

補修部材の摩擦摩耗特性

Friction and wear characteristics of repaired components

産総研（正）*間野 大樹 是永 敦 梶野 智史

Hiroki MANO, Atsushi KORENAGA and Satoshi KAJINO

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

持続的発展可能な社会の実現に向けたリマニュファクチャリング(リマン)の一環として、寿命もしくは故障と判定された機械要素の再使用もしくは補修による利用の継続が検討されており、リマンを想定した機械要素のライフサイクルマネジメントは将来一つの技術潮流になるものと思われる。しかしながら、転がり軸受や歯車などのような高い接触応力にさらされる機械要素においては、補修品における摩擦摩耗特性及び信頼性の評価はまだ端緒に付いたばかりであり、十分な知見が蓄積されているとは言いがたい状況にある。

本稿では、機械要素の補修に資する基礎データの取得を目指し、積層造型法ならびに埋込法で補修を行った部材の摩擦摩耗特性を調べた結果について報告する。

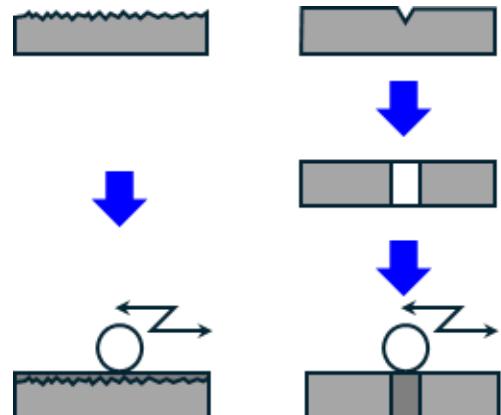
2. 補修試験片の作製と摩擦摩耗試験

積層造型法ならびに埋込法による補修のイメージを Fig.1 に示す。前者では摩耗や腐食などによる面荒れの補修を、後者でははく離や圧痕などによるスポット傷の補修を想定している。積層造型法にはレーザを熱源とする指向性エネルギー堆積(DED)法を採用し、S45C 製の基材上にマルエージング鋼の積層を行った¹⁾。その後、積層部の厚さが 2mm 程度となるように試験片を切り出した。なお、DED 法による試験片は A・B の 2 個作製した。埋込法としては SUJ2 製の基材に設けた貫通穴へ同じ材料のピンの埋込を行った。穴とピンの直径は 4mm とし、埋込の条件はすきま 20μm のすきま嵌めと接着を組み合わせたもの、締めしろ 10μm の締まり嵌めによるものの 2 種類とした。供試面は埋込の後、研削と研磨で仕上げた。

Fig.2 に示すボールオブレート型の往復動摩擦摩耗試験機を用いて、積層造型法による補修においては造型部を平坦に加工した供試面上を摺動させる形で、埋込法による補修においてはピンと基材の境界を横切るように摺動させる形で、補修箇所の摩擦摩耗特性を調べた。ボールは直径 10mm の SUJ2 製転がり軸受用鋼球とし、試験の条件は荷重を 20N(このとき、Hertz の最大接触応力は約 1GPa)、振幅を 1mm 及び 50Hz、温度を 40°C、潤滑をスクアラン 50μL、時間を 1h とした。マルエージング鋼及び SUJ2 のバルク材のプレートについても同じ試験を行い、積層造型法ならびに埋込法による補修試験片とそれぞれ比較を行った。

3. 試験結果と考察

積層造型法によるマルエージング鋼の DED 材 A 及び B とバルク材の摩擦係数の経時変化を Fig.3 に示す。このとき、DED 材 A とバルク材の摩擦係数はなじみ過程において増加が見られたものの、その後は安定して推移し、DED 材 A はバルク材より低い値を示した。一方、バルク材 B の摩擦係数は試験開始直後から漸増し、試験時間 3000s 過ぎに急増した。DED 材 A



(a) additive manufacturing method (b) insertion method
Fig. 1 Images of repair with additive manufacturing method and insertion method

