



低摩擦な自己潤滑性クロムめっきの摩擦摩耗特性

(オテック株式会社) ○森河 務, 岡本 剛, 北田知己, 森本泰行

キーワード [クロムめっき, PTFE 樹脂, 摩擦摩耗, 低摩擦係数, ボールオンプレート]

1. 緒言

Crめっきのクラックを拡張し、そこに PTFE 樹脂を埋め込んだ複合化 Crめっき膜 (弊社商品名: テフ・ロック) は、ヒートシーラー、ホッパー、スピンドルなどに利用されている。この皮膜は、PTFE 樹脂の特性 (低摩擦、非粘着性、離型性など) と硬質 Crめっきの特性 (耐摩耗性、加工精度、非帯電など) を両立させた皮膜である。我々は、この複合化膜の耐熱性改善および耐荷重性を向上などの改良を行ってきた^{1, 2)}。一般に PTFE 樹脂コーティング膜は、大荷重下での摺動では PTFE 樹脂の摩耗損傷が激しく起こる弱点がある。特に、鉄素材との摺動では、樹脂層がなくなると摩擦係数は急激に増し、凝着摩耗に至る。このため、そのような用途への適用は限られていた。大荷重、かつオイルレスの状況での摺動で自己潤滑性を発揮させるには、複合化 Crめっき膜の PTFE 樹脂付着性、めっき膜質、および表面テクスチャリングなどの改造が必要である。

本報告では、鉄球と高荷重下でも低摩擦を維持する自己潤滑性 Crめっきの表面キャラクタリゼーションおよび摩擦摩耗特性について報告する。

2. 実験方法

低摩擦自己潤滑性 Crめっきのモデルを図 1 に示す。ベースとする Crめっき膜は、表面に微細凹凸を有したクラックフリーなめっき皮膜である。

摩擦摩耗試験には、ボールオンプレート装置 (新東科学 (株) 製 HEIDON トライボギア TYP-38) を用い、鉄球 (SUJ2 製, 直径 10mm), 荷重 1kgf (9.8N), 温度 25°C, 湿度 50%, 摺動距離 5 mm, 摺動速度 1000 mm/min の条件で、摺動一万回までの摩擦係数を計測した。摺動での比較試料には、PTFE 板, 硬質 Crめっき, クラック拡張型フッ素樹脂 Crめっき膜 (Crめっきのクラック幅をエッチングで広げフッ素樹脂をコートした膜), プラスト型フッ素樹脂 Crめっき膜 (素地をブラスト処理した後に Crめっきとエッチングを行った後にフッ素樹脂をコートした膜) を用いた。摺動摩耗量については、レーザー顕微鏡 (キーエンス (株) 製 VK-X160) を用い、鉄球および試料面における摺動摩耗痕の断面積を求め評価した。摺動面のフッ素樹脂量については、エネルギー分散型 X 線分析装置付走査型電子顕微鏡 (日本電子製 JCM-6000) を用いて検討した。

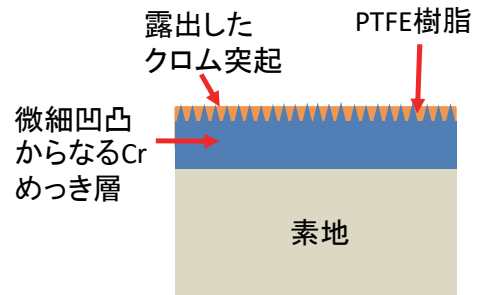


図 1 低摩擦自己潤滑性 Crめっき膜の構造

3. 結果および考察

3.1 複合化膜のキャラクタリゼーション

摩擦係数に及ぼす表面因子の影響を調べるため、めっき条件等を種々に変化させた PTFE 樹脂複合化 Crめっき膜を作製した。それらを用いて、図 2 のように一定回数の摺動試験を行い、摩擦係数と摩耗痕における表面因子との関係を調べた。表面因子としては、摺動による露出 Crめっき面積率および山数 (画像処理ソフト Image-J で算出)、表面分析から得られた元素 F/Cr 比を検討した。

図 3 に動摩擦係数と露出 Cr 面積率の関係を示す。露出 Cr 面積率が一定以上になると動摩擦係数は急激に増加した。低摩擦を発揮させるには、露出 Cr 面積率は約 80 % 以下が望ましい。これは、露出 Cr 面と鉄球の接触面積

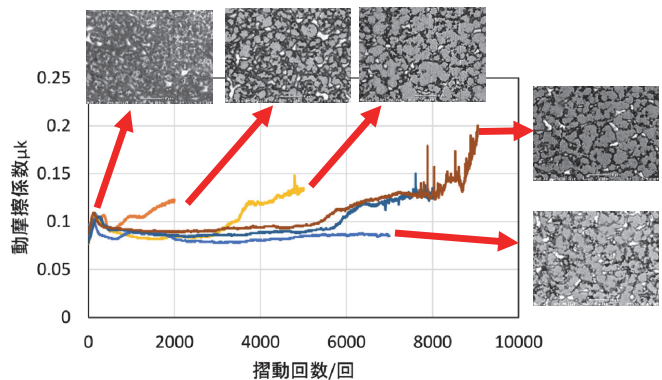


図 2 摺動における摩擦係数変化と摺動痕の測定例

が増加すると接触面へのPTFE樹脂供給が不十分となり鉄の凝着が起ることによる。なお、PTFE樹脂が接触面への供給を確保するには、露出Cr点の面は小さく、摺動面で数多くの山が分散していることが望まれる。それを把握するため、摺動痕での山密度と動摩擦係数の関係を調べた。平均直径5μm以上の山密度が1000個/mm²以下では、動摩擦係数が高くなることを認めた。

