

黒鉛粉末の高速噴射による自己潤滑性表面層の創製

産総研 *梅田一徳、不二製作所 石渡正人、月田盛夫、塚本美貴生、
産総研 田中章浩、都立科技大 広中清一郎

1. はじめに

固体潤滑剤原料粉末を直接部材に衝突させて自己潤滑層を創製する画期的な技術として、二硫化モリブデン(MoS_2)をアルミニウム合金表面から内部へ侵入させる方法が実製品へ採用され、その効果が実証されている¹⁾。しかし、前記の組み合わせに限定されているため、更に硬度と融点の高い鋼表面等へ付与することや低コストの黒鉛を利用すること、より高温への利用に期待される六方晶窒化ホウ素(hBN)等の潤滑層創製への展開を図ることが当技術の利用拡大に不可欠と考えられる。

黒鉛の固体潤滑性は性能面では MoS_2 と同等であり、原料コストの面では、 MoS_2 等の他の固体潤滑剤に比べ1/5~1/10と極めて低いため、固体潤滑剤としても最も多量に使用されている。しかし、 MoS_2 の比重(4.8)に比べ、黒鉛が2.24、hBNが2.27と1/2以下であり、衝突エネルギーがそれだけ小さくなるため部材表面から内部に進入にくい。これらを従来のアルミニウム合金だけでなく鋼等へ強固で高性能なバインダーレス固体潤滑層として創製することが可能となれば、トライボロジー関連部品のコスト低減と高性能化が図られ、利用が飛躍的に拡大すると思われる。また、原料粉末は作業中に継続的に回収され再使用可能であり、原材料の有効利用の面からも有利である。

本報では、黒鉛粉末を高速気流とともに鋼やアルミニウム合金表面に噴射することにより、トライボロジー特性に優れた自己潤滑性表面層を創製する噴射条件等を調べた結果を報告する。

2. 実験

2.1 試験片

自己潤滑性表面層を創製するための材料として、合金工具鋼(SKD11)および二種類のアルミニウム合金(A5056、A7075)を用いた。これらを直径20mm厚さ5mmの円盤状に加工し、表面を鏡面仕上げしたものを用いた。黒鉛粉末は平均粒径 $6\mu\text{m}$ とし、高圧の空気または窒素とともに試験片に直接噴射した。試験片の表面および断面観察、分析、トライボロジー特性評価を行った。

2.2 噴射条件

目的とする面に自己潤滑性表面層を創製するための噴射装置は本研究のために試作したものを使用した。噴射圧力は0.4MPaから1.5MPaまで、試験片とノズルとの噴射距離は25mm、50mm、噴射時間は20secから90secまで変化させ、トライボロジー特性との関連を調べた。

2.3 トライボロジー評価

摩擦摩耗試験機は、ピンオンディスクタイプのもので、相手材料として3/16インチのSUS304ボールを使用した。実験に先立ち、黒鉛噴射試料と相手ボールは石油ベンジンとアセトンが1:1の混合液で10分間超音波洗浄した。

3. 実験結果

3.1 合金工具鋼SKD11の場合

図1は黒鉛未噴射のSKD11鏡面仕上げ面の、荷重0.49N、すべり速度20mm/sにおける摩擦挙動を示したものである。摩擦初期から変動が激しく1.0程度の摩擦係数を

示していた。一方、図2に例示したように黒鉛を噴射した試験片の摩擦係数は4.9Nの荷重下でも30,000回程程度の摩擦回数までほぼ0.15の値を維持しており、図3の断面SEM写真に示したように黒鉛潤滑層の創製が確認できた。図4には各種条件で創製した黒鉛噴射面の最小摩擦係数と荷重の関係を示した。最適な噴射条件はまだ不明確であるが、摩擦時の荷重が大きいほうが最小摩擦係数は低下する傾向が見られる。これらは噴射後洗浄した試験片の結果であり、未洗浄の実験結果と殆ど変わりなく、黒鉛は強固な潤滑層を形成しているものと思われる。