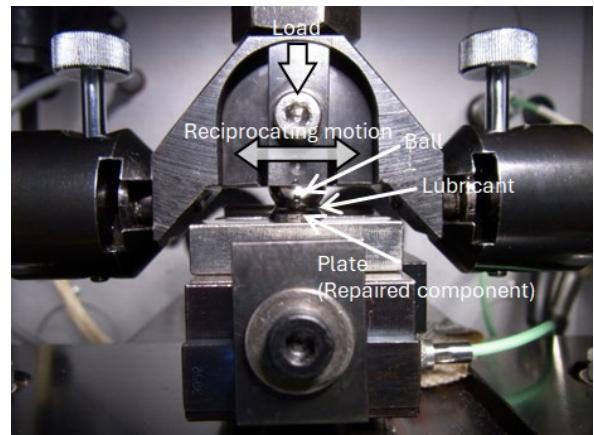


Fig.2 Ball-on-plate reciprocating friction and wear tester

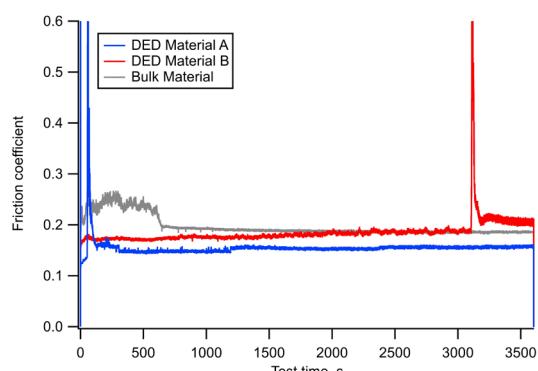


Fig. 3 Trends of friction coefficient in evaluation test for repair with additive manufacturing method

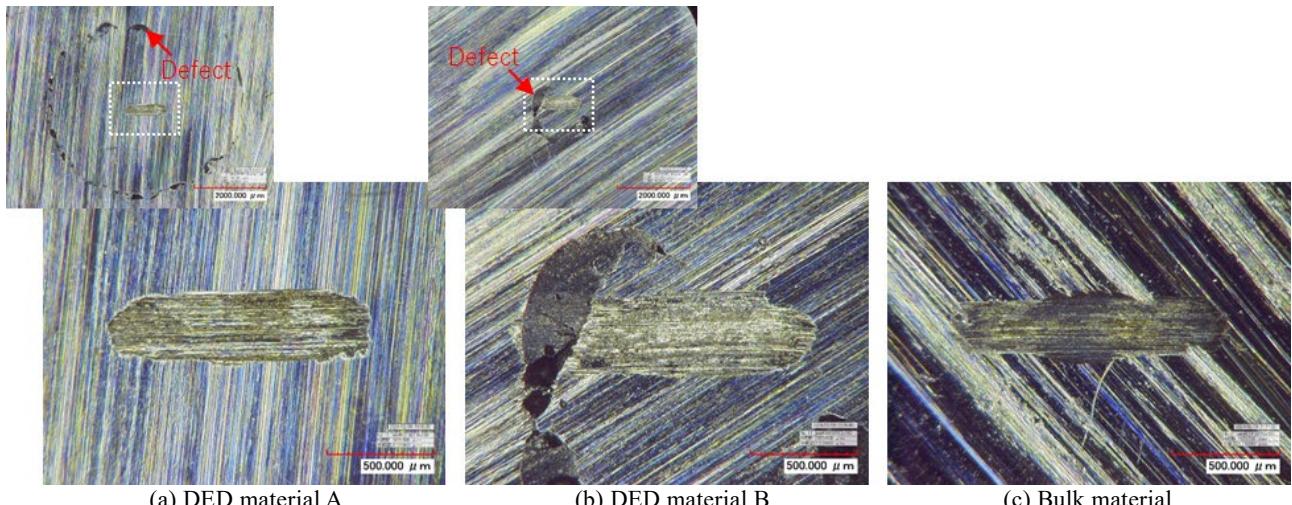


Fig. 4 Wear scar appearances on plates in evaluation test for repair with additive manufacturing method

及び B とバルク材の摩耗痕の外観を Fig.4 に示す。DED 材 A の摩耗痕はバルク材より若干大きく、DED 材 B は DED 材 A より更に大きかった。DED 材 B の供試面には欠陥(空隙)が見られ、同試験ではその欠陥をまたいでボールを摺動させる形となった。欠陥の中には多量の摩耗粉の堆積が見られたことから、同欠陥の存在により、ボールの摩耗が促進され、アブレシブ摩耗の効果によって摩耗痕が拡大したものと推察された。