低摩擦な自己潤滑性を発揮させるには、接触面へPTFE樹脂が十分に供給される必要がある。摺動面でのフッ素樹脂量を正確に求めることは困難なため、摺動痕を表面分析し、そのフッ素とクロムのF/Cr原子比と動摩擦係数との関係を調べた。図4に示すように、F/Cr比が1を切ると動摩擦係数は急激に増加することがわかった。以上の点を踏まえ、低摩擦な自己潤滑性Crめっきの製造条件を最適化した。

3.2 自己潤滑性複合Crめっきの摩擦挙動

鉄球 (SUJ2製, 荷重1kgf) で各面を摺動させた場合の動摩擦係数の変化を図5に、各荷重にて摺動後の摩擦量を図6に示す。硬質Crめっきは、摺動直後に動摩擦係数が急激に増加し15回でかじりを起こして停止した。クラック拡張型フッ素樹脂Crめっき膜は、摺動初期の動摩擦係数は約0.1と低摩擦であるが、500回を超えると増加し986回で停止に至った。めっき面の摺動痕では鉄凝着が明確であった。プラスト型フッ素樹脂Crめっき膜の動摩擦係数は、徐々に増加し9412回で停止に至った。この摺動痕には、摩擦による酸化鉄粉および鉄の凝着が認められた。プラストで形成された山数は少なく、各露出点の面積が大きいため、PTFE樹脂が補給できず、部分的な凝着が起り、摩擦係数が徐々に大きくなったと思われる。一方、低摩擦自己潤滑性Crめっきは1万回後で約0.1が維持され、摺動面への摩擦粉付着も微量であった。また、鉄球の摩擦量は小さく、摺動相手材への攻撃性も低いことがわかった。

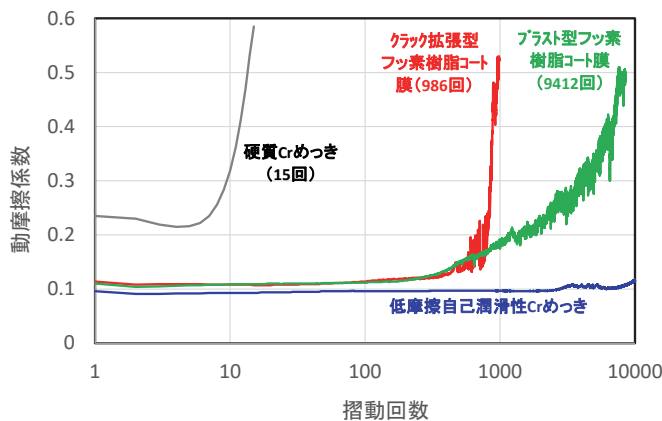


図5 SUJ2球 (1kgf) との摺動における動摩擦係数の変化

4. 結言

低摩擦自己潤滑性Crめっきは、摺動相手材の攻撃性および面の摩擦損傷も小さい。また、静止摩擦係数はPTFE樹脂と同等でステックスリップ現象を起こさず、滑らかな滑りが期待される。

文献 1) 原野知己, 森河 務; 表面技術研究会第143回講演大会講演要旨集, p.82 (2021).

2) 岡本 剛, 北田知己, 森河 務; 表面技術研究会第144回講演大会講演要旨集, p.89 (2021).

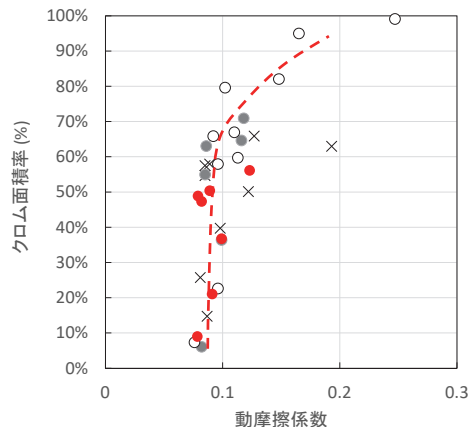


図3 露出Cr面積率と動摩擦係数との関係

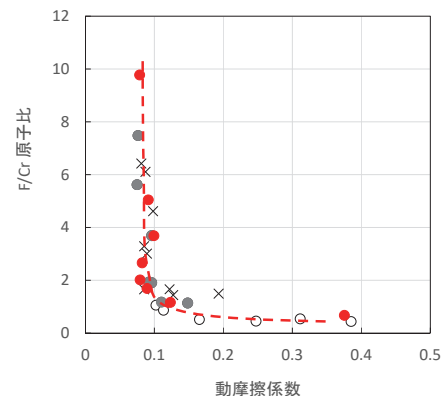


図4 F/Cr比と動摩擦係数との関係

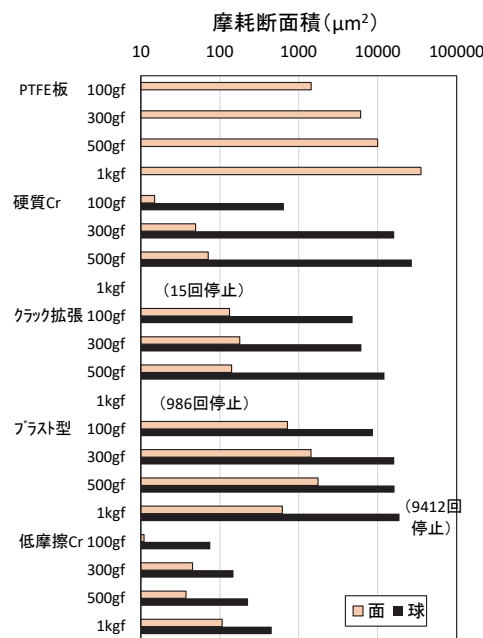


図6 1万回摺動後の摩擦量