

アルミニウムのすべり摩耗におよぼす転がり接触の影響

Influence of rolling contact on the sliding wear of aluminum

千葉工大・院(学)*佐藤 想 千葉工大(正)平塚 健一

So Sato*, Ken'ichi Hiratsuka

*Chiba Institute of Technology

1. 結論

アルミニウム系材料はその軽さから構造材料に使われているが、反応性の高さから摩擦材として使うためには条件を選ぶ必要がある。一般にはアルミニウムに不純物を加えたり、熱処理を施すことで耐摩耗性を上げる工夫がなされている。一方、アルミニウムは酸化活性が高いため、酸化物を厚くすることで耐摩耗性が上がる可能性もある。しかしながら、アルミニウム表面は自然酸化膜に覆われているにも関わらず耐摩耗性は高くない。その理由は酸化物層が薄いため内部の金属部分から破断が生じるためである。鋼においては、転がり接触によって表面の塑性変形が生じ、それによって加工硬化や酸化が促進されることが明らかになっている¹⁾。そこで本研究ではアルミニウムに対して、滑り摩擦の前に転がり摩擦を繰り返し行うことで耐摩耗性が上がると仮説を立て、それを検証する実験をおこなった。

2. 実験方法

本研究では実験装置としてツインリング摩擦試験機を使用した。この装置では、2つの同形状のリング試験片を独立に回転させて、転がり摩擦と滑り摩擦の両方を切り替えることができる。そこで最初に往復転がり摩擦試験をし、その後、一部分の表面に対して往復すべり摩擦を行った。実験条件をTable 1に示す。

3. 実験結果

すべり摩耗量に対する転がり摩擦回数の効果をFig.1に示す。転がり摩擦回数250,000回までは転がり摩擦回数を増やすことで多くなったが、それよりも回数を増やすと摩耗量は大きく減少し、転がり摩擦をしていない場合よりも少なくなった。

転がり摩擦試験後の表面を光学顕微鏡で観察した結果、転がり摩擦の回数を増やすに従い、表面の黒い変色部分の面積が多くなったことが確認された。転がり摩擦回数500,000回以上では表面のほとんどを黒い部分が覆った。

転がり摩擦回数0回、250,000回、500,000回後の表面およびその摩耗の様子をSEMで観察した。結果をTable 2に示す。転がり摩擦を250,000回行った表面のすべり摩擦によって生成された摩耗粉は転がり摩擦を行っていない表面の摩耗粉より小さいものが多い傾向が見られた。転がり摩擦500,000回後のすべり摩擦の結果生成された摩耗粉は転がり摩擦回数250,000回のそれよりも小さく、表面には粒状の物質が固まってできたような痕跡が確認された。

転がり摩擦250,000回、500,000回後の表面に対してFE-SEMで元素分析を行った結果をTable 3に示す。酸素とアルミニウムの比率を各ピクセルごとに計算してマッピングしたところ、転がり摩擦回数500,000回の方が250,000回よりも多いことが目視で確認された。これを定量的に整理するために、同じ比率の画像の強度の平均値を転がり摩擦面ごとに比較した。

アルミニウムマップの強度の平均値に対する酸素マップの強度の平均値と、すべり摩擦の摩耗量との関係をFig.2に示す。転がりをしていない場合よりも転がり摩擦を250,000回行うと摩耗量が増えると共にその比が上がる。また、500,000回に増加すると摩耗が低下し、酸素がアルミニウムに対して相対的に多くなることがわかる。

4. 考察

酸素対アルミニウムの存在比と摩耗量の関係を示したFig.2はアルミニウムの摩耗に対する酸化の効果の観点から興味深い。転がり摩擦を行った後のすべり摩擦の摩耗量が増加したのはシビア摩耗の増加のためであり、ある回数以上に転がり摩擦の回数を増やすとすべり摩耗が逆に減少したことは、マイルド摩耗の成立のためであると解釈される。マイルド摩耗にとって表面の酸化が支配的要因であることは鉄の摩耗特性では周知のことであるが、その機構がアルミニウムでも生じることが明らかになった。

Table 1 Experimental conditions

	Rolling friction	Sliding friction
Specimen	Al	
Load, N	49	4.9
Sliding speed, mm/s	100	20
Number of rolling contact	50,000, 150,000, 250,000, 500,000, 750,000	300
Non-friction time, s		1.0

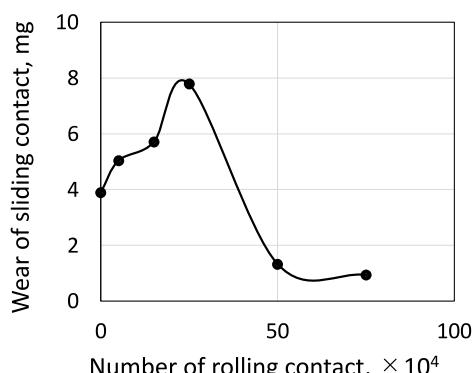


Fig.1 Effect of rolling contact on sliding wear

Table 2 Effect of number of rolling contact on worn surfaces and wear particles

Number of rolling contact	Worn surface (x100)	Worn surface (high magnification)	Wear particles (x100)	Wear particles (high magnification)
0				
250,000				
500,000				

Table 3 Effect of number of rolling contact on the maps of aluminum, oxygen and their ratio oxygen/aluminum

Number of rolling contact	SEM	Aluminum map	Oxygen map	Map of the ratio of oxygen to aluminum
After rolling contact of 250,000 cycles				
After rolling contact of 500,000 cycles				

5. 結論

純アルミニウムを転がり摩擦させてから同じ面をすべり摩擦させ、その摩耗に対する転がり摩擦の効果を調べた結果、以下の結論を得た。

- 転がり摩擦回数を 25 万回にまで増やすに伴い、すべり摩擦の摩耗量は増加した。転がり摩擦回数をさらに増やすとすべり摩擦量は減少した。
- 表面のアルミニウムに対する酸素の存在比は、転がり摩擦回数が増えるに従い増加した。
- 以上の摩耗特性はアルミニウムのシビア摩耗、マイルド摩耗が転がり摩擦によって活性化されたためである。

6. 文献

- 平野富士夫、他、ころがり接触における加工硬化について、日本機械学会論文集, 32, 236, (1966) pp. 672-676.

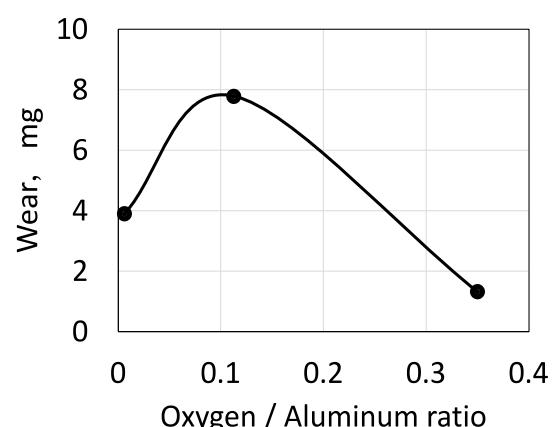


Fig.2 Effect of oxygen/aluminum ratio on wear