

銅スリップリングと銀黒鉛質ブラシの摺動における 二硫化モリブデン添加によるブラシの摩耗特性

Wear characteristics of silver-graphite brushes with molybdenum disulfide additive in sliding contact between copper slip ring and brush

日工大（正）*菊池 悠太 日工大（非）金子 昂弘 日工大（非）高根沢 真 日工大（正）上野 貴博

Yuta Kikuchi*, Takahiro Kaneko*, Makoto Takanezawa*, Takahiro Ueno*

*Nippon Institute of Technology

1. はじめに

電気しゅう動接触機構は、静止物体から移動物体（回転体）への電流通電を行う機構である。スリップリングとは、回転体に配置された金属製のリングとブラシを介して電力や信号を伝達する機構である。ブラシは、クレーン、電車、自動車、洗濯機、クリーナーなど多くの分野で使用されている。ブラシが整流子（スリップリング）上で通電しながら擦り合わせているとき火花が発生する場合があるが、特別な事情がない限りは好ましくないことである。この火花の発生はアークとともに電氣的摩耗と呼ばれ、ほかにも機械的摩耗がある。電氣的摩耗、機械的摩耗の劣化がこの機構の問題点として挙げられている。ブラシは、できるだけ接触電圧降下が低いこと、寿命の長いこと、摩耗係数が低いことが求められ、そのため電気しゅう動接触機構は電流伝達信頼性や保守性、長寿命化の向上が求められている。この機構は、産業用の可変速電動機や電気鉄道の主電動機などの直流機・交流機で多く使用されており、静止物体であるブラシから移動物体である整流子（スリップリング）への電力伝達のため必要不可欠とされている。

そこで、本研究では、銅スリップリングと銀黒鉛質ブラシを用いるが、銀黒鉛質ブラシには固体潤滑剤である二硫化モリブデンを添加し、その添加量と電流値を変化させた場合のブラシ摩耗量や、接触電圧降下の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 実験条件

Table 1 に実験条件, Fig. 1 に実験回路を示す. ブラシ電流は 200mA, 9.6A, 試験材料としては銀黒鉛質ブラシ (接触面積: 10mm×16mm, 銀含有率 90wt%, 黒鉛粒径 40 μ m, 二硫化モリブデン含有率 1, 3, 5wt%), 銅スリップリング (無酸素銅: 直径 100mm, 幅 20mm) を使用した. ブラシ圧力は 2.45N/cm², しゅう動面仕上げとしてブラシはエメリーペーパー600 番, スリップリングはエメリーペーパー1200 番で研磨を行った. また, スリップリングのしゅう動速度は 2.67m/s, 極性は負ブラシとし, これらの条件下で, ブラシ電流 200mA, 摺り合わせ 24 時間, 本実験 20 時間のしゅう動試験を行った. また, リング駆動用三相誘導電動機の有効電力を計測し, 電動機入力差法を用いて摩擦係数を算出した. ブラシ摩耗量は, しゅう動前のブラシ重量としゅう動後 24 時間経過後のブラシ重量の差を求め摩耗体積に換算した. なお, しゅう動試験中の環境は空調により約 20℃に保った.

Table 1 Experimental conditions

Brush current	0.2,9.6[A]
Sliding time	Fitting 24[h] Main Experiment 20[h]
Sliding speed	2.67[m/sec] (500min ⁻¹)
Brush pressure	2.45N/cm ²
Atmospheric environment	20°C
Brushes used	Silver graphite brush Silver content 90%(wt%) Graphite particle size 40µm Molybdenum disulfide content 0,1,3,5%(wt%)
Ring Material	Copper Slip Ring (Oxygen-free copper)
Finishing roughness of sliding surfaces	Brush : Emery Paper #600 Slip Ring : Emery Paper #1200
Polarity	Negative Brush

