

電気接点材料の材料組成が接触抵抗特性および耐凝着性に与える影響

Effect of material composition of electrical contact to the contact resistance properties and adhesion resistance

東芝（正）*森 義憲 東芝（非）垂井 洋静 東芝（非）佐々木 遥

東芝（非）吉田 剛 東芝（非）齋藤 卓也

Yoshinori Mori*, Hiroyasu Tarui*, Yo Sasaki*, Takeshi Yoshida*, Takuya Saito*

*Toshiba Corporation

1. 緒言

開閉器（スイッチ）は電力回路および電力機器の電路を開閉（ON/OFF）する器具である．その中でも真空開閉器は接触部が真空容器内に収められた構造となっており，この接触部で 1 対の接点材料を開離・接触させることで電路の開閉が行われる．その際，接点材料同士は真空環境下で繰り返し接触するため材料表面では凝着による摩耗が避けられず，この摩耗によって接触部の接触状態が変化することで接触抵抗値が不安定化することが懸念されている．しかしながら，真空環境下での接点材料の耐凝着性や接触抵抗特性に与える表面性状の影響は明らかになっていない．これまでの研究では，Ag-WC-Co 系接点材料の表面を粗面化することが耐凝着性の向上および接触抵抗特性の安定化に有効であることを報告¹⁾した．本研究では，Ag-WC-Co 系接点材料の構成材料であるタングステンカーバイド（WC）の粒径が真空環境下での耐凝着性および接触抵抗特性に与える影響を調べた．

2. 接触抵抗値の測定方法

断続的な開閉動作による接触抵抗値の変化を測定する試験機の構成を Fig. 1 に示す．接点材料は真空容器内に設置した通電軸（固定軸，駆動軸）の先端に取り付けられ，駆動軸を試験機下部の機構で往復動させて無通電状態での開閉動作を行った．接触抵抗値の測定は所定の開閉回数毎に行い，測定時のみ通電軸に 10A の電流を印加して接点材料間の接触抵抗値を測定した．その他の測定条件は Table 1 に示す通り．接点材料は焼結溶浸法で形成した Ag-WC-Co 系の焼結接点とし，異なる粒径の WC をそれぞれ用いて接点材料を作製した．測定に用いた接点材料の詳細を Table 2 に示す．

Table 1 Experimental condition

Number of switching	300 cycles
Vacuum pressure	$10^{-4} \sim 10^{-5}$ Pa
Contact pressure	169 MPa
Impressed current	10 A

Table 2 Properties of the contact materials

Dimension of materials	$\phi 20$ mm (Curvature R200mm)
Diameter of WC	1.5 μ m, 6 μ m, 9 μ m
Surface roughness Ra	1.6 μ m
Hardness (HRC)	10-32

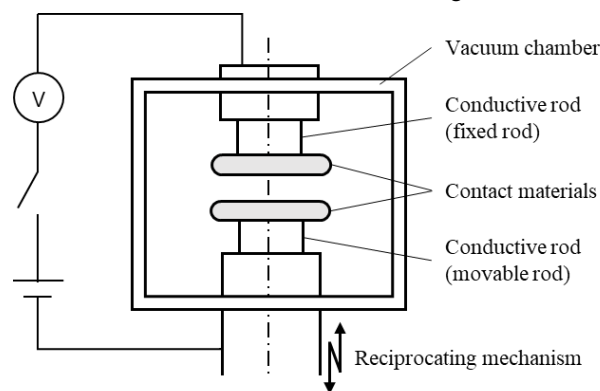


Fig. 1 Schematic diagram of the testing machine

3. 結果と考察

3.1 WC 粒径が接触抵抗値に与える影響

断続的な開閉動作による接触抵抗値の変化を Fig. 2 に示す．図の横軸は開閉回数，縦軸は初期抵抗値からの抵抗増加率を表している．WC 粒径が 1.5 μ m の接点材料は開閉回数と共に接触抵抗値がほぼ線形的に増加しており，300 回開閉後は初期値からおよそ 2.6 倍まで増加した．WC 粒径が 6 μ m の接点材料は 100 回開閉後まで変化が見られなかったが，300 回開閉後には抵抗値が初期値からおよそ 1.6 倍増加した．一方，WC 粒径が 9 μ m の接点材料は接触抵抗値の変化がほとんど見られず，300 回開閉後も初期値とほぼ同じ接触抵抗値を示した．なお，初期抵抗値はどの接点材料もほぼ同じ値であり，Ag-WC-Co 系接点材料の WC 粒径を 9 μ m にすることで安定して低い接触抵抗値を維持できることが分かった．

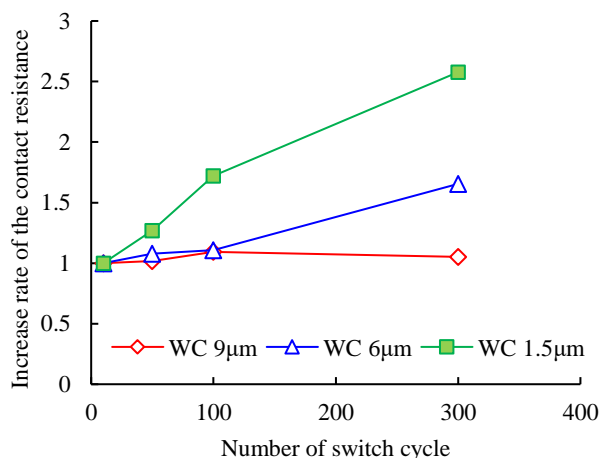


Fig. 2 Measurement results of the contact resistance

3.2 WC 粒径が耐凝着性に与える影響

断続的な開閉動作によって接触抵抗値が増加した接点材料（WC 粒径 1.5 μm ）の表面には Fig.3 に示すような高さ 30 μm 程度の凝着物が形成されていた。この凝着物の高さは接点材料の粗さに比べて十分大きく、これによって接触部の面積が著しく減少して接触抵抗値が増大したと考えられる。300 回開閉動作後の各接点材料に形成された凝着物の体積を Fig. 4 に示す。WC 粒径を大きくすることで凝着物の体積が小さくなる傾向を示しており、WC 粒径が 9 μm の接点材料は凝着物の体積が他の条件に比べて最も小さかった。

