

OS0510 AE による通電摩耗現象の把握

Recognition of Wear Phenomena under Electric Current Flow Using AE Technique

○正 長谷 亜蘭 (埼玉工大) 正 三科 博司 (千葉大) 和田 正毅 (職業大)

Alan HASE, Saitama Institute of Technology, 1690 Fusaiji, Fukaya-shi, Saitama

Hiroshi MISHINA, Chiba University

Masaki WADA, Polytechnic University

Key Words: Tribology, Acoustic Emission, Wear, Arc Discharge, Fusion, Pantograph, Contact Strip, Trolley Wire

1. 緒 言

集電摩擦系は、摩擦条件・材料のみならず、通電状態・雰囲気・設置状態など多くの因子が関係し、これらが複雑な摩耗増加要因となる。我々は、アコースティックエミッション（材料の変形・破壊時に発生する弾性波、以下 AE と略す）技術を摩擦・摩耗現象の認識・評価へ適用することを考え、AE 評価パラメータと摩擦・摩耗現象の相関関係を調査している⁽¹⁾⁻⁽³⁾。本報では、AE による鉄道車両の集電摩擦系における摩擦・摩耗現象の認識・評価のために、通電下の摩擦・摩耗現象（機械的摩耗、放電・溶融現象）とそこで計測された AE 信号の関係について得られた知見を報告する。

2. 実験方法および実験条件

図1は、本研究で用いた摩擦試験機の外観である。図2は、摩擦系および電圧印加回路、AE 計測システムの構成概略図である。摩擦方式は、ピン・オン・ディスク型であり、通電のための固定接点と回転接点をピン固定部およびディスク回転軸に取り付けた。これにより、摩擦面間の抵抗電圧を計測する。AE センサ（広帯域型）は、ピン試験片摩擦部の反対側に取り付けられ、主にピンの摩耗・損耗により生じる弾性波（AE 波）を AE 信号として検出する。AE 信号に関しては、AE 信号波形および AE 平均値（AE 信号の振幅値の変化）を計測した。なお、AE 平均値に関しては背景ノイズの直流成分をあらかじめ減算して評価している。

ディスク試験片は、鉄道車両のトロリ線（陽極）を想定し、無酸素銅（成分：Cu (99.99%)、硬さ：57.4 HV、抵抗： $1.7 \times 10^{-2} \Omega$ 以下）を用いた。ピン試験片は、パンタグラフすり板（陰極）を想定し、銅系焼結合金（成分：Cu (87%)、Sn (11%)、Cr (5%)、C (4%)、P (0.6%) 他、硬さ：160 HV、抵抗： $3.0 \times 10^{-1} \Omega$ 以下）を用いた。ピンの形状は、直径 4 mm、長さ 20 mm の円柱状とした。摩擦面は、耐水研磨紙（粒度#2000）によ

り鏡面に仕上げた。両試験片は、アルコール中で十分超音波洗浄した後に供試した。実験は表1に示す実験条件において、すべて室温、大気中で行った。

Table 1 Summary of the experimental conditions

Normal load W	1.5 N
(Mean contact pressure)	(0.12 MPa)
Sliding velocity v	0.8 m/s
Sliding distance L	2.0 km
Source voltage	DC 20 V (pin: -, disk: +)
Initial current	4 A
AE amplification factor	60 dB
AE band-pass filter	High-pass filter: 100 kHz Low-pass filter: non-filter

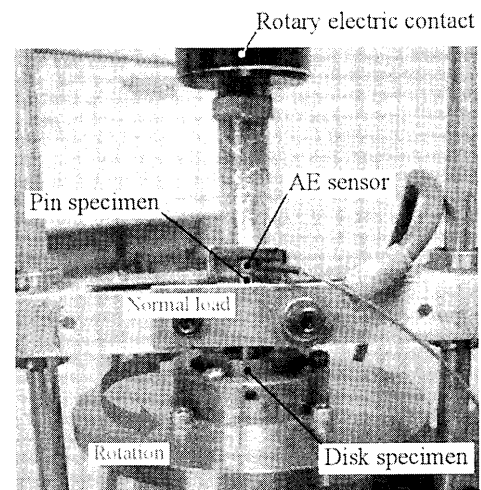


Fig. 1. Appearance of the sliding friction tester.

