

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：18001

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22760067

研究課題名（和文）有限要素法を用いた粒子分散型複合材料のころがり疲労特性の解明

研究課題名（英文）Elucidation of rolling fatigue characteristic of particle dispersion composite using finite element method

研究代表者

神田 康行 (KANDA YASUYUKI)

琉球大学・工学部・助教

研究者番号：10468069

研究成果の概要（和文）：本研究は、アルミニウムサッシの表面処理の過程で発生するアルマイトスラッジに熱処理を施したスラッジとアルミニウム合金粉末を放電プラズマ焼結法より作製した複合材料のころがり摩耗試験と有限要素法の数値計算より、その摩耗特性について検討した。その結果、ローラーに同じ材料を組み合わせた場合では複合材料の方が耐ころがり摩耗性は向上し、スラッジは材料内部のき裂進展を遅くさせることが明らかになった。一方、異なる材料を組み合わせた場合では複合材料の方が耐ころがり摩耗性は低下し、複合材料では接触表面付近のき裂は母材のみよりも発生しやすいと考えられる。よって、複合材料のころがり摩耗特性はローラーの組み合わせで異なることが示された。

研究成果の概要（英文）：The rolling wear characteristic of a composite material fabricated from aluminum sludge and aluminum alloy powder by spark plasma sintering was investigated. The rolling wear characteristic of composite material was examined by a rolling wear test and finite element method. The experimental and finite element method results showed that the rolling wear durability of rollers of the same material combination improved, and aluminum sludge played a role in inhibiting crack propagation within the material. On the other hand, the rolling wear durability of rollers of a different material combination deteriorated, and cracks on the contact surface of the composite material tended to occur in comparison to matrix only. Therefore, the rolling wear characteristics of composite materials varied according to the roller material combination.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|---------|---------|---------|-----------|
| 2010 年度 | 600,000 | 180,000 | 780,000 |
| 2011 年度 | 200,000 | 60,000 | 260,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎・工学基礎

キーワード：計算力学，複合材料，トライボロジー

1. 研究開始当初の背景

歯車や軸受けなどは、お互いが回転接触を繰り返しているため、ころがり摩耗が発生することがある。粉末冶金法より作製される材

料は、金型を用いるため複雑な形状の歯車などが成形可能であることから、ころがり摩耗が発生する機械部品に用いられることがある。

近年、粉末冶金法の新しい焼結方法に放電プラズマ焼結法 (SPS: Spark Plasma Sintering) が提案され、傾斜機能材料や複合材料などが作製可能であることから注目されている。

Fukumoto らはアルミニウムサッシの表面処理の段階で発生するアルマイトスラッジに熱処理を施し、 α アルミナに結晶構造を変化させた α アルミナスラッジ (以降、スラッジ) とアルミニウム合金粉末を複合化した焼結体を SPS より作製し、その機械的性質の高まる最適条件について検討している。その結果、アルミニウム合金粉末にスラッジを 2% 含む複合材料は母材のみよりも高い曲げ強度を示すことを明らかにしている。しかし、スラッジ含有量を 2% よりも多く含有すると曲げ強度が低下することも報告している。このことから、ころがり摩耗に対してもアルミニウム合金粉末にスラッジを含む複合材料は、母材のみよりも優れていることが期待できる。

ころがり摩耗が生じると考えられる部品を安全・安心に使用するためには、摩耗時に発生する材料内部の弾性応力分布状態などの特性を把握することは重要である。そのため、有限要素法 (FEM: Finite Element Method) に代表される数値解析を用いた弾性応力解析は、複合材料のころがり摩耗特性を検討するためには有用な方法といえる。

2. 研究の目的

本研究では、Fukumoto らが作製したアルミニウム合金粉末とスラッジを SPS より複合化した材料の用途として、ローラーへの適用を想定し、ころがり摩耗試験を行い、その摩耗特性について検討する。そして、SPS より作製した複合材料は、スラッジが強化材となる粒子分散型複合材料として FEM よりモデル化し、ヘルツ接触圧力下における弾性応力解析と破壊力学解析より、スラッジがころがり摩耗特性に与える影響について検討を行う。

3. 研究の方法

ころがり摩耗試験を行うために、アルミニウム合金粉末とスラッジを複合化した材料を図 1 に示す放電プラズマ焼結装置より作製した。そして、作製した試験片を図 2 に示すころがり摩耗試験に供した。

ころがり摩耗試験における材料内部のき裂は、ヘルツの接触圧力下において発生するせん断応力に起因して発生することが知られている。そのため、ころがり摩耗試験時において材料内部に発生するせん断応力分布を計算するために、ヘルツ接触圧力下における弾性応力解析や破壊力学解析を実施するための FEM プログラムを開発した。なお、応力拡大係数の算出には仮想き裂開口積分法 (VCCM) を用いた。