3. 実験方法

実験手順としては以下の通りである。初めにスリップリングのしゅう動接触面をエメリーペーパー＃400＃600の順に研磨する。ブラシのしゅう動接触面をエメリーペーパー＃100＃400＃600の順に研磨する。ブラシ研磨後にスリップリングのしゅう動接触面をエメリーペーパー＃1200で研磨する。その後ブラシ・スリップリングの表面観察として、マイクロスコプとカメラでしゅう動接触面の撮影を行う。撮影後に上皿電子天秤を用いてブラシの重量を測定する。エアコンで実験室内を20℃にして、図1のように配線を行い、初めにスリップリングのみの有効電力を計測する。計測後に実験機を起動して、実験を開始する（摺り合わせ24時間、本実

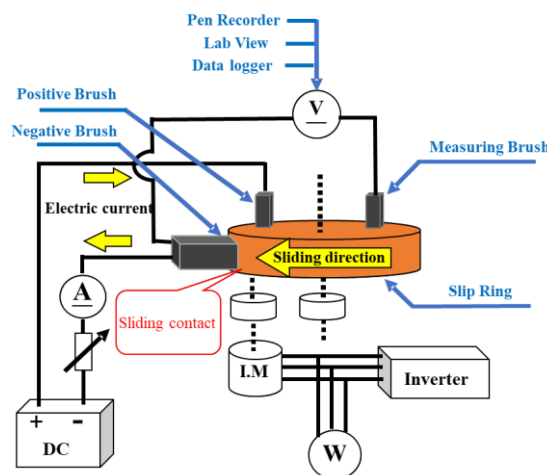


Fig. 1 Experimental circuit

験 20 時間)。本実験終了後に機器を停止させ、ブラシ重量の測定、ブラシ・スリップリングの表面観察を行う。実験終了 24 時間後、もう一度ブラシ重量を測定する。

4. 実験結果

4.1 接触電圧降下

Fig. 2 に銀含有率 90wt%で、二硫化モリブデン含有率 (0,1,3,5wt%) 変化と電流値 (0.2,9.6A) 変化における接触電圧降下の平均値を示す。

電流値が 0.2A の際には二硫化モリブデンの含有率を変化させても、接触電圧降下の値に大きな差は見られなかった。しかし、電流値が 9.6A の際には二硫化モリブデンの含有率が高くなるにつれて、接触電圧降下の値も高くなった。

4.2 ブラシ摩耗量

Fig. 3 に銀含有率 90wt%で、二硫化モリブデン含有率 (0,1,3,5wt%) 変化と電流値 (0.2,9.6A) 変化におけるブラシ摩耗量の平均値を示す。

電流値の値が異なっても二硫化モリブデンの含有率が高くなるにつれて、ブラシ摩耗量が減少していた。

4.3 摩擦係数

Fig. 4 に銀含有率 90wt%で、二硫化モリブデン含有率 (0,1,3,5wt%) 変化と電流値 (0.2,9.6A) 変化における摩擦係数を示す。

摩擦係数に関しては、電流値と二硫化モリブデンの含有率が変わっても、約 0.2 から 0.3 の値で収まることが確認された。また、電流値が 0.2A の際には二硫化モリブデンの添加量増加により摩擦係数が小さくなる傾向がみられた。しかし、電流値が 9.6A の際には二硫化モリブデンの添加量増加により摩擦係数が大きくなる傾向がみられた。

5. 考察

5.1 接触電圧降下について

今回の実験で得られた結果より、銀含有率 90wt%で電流が 9.6A の時、二硫化モリブデンの含有率が高くなるにつれて、接触電圧降下の値も高くなることがわかった。これは、二硫化モリブデンが含有すると、ブラシの電気抵抗率が高くなり、導電性が低くなったからであると考えられる。

5.2 ブラシ摩耗量について

二硫化モリブデンを含んでいるブラシでは、9.6A の摩耗量が 0.2A の際よりも少ない結果となった。この結果より二硫化モリブデンを含むブラシは、機械的摩耗 (0.2A) よりも電氣的摩耗 (9.6A) を低減することができると考えられる。

