

摩擦試験における摺動面模擬損傷の評価・診断

Evaluation and diagnosis of simulated failure on sliding surface in friction test

産総研（正）*間野 大樹 是永 敦

Hiroki MANO and Atsushi KORENAGA

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いる。例えば、Fig.1 に示すリペアとリマンを想定した機械要素の新しい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ことが期待される。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疲労に対する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いえない状況にある。

本研究では、前報において、積層造形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。ここで、機械要素の残存寿命を推定し、最適な補修法を適用するためには、損傷の形態と規模を正確に把握することが重要となる。本稿では、摺動面に生起する様々な損傷を正確に検知・識別する手法の実現を目指し、模擬損傷を付与した試験片による摩擦試験において観測された摩擦係数、振動、アコースティック・エミッション(AE)の各種信号を解析することにより、模擬損傷の評価・診断を試みた結果を報告する。

2. 模擬損傷試験片と摩擦試験

積層造形法ならびに埋込法による補修のイメージを Fig.2 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。面荒れ及びスポット傷の模擬損傷を付与したプレート試験片の仕様を Fig.3 に示す。このとき、面荒れは鏡面仕上げから荒仕上げまでに対応する 5 段階の表面粗さで模擬した。また、スポット傷は頂角 90° の三角溝をボール試験片が垂直に横切る形で模擬し、溝の幅は Hertz の接触円直径とほぼ同じ、 $\times 1/2$ 、 $\times 2$ の 3 段階とした。プレート試験片は直径 24mm \times 厚さ 6.9mm の SKD61 製ディスクとし (HRC56 程度に熱処理)、ボール試験片は直径 10mm の SUJ2 製転がり軸受用鋼球とした。

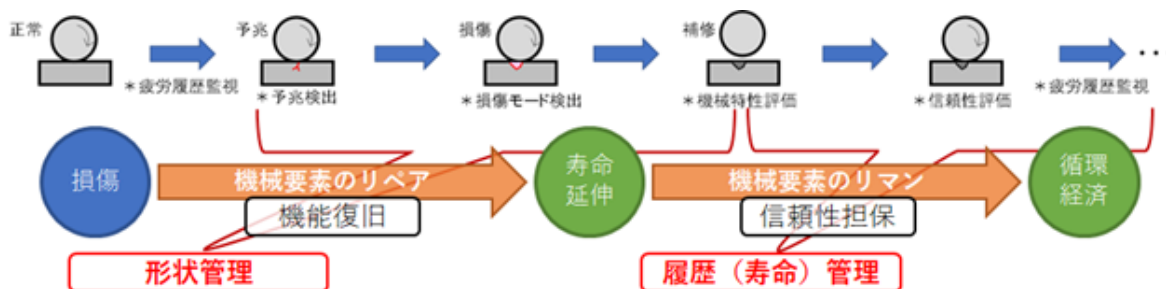
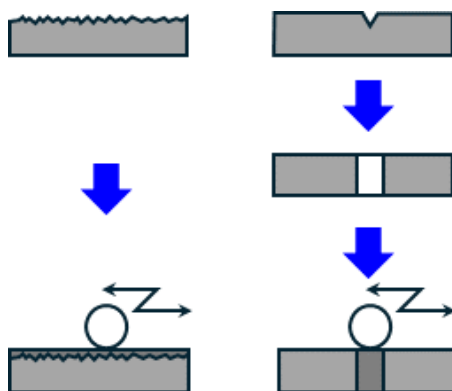


Fig. 1 An example of new life cycle management for machine elements, assuming repair and reman



(a) additive manufacturing method (b) insertion method

Fig. 2 Images of repair using additive manufacturing method and insertion method

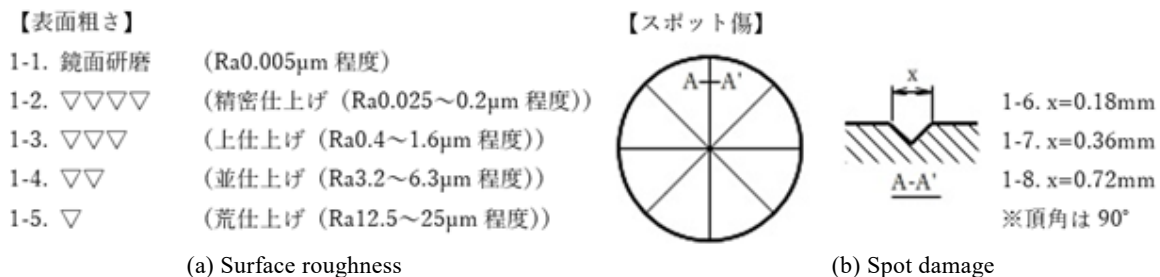


Fig. 3 Specifications of plate specimens with simulated surface roughness and spot damage