埋込法による SUJ2 のすきま嵌め + 接着材及び締まり嵌め材とバルク材の摩擦係数の経時変化を Fig.5 に示す。このとき、いずれの試験片の摩擦係数も安定して推移し、ほぼ同じ値を示した。すきま嵌め + 接着材及び締まり嵌め材とバルク材の摩耗痕の外観を Fig.6 に示す。いずれの試験片の摩耗痕もほぼ同じ大きさであったが、摩耗痕内部の様相は若干異なっており、嵌め合いで起因する空隙部と荷重が掛かったときの非連続的な変形の影響については引き続き検討が必要である。

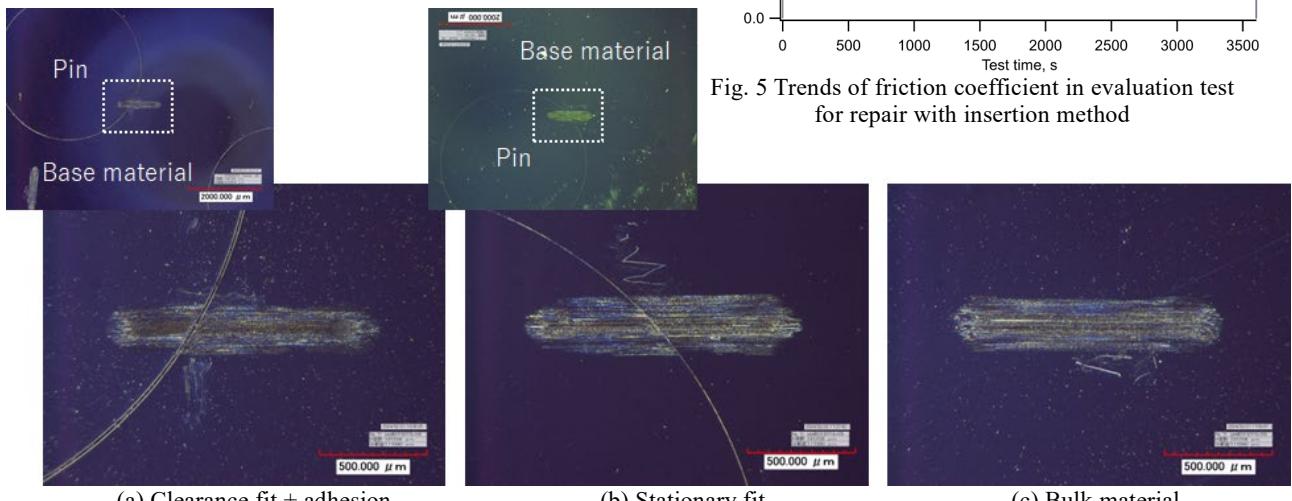
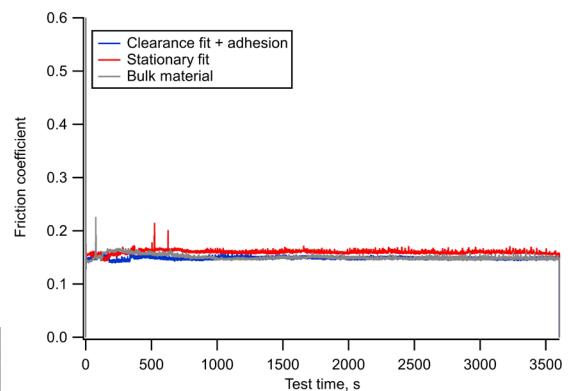


Fig. 6 Wear scar appearances on plates in evaluation test for repair with insertion method

Fig. 5 Trends of friction coefficient in evaluation test for repair with insertion method



4. おわりに

積層造型法ならびに埋込法による模擬補修を試行し、摩擦摩耗特性の評価を行った。その結果、いずれの補修材もバルク材と比肩しうる良好な特性を呈示し、当該手法が機械要素の補修に適応できる可能性が見出された。

文 献

- 1) 梶野智史：金型補修に向けた DED 積層材の耐久性の検討、2024 年度塑性加工春季講演会講演論文集、(2024) 107.