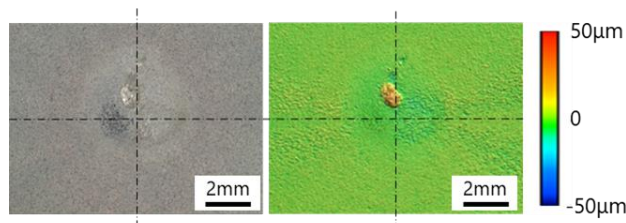


Fig. 3 Surface of contact material (WC 1.5 μm) after switching test

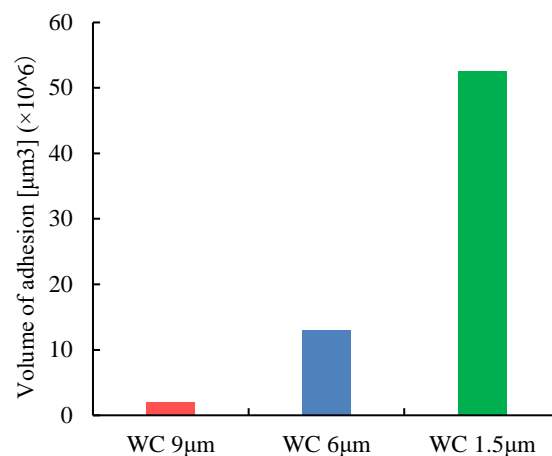


Fig. 4 Volume of adhesion on contact surface

3.3 接点材料表面の強度評価

WC の粒径が耐凝着性に与える影響を調べるため、マイクロスラージェットエロージョン (MSE) 試験⁽²⁾ による材料表面の強度評価を実施した。MSE 試験では各接点材料の表面に粒子径 1.2 μm の多角アルミナを投射し、微小多角粒子の衝突・切削による形状変化を測定した。試験結果の一例を Fig. 5 に示す。エロージョン率は、表面から 3 μm までの領域では大きく、表面から 3 μm 以降の領域では定常値を示した。次に、エロージョンの傾向が変わる深さ 3 μm から表面側と内部側に分けてエロージョン率を比較した結果を Fig. 6 に示す。WC 粒径が 9 μm や 6 μm の接点材料はいずれも WC 粒径が 1.5 μm の接点材料に比べてエロージョン率が小さく、WC 粒径を大きくしたことで強度の向上が認められる。これにより、凝着の発生や進行が抑制されたと考えられる。

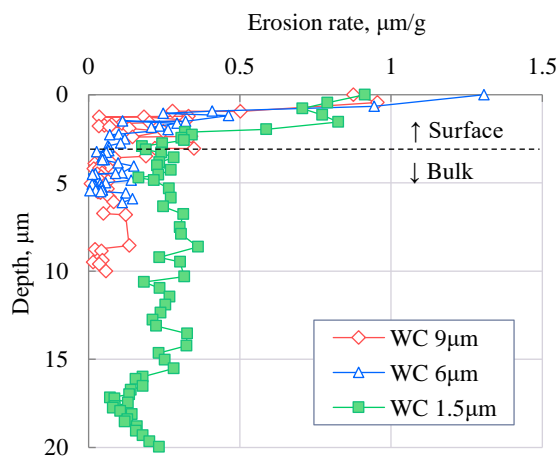


Fig. 5 Measurement results of the contact resistance

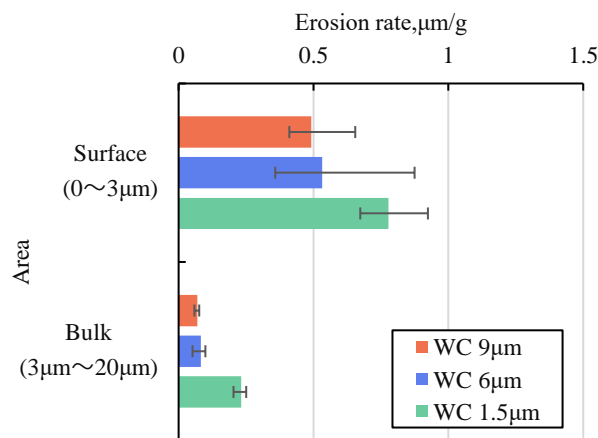


Fig. 6 Measurement results of the contact resistance

4. 結言

今回の条件では、Ag-WC-Co 系接点材料の構成材料である WC 粒径を 9 μm とする接点材料が最も優れた耐凝着性および接触抵抗特性を示すことが分かった。WC の粒径を大きくすることで接点材料の表面強度が向上し、凝着の発生が抑制されたことが要因であると考えられる。

文献

- 1) 森, 加納, 和田, 吉田: 電気接点材料の表面粗さが接触抵抗特性および耐凝着性に与える影響, 日本トライボロジ学会トライボロジ会議 2022 秋 福井 予稿集 (2024)
- 2) 高澤, 岩井: マイクロスラージェットエロージョン法を用いた超硬合金の表面強度評価, トライボロジスト Vol.61, No.11 (2016)