5.3 摩擦係数について

摩擦係数については、実験結果を比較するといずれの結果も約 0.2 から 0.3 の値で収まっていた。また、電流値が 0.2A の際には、二硫化モリブデンの含有率の増加によって摩擦係数の値が減少していたため、摩擦が小さくなり潤滑剤の効果が表れていると考えられる。

6. まとめ

本研究により、銀含有率 90wt%の際に、二硫化モリブデンの含有率と電流を変化させた場合の接触電圧降下、ブラシ摩耗量、摩擦係数の関係を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 電流の値にかかわらず、二硫化モリブデン含有率が高くなるほど、接触電圧降下の値は高くなる。
- (2) 電流の値にかかわらず、二硫化モリブデン含有率が高くなると、摩耗量が減少する。
- (3) 摩擦係数は二硫化モリブデン含有率が変化しても、約 0.2 から 0.3 の値となる。しかし、電流値の値によって、二硫化モリブデンの潤滑効果の現れ方に差がある。

文献

- 1) 上野 貴博：電気摺動接触現象におよぼす表面皮膜の影響に関する研究，慶応義塾大学博士論文，pp.2-23,2001.
- 2) 炭素材料学会，電機用ブラシとその使い方，日刊工業新聞社，pp.31-144,1976.
- 3) 一木 利信：電機用ブラシの理論と実際，コロナ社，pp.9-35,1978.

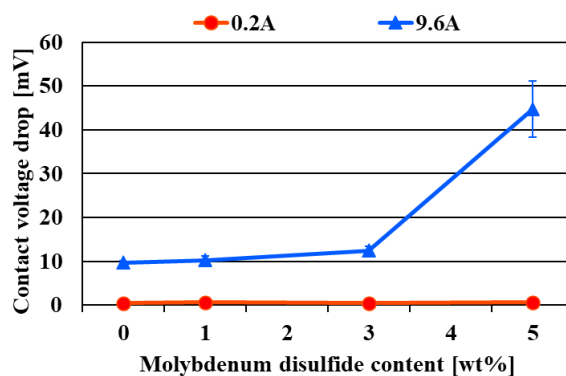


Fig. 2 Contact voltage drop (Silver content 90wt%)

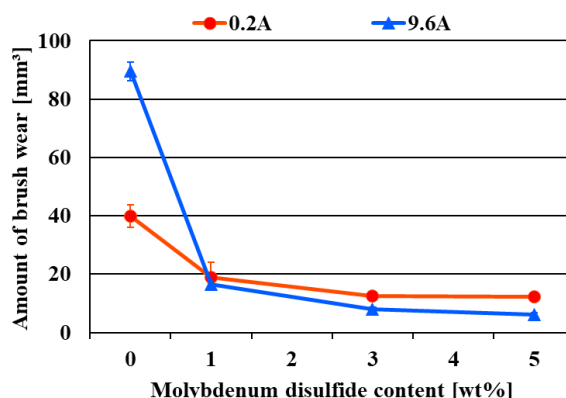


Fig. 3 Amount of brush wear (Silver content 90wt%)

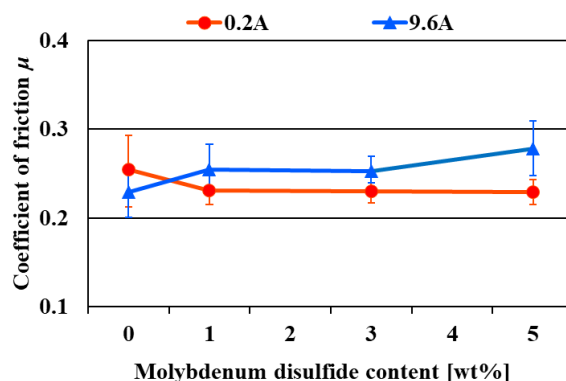


Fig. 4 Coefficient of friction (Silver content 90wt%)