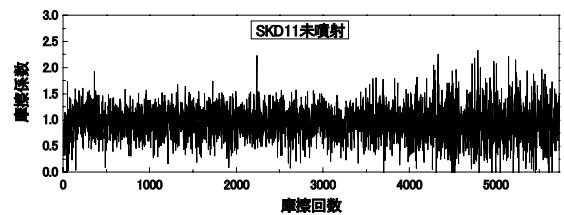


図1 SKD11鏡面(黒鉛未噴射)とSUS304との摩擦係数の摩擦回数に対する変化(摩擦条件:0.49N, 20mm/s)

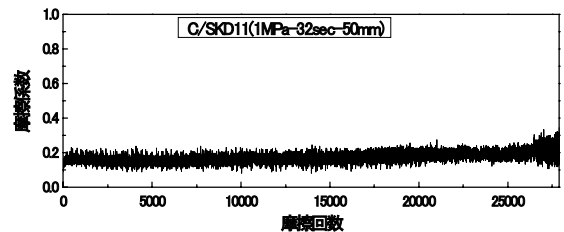


図2 SKD11への黒鉛噴射面とSUS304との摩擦係数の摩擦回数に対する変化(噴射条件:1.0MPa, 30sec, 摩擦条件:4.9N, 20mm/s)

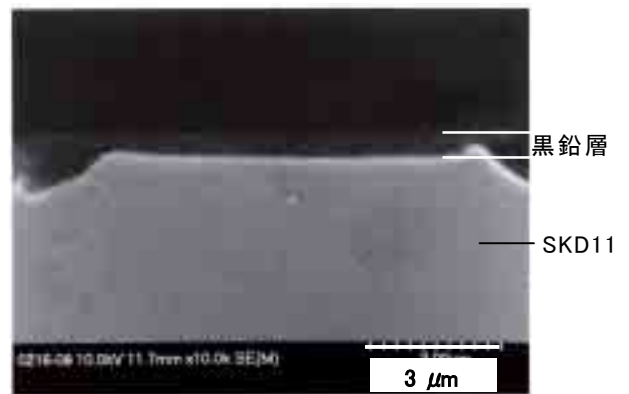


図3 SKD11へ黒鉛噴射した断面のSEM写真(噴射条件:0.4MPa, 20sec)

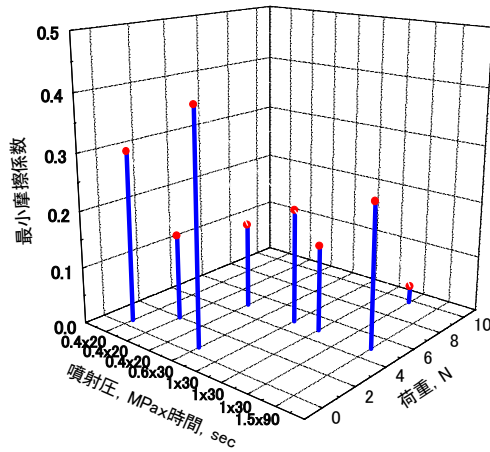


図4 各種条件で創製した黒鉛噴射面における最小摩擦係数と荷重の関係 (SKD11)

3.2 アルミニウム合金 A5056 の場合

図5に例示したように、アルミニウム合金の場合は、SKD11の場合に比べ摩擦の変動幅が大きくなった。図6に各種条件で創製した試験片の最小摩擦係数を示した。荷重が0.49Nでは摩擦係数が0.2程度の値で寿命は少なくとも摩擦回数3,000回以上持つことが確認された。一方、荷重4.9Nでは寿命までの摩擦係数は低下するものの数百回から1000回程度で急上昇することが多かった。

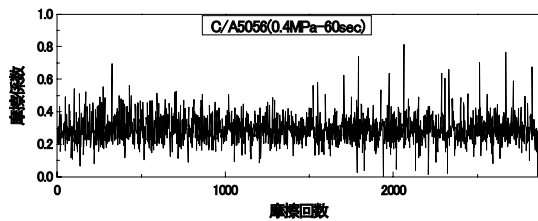


図5 A5056への黒鉛噴射面とSUS304との摩擦係数の摩擦回数に対する変化 (噴射条件:0.4MPa, 60sec, 摩擦条件:0.49N, 20mm/s,)