4. 研究成果

(1) ローラーに同じ材料の組み合わせを用いた場合

図 3 にローラーに同じ材料を組み合わせた場合のころがり摩耗試験の結果を示す。図 3 より、スラッジを 2% 含む複合材料の方が母材のみよりもころがり摩耗の進行が安定する時間が長くなっている。このことから、耐ころがり摩耗性は、複合材料の方が母材のみよりも優れていることがわかる。

次に、スラッジが材料内部に発生したき裂の進展に与える影響について検討を行った。図 4 に FEM の計算モデルを示す。図 4 において、ころがり摩耗試験は回転接触を繰り返していることから、楕円形状の分布荷重を左から右へ移動させている。図 5 に要素分割図を示す。き裂先端近傍におけるスラッジの有無による FEM の計算結果より得られたモー

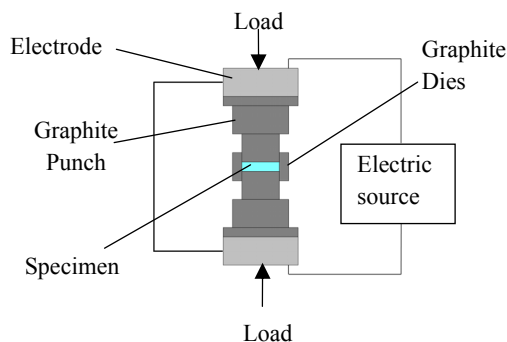


図 1 SPS の概略図

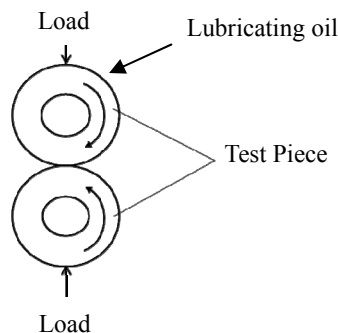


図 2 ころがり摩耗試験

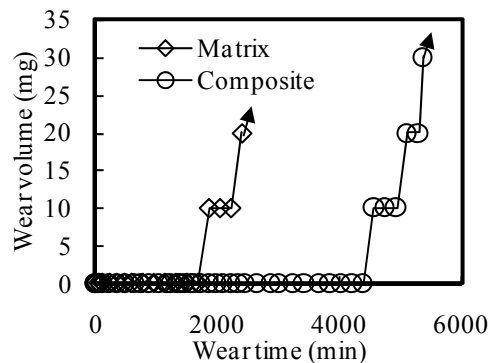


図 3 ローラーに同じ材料を組み合わせた場合のころがり摩耗量と時間の関係

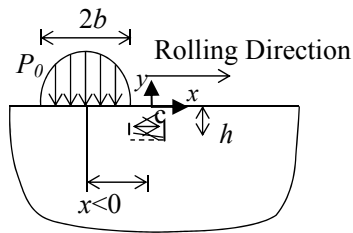


図4 FEM解析モデル

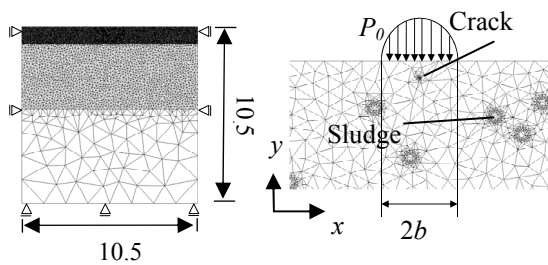


図5 要素分割図

ドII成分の応力拡大係数を図6, 7にそれぞれ示す。図6より、き裂先端にスラッジがない場合のモードIIの最大応力拡大係数は母材のみとほぼ同様である。一方、図7より、き裂先端にスラッジを配置するとモードIIの最大応力拡大係数が母材のみと比較すると約12%減少していることがわかる。このことから、スラッジには材料内部に発生したき裂の進展を遅くさせる効果があると考えられる。

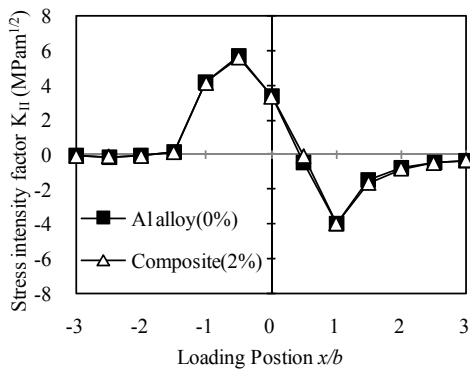


図6 き裂先端にスラッジがない場合の荷重位置と応力拡大係数の関係

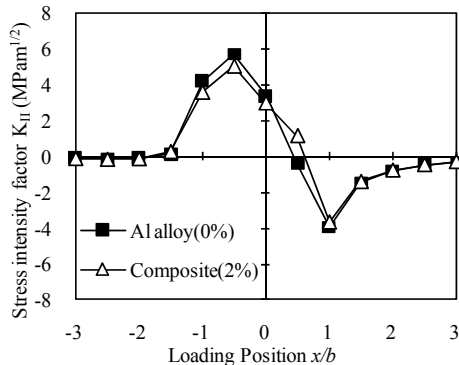


図7 き裂先端にスラッジがある場合の荷重位置と応力拡大係数の関係

(2) ローラーに異なる材料の組み合わせを用いた場合

ローラーは異なる材料の組み合わせも考えられることから、片方のローラーには母材のみ、もう一方のローラーにはスラッジを2%含む複合材料を用いた場合のころがり摩耗試験を行った。その結果を図8に示す。図8より、図3のローラーに同じ材料を組み合わせた場合と異なり、複合材料の方が母材のみよりもころがり摩耗の進行が安定する時間が短い。よって、ローラーに異なる材料を組み合わせた場合では、複合材料の方が母材のみよりも耐ころがり摩耗性が低下することが示された。