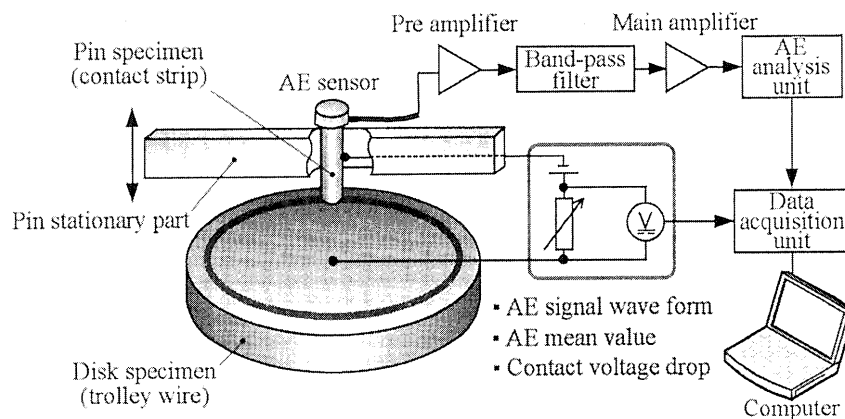


Fig. 2. Schematic diagram of the experimental setup and the AE measuring system.

3. 実験結果および論議

図3は、ピンおよびディスク摩擦面の (a) 摩擦前、(b) 摩擦後 (通電なし)、(c) 摩擦後 (通電あり) の観察結果である。これより、通電しない場合の摩擦面には凝着痕や残留した摩耗粒子や移着粒子が観察でき、典型的な凝着摩耗の特徴を示すことがわかる (図3 (b))。また、通電した場合には凝着摩耗のような機械的摩耗だけでなく、放電による衝撃や熱の影響による球状化した摩耗粒子やクレータ状の損耗痕が観察され、摩擦表面は黒く酸化していた (図3 (c))。これらの比較からもわかるように、通電下における摩擦面の表面損傷は大きく、摩耗量も1~2桁多かった。

通電の有無によるAE平均値の変化および通電時の抵抗電圧変化を図4に示す。この図4におけるAE平均値の変化より、放電開始 (摩擦距離 0.17 km 付近) までは、AE平均値の大きさが同程度であることがわかる。それ以降は、抵抗電圧降下が連続して起こり、摩擦界面における放電現象が連続的に観察された。これは、試験片間の瞬間的な離線 (かい離) に伴い発生したアーク放電である。このとき、アーク放電による材料の損耗、溶融、変形が生じるため摩耗量と共にAE平均値も増加したと考えられる。

図5は、微小時間におけるAE信号波形と抵抗電圧変化である。通電摩耗下の主なAE源として、機械的摩耗、アーク放電、溶融が考えられるが、この結果からは各現象とAE波形の対応付けは困難である。しかし、摩耗機構など変形・破壊現象の違いによってAE周波数に特徴があるため、AE波形の周波数解析により通電摩耗現象を把握できると考える。

4. 結 言

放電の発生による摩耗への大きな影響が認められ、AE信号の監視から放電現象を把握できる可能性を示した。摩擦界面における現象は、AE波形の周波数解析によって判別できよう。今後の課題として、さらなる通電摩耗下のAE信号データの蓄積・検討、集電材料の違いの影響調査を考えている。

参考文献

- (1) 長谷亜蘭, 和田正毅, 三科博司: 摩擦・摩耗の素過程で生じるアコースティックエミッション (摩擦面の in-situ 観察と AE 信号), 日本機械学会論文集 C 編, Vol.74, No.748 (2008) pp.3042-3049.
- (2) 長谷亜蘭, 和田正毅, 三科博司: アプレシブ摩耗現象と AE 信号の相関, トライボロジスト, 第51巻, 第10号 (2006) pp.752-759.
- (3) 長谷亜蘭, 和田正毅, 広田平一: 凝着摩耗における移着現象と AE 信号の相関, トライボロジスト, 第50巻, 第11号 (2005) pp.808-815.

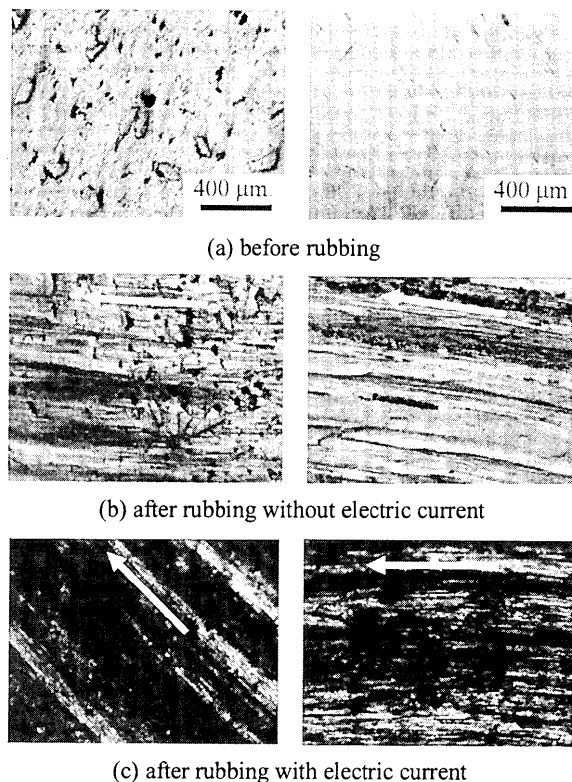


Fig. 3. Micrographs of the friction surface of the pin (left) and disk (right). Arrows show the direction of sliding.

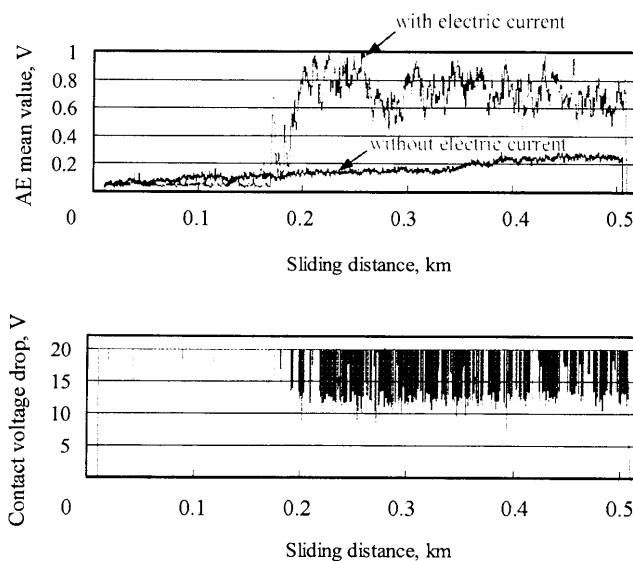


Fig. 4. Fluctuations of the AE mean value (above) and the contact voltage drop (below).

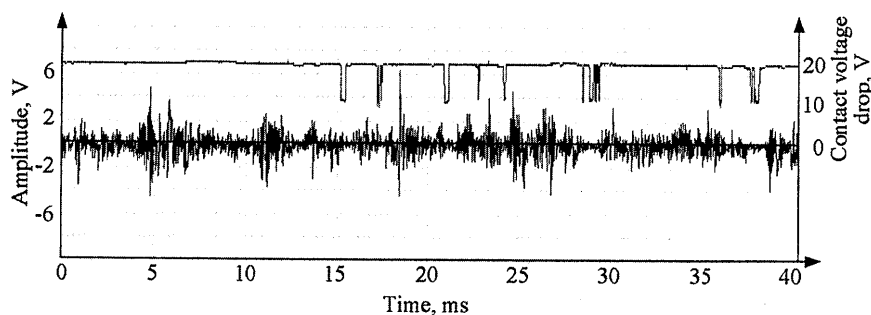


Fig. 5. Fluctuations of the AE signal wave form and the contact voltage drop.