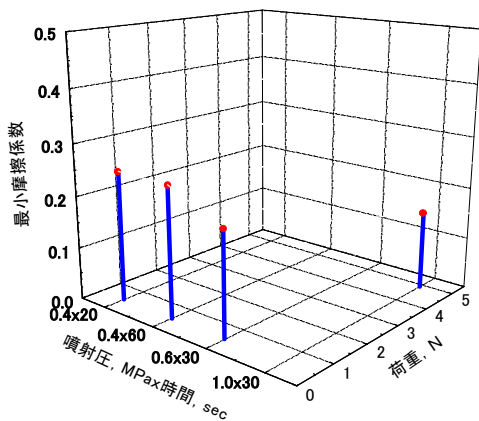


図6 各種条件で創製した黒鉛噴射面における最小摩擦係数と荷重の関係 (A5056)

3.3 アルミニウム合金 A7075 の場合

図7に摩擦係数の変動を例示した。図8に噴射条件と荷重に対する最小摩擦係数を示した。摩擦係数は荷重0.49NではA5056より僅かに低い、4.9Nでは摩擦開始直後から急激に上昇しA5056より耐荷重能は劣っていた。

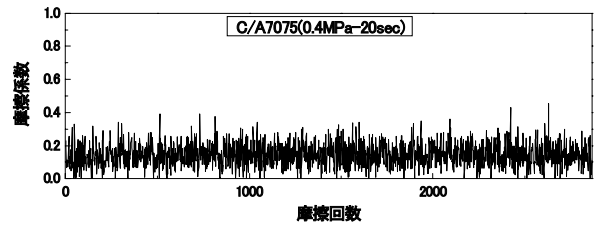


図7 A7075への黒鉛噴射面とSUS304との摩擦係数の摩擦回数に対する変化 (噴射条件:0.4MPa, 20sec, 摩擦条件:0.49N, 20mm/s)

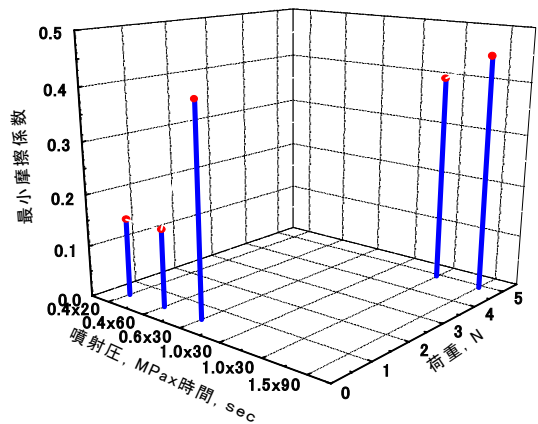


図8 各種条件で創製した黒鉛噴射面における最小摩擦係数と荷重の関係 (A7075)

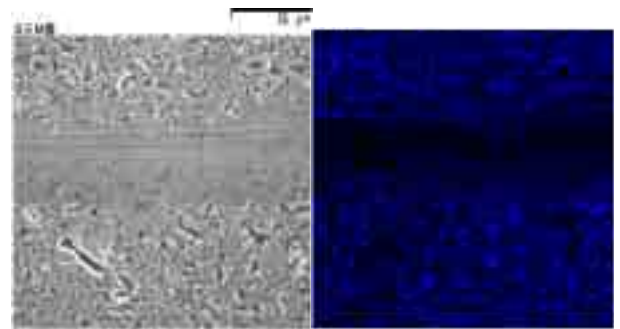


図9 A7075への黒鉛噴射面(0.4MPa, 20sec)の摩擦痕付近のSEM像(左)とカーボンの特性X線像(右)

4. まとめ

固体潤滑微粉末を高速噴射し対象物に固体潤滑層を創製する装置を試作し、SKD11 およびアルミニウム合金に黒鉛を高速噴射し自己潤滑層を創製することが可能となった。なお、本研究は、経済産業省の即効型地域新生コンソーシアム(13年度補正)研究開発事業により行われた。

文献

- 1) 荻原秀実: 固体潤滑剤の微粒子ピーニングによる内燃機関ピストンしゅう動部の表面改質, トライボロジスト 第47巻第12号(2002)895