Fig.4 に示すボールオンプレート型の往復動摩擦摩耗試験機を用いて、荷重：20N(Hertz の最大接触応力：約 1GPa)、揺動の振幅及び周波数：2mm 及び 10Hz、温度：室温、潤滑：スクアラン 300 μ L、時間：5min の条件にて滑り摩擦の試験を実施し、摩擦係数、振動及び AE の経時変化を観測した。振動及び AE の周波数帯域はそれぞれ 10Hz~20kHz 及び 300kHz~1.8MHz とした。

3. 試験結果と考察

面荒れ模擬試験片による試験における摩擦係数、振動及び AE の標準偏差による評価結果を Fig.5(a)に示す。このとき、振動には辛うじて表面粗さの大きさと正の相関が見られたものの、摩擦係数及び振動における相関は不明瞭であった。表面粗さの創成方法が螺旋型の切削であったため、摺動位置の関係から、表面粗さを構成する溝を横切る摺動となっていなかった可能性が推察された。

スポット傷模擬試験片による試験における同じ評価結果を Fig.5(b)に示す。このとき、振動及び AE は摩擦係数と比較して溝の幅の大きさに対する線形性が高く、特に振動には明瞭な正の相関が見られた。摩擦係数においては、ボールが Hertz の接触円と同じか、それより大きい幅を有する溝を通過する際、摩擦力が一時的に開放されたため、付随して摩擦係数も減少した可能性が推察された。

今後は、標準偏差だけでなく、尖り度や歪度などの時間ドメインの特性値に加え、周波数ドメインの特性値についても解析を進める予定である。

4. おわりに

面荒れとスポット傷の模擬損傷を付与した試験片による摩擦試験において、特に振動が様々な損傷の形態と規模の評価・診断に有用である可能性を明らかにした。

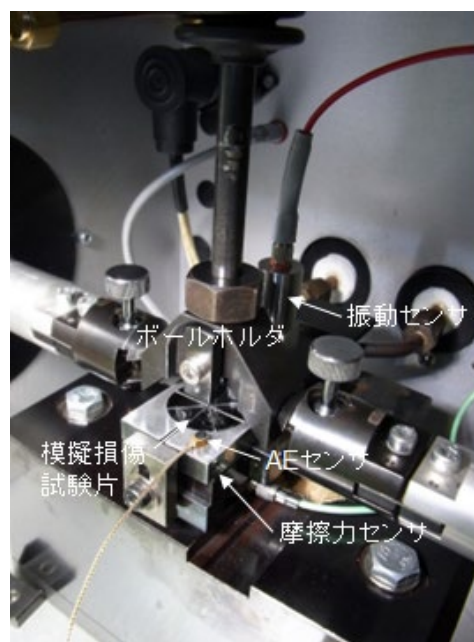


Fig. 4 Arrangement of test specimens, friction force sensor, vibration sensor and AE sensor on ball-on-plate reciprocating friction and wear tester

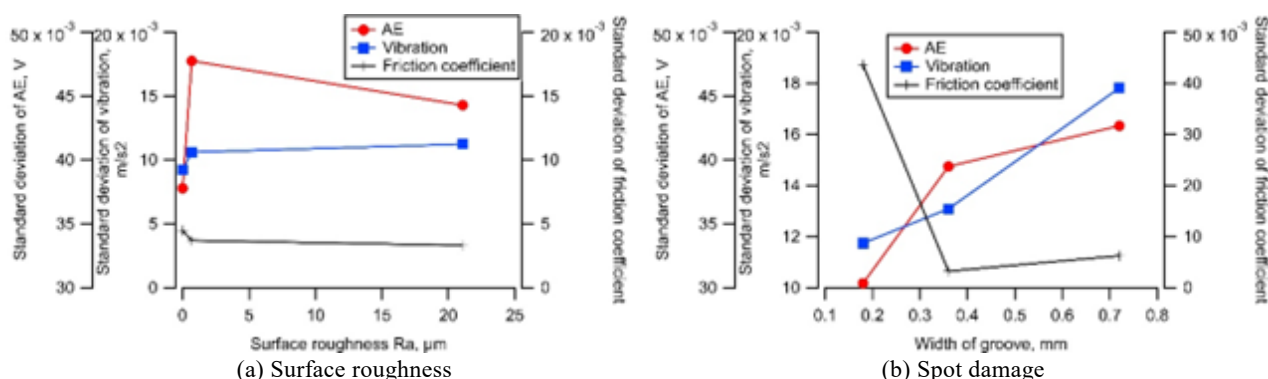


Fig. 5 Results of evaluation by standard deviation of friction coefficient, vibration and AE in tests with simulated damage specimens

文献

- 1) 間野大樹・是永敦・梶野智史：補修部材の摩擦摩耗特性，トライボロジー会議 2024 秋 名護 予稿集，(2024) 276.