ 以下に抑えられていることがわかる。また、実施例1～10は、いずれも従来例1よりも30%以上の摩耗が低減する。特に、AgCuNi合金にTa酸化物及びZn酸化物を添加した実施例5～7、Ta酸化物及びMg酸化物を添加した実施例8～10は、従来例1よりもおよそ50%以上の摩耗が低減することがわかる。

30

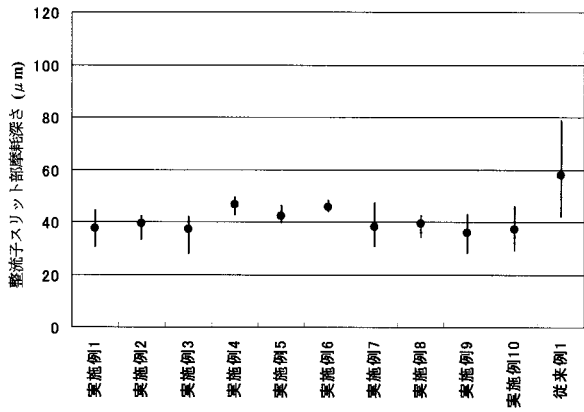
## 【産業上の利用可能性】

## 【0035】

本発明に係る摺動接点材料を埋設したクラッド複合材を直流小型モーターに用いることにより、整流子スリット部の摩耗を大幅に低減させることが可能となり、整流子スリット部の摩耗に起因する刷子摩耗も大幅に抑制され、ISが1A以上の高容量モーターの用途において、十分な耐久性能を有する。

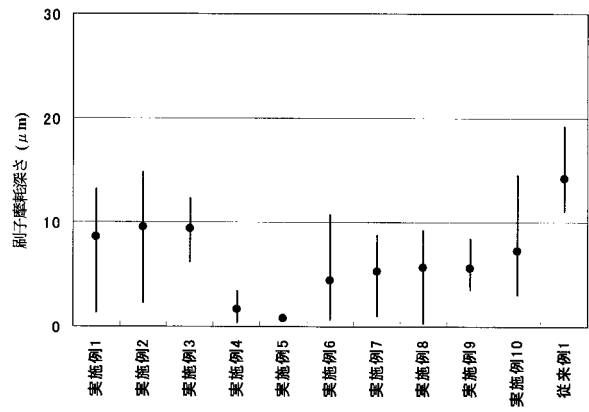
40

【図 1】



\* 磨耗深さの平均値をドットで表示

【図 2】



\* 磨耗深さの平均値をドットで表示

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
<b>B 2 2 F 3/24 (2006.01)</b>	B 2 2 F	3/24	1 0 2 Z	
<b>H 0 2 K 13/00 (2006.01)</b>	H 0 2 K	13/00	D	
<b>B 2 2 F 5/00 (2006.01)</b>	B 2 2 F	5/00	S	

(72)発明者 鵜澤 秀幸  
千葉県印旛郡本埜村竜腹寺 2 8 0 番地 マブチモーター株式会社技術センター内

(72)発明者 高橋 昌宏  
群馬県富岡市一ノ宮字押出 8 2 0 番 1 号 田中貴金属工業株式会社富岡工場内

(72)発明者 堀内 義徳  
群馬県富岡市一ノ宮字押出 8 2 0 番 1 号 田中貴金属工業株式会社富岡工場内

(72)発明者 麻田 敬雄  
岩手県江刺市岩谷堂字松長根 3 2 - 3 田中貴金属工業株式会社岩手工場内

(72)発明者 坂口 理  
群馬県富岡市一ノ宮字押出 8 2 0 番 1 号 田中貴金属工業株式会社富岡工場内

Fターム(参考) 4K018 AA02 AB01 AC01 CA50 DA01 EA32 FA03 FA23 HA08 JA21  
JA34 KA07 KA34 KA35 KA62  
4K020 AA21 AB02 AC05 AC09 BB29  
5H613 BB03 GA02 GB08 GB14