次に、ローラーに異なる材料を組み合わせた場合のせん断応力分布について検討を行った。すなわち、図9に示すように母材と複合材料では両者における材料の表面性状の違いからころがりすべり摩耗に近い状態になると仮定して、FEMより材料内部のせん断応力分布を計算した。その結果を図10に示す。図10より、母材のみと複合材料では材料内部に高いせん断応力が発生していることがわかる。また、複合材料においては表面近傍のスラッジ周囲に母材のみよりも高い応力が発生している。すなわち、母材のみにおけるき裂発生は材料内部の1か所であることに対し、複合材料では材料内部と接触表面付近の2か所であると推察される。このことから、ローラーに異なる材料を組み合わせた場合では複合材料の方が母材のみよりも耐ころがり摩耗性が低下していると考えられる。

以上のことから、ローラーの組み合わせによってころがり摩耗特性が異なることが明らかになった。スラッジを用いた複合材料のローラーへの適用には、これらの特性を十分に配慮する必要があるといえる。

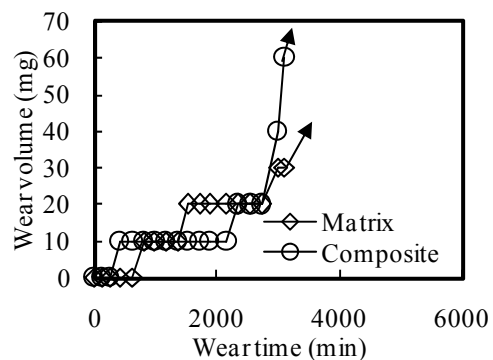


図8 ローラーに異なる材料を組み合わせた場合のころがり摩耗量と時間の関係

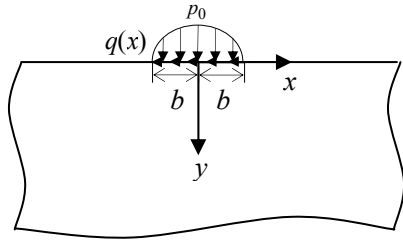


図9 ローラーに異なる材料を組み合わせた場合のFEM解析モデル

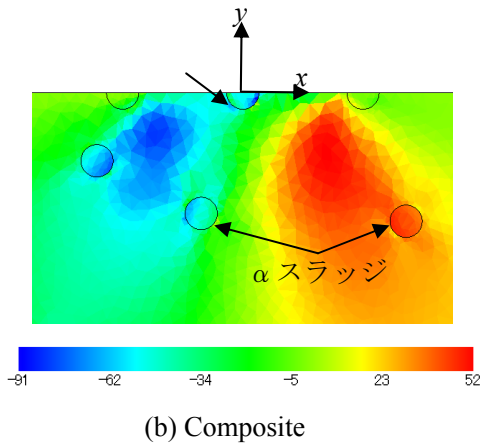
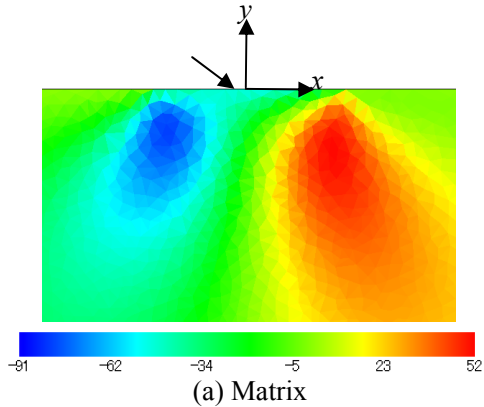


図10 ローラーに異なる材料を組み合わせた場合のせん断応力分布図

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① 神田 康行, 福本 功, アルミニウム合金粉末と陽極酸化処理スラッジの放電プラズマ焼結体のころがり摩耗特性, 軽金属, 第61巻, 第1号, 2011, pp.2-8, 査読有

[学会発表] (計1件)

① 大屋 雅司, 神田 康行, 福本 功, Al粉末とアルマイトスラッジを用いた放電プラズ

マ焼結体のころがり摩耗試験と FEM 解析, 日本機械学会第18回機械材料・材料加工技術講演会, 2010年11月28日, CD-ROM, 査読無, 東京大学工学部

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

神田 康行 (KANDA YASUYUKI)

琉球大学・工学部・助教

研究者番号: 10468069

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし