

添加剤MoDTCとの反応性に優れた Ni蒸着DLC膜 の 低摩擦メカニズム解析

宇都宮大学大学院
地域創生科学研究科
マイクロ・ナノ工学研究室
修士1年 鈴木真白

背景及び目的

背景

- DLC膜は高硬度、耐摩耗性を持ち、潤滑下においても低摩擦を示すものの、鋼材との組み合わせで低摩擦を示すエンジンオイルの摩擦調整剤MoDTCとは反応しないため、DLC膜との相乗効果は得られていなかった。
- 一方、これまでの研究から、MoDTCとの反応性においては遷移元素であるNiが有効であり（図1）、Niをta-C膜に蒸着することで低摩擦化することを既に見出している（図2）。

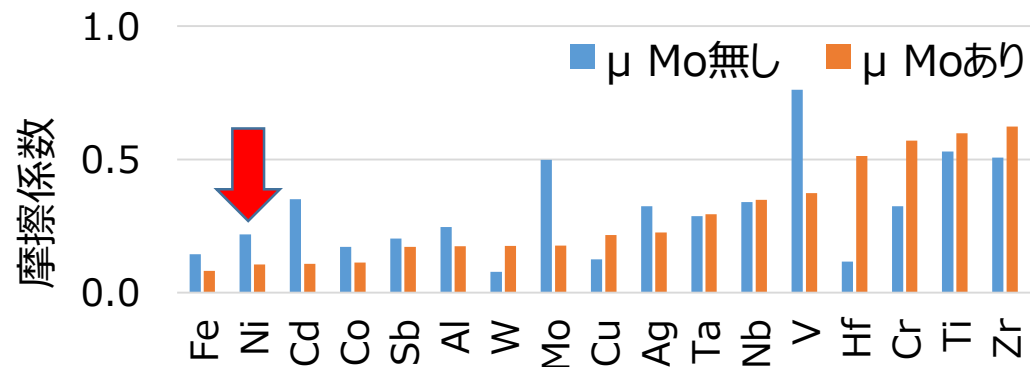


図1 各オイルと純金属T/Pとの摩擦試験結果

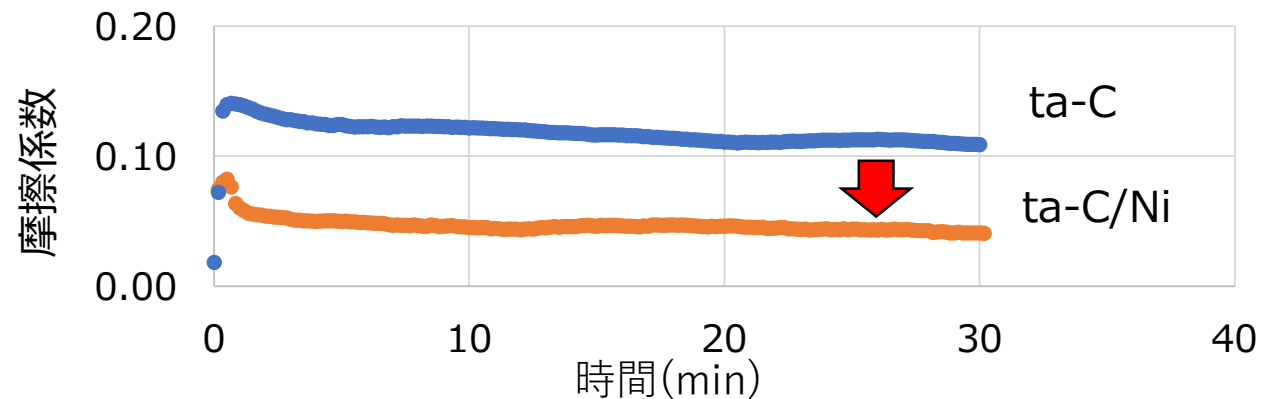


図2 MoDTCオイル中の摩擦係数の推移

目的

- 表面粗さを考慮した潤滑状態の解析、表面分析による反応生成物の構造解析から、Ni蒸着による低摩擦メカニズムを明らかにする。

摩擦試験及び試料

表1 試験条件

方式	ピンオンディスク
相手材	SUJ2
回転数	30(rpm)
温度	120(°C)
荷重	90(N)
試験時間	180(min.)
潤滑油	0W20 + MoDTC



図3 試験片及び治具 (Pin側)



図4 Ni蒸着前(左)とNi蒸着後(右)のta-C

潤滑状態で整理した摩擦解析

- レーザ顕微鏡で試料表面の粗さを計測し、摩擦係数との関係を整理した。

合成表面粗さ

$$R_{rms} = \sqrt{Rq_{Disk}^2 + Rq_{Pin}^2}$$

表面分析による被膜の解析

- Arスパッタ併用のオージェ分光分析で深さ方向の元素分析をし、どのような構成であるか調査した。

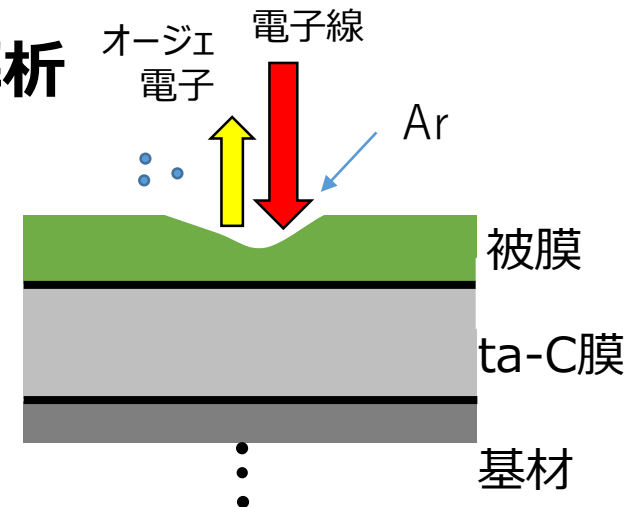


図5 オージェ分光分析イメージ

摩擦解析結果

- Niを蒸着することで、同じ合成表面粗さ（≒同じ潤滑状態）で低い摩擦係数を示す。
→ 潤滑状態の改善ではなく、**接点の摩擦係数自体が低下している**（= **低 μ 被膜**の作用）
- 長時間摺動（180分を480分に延長）することで、更に低摩擦化した（→表面分析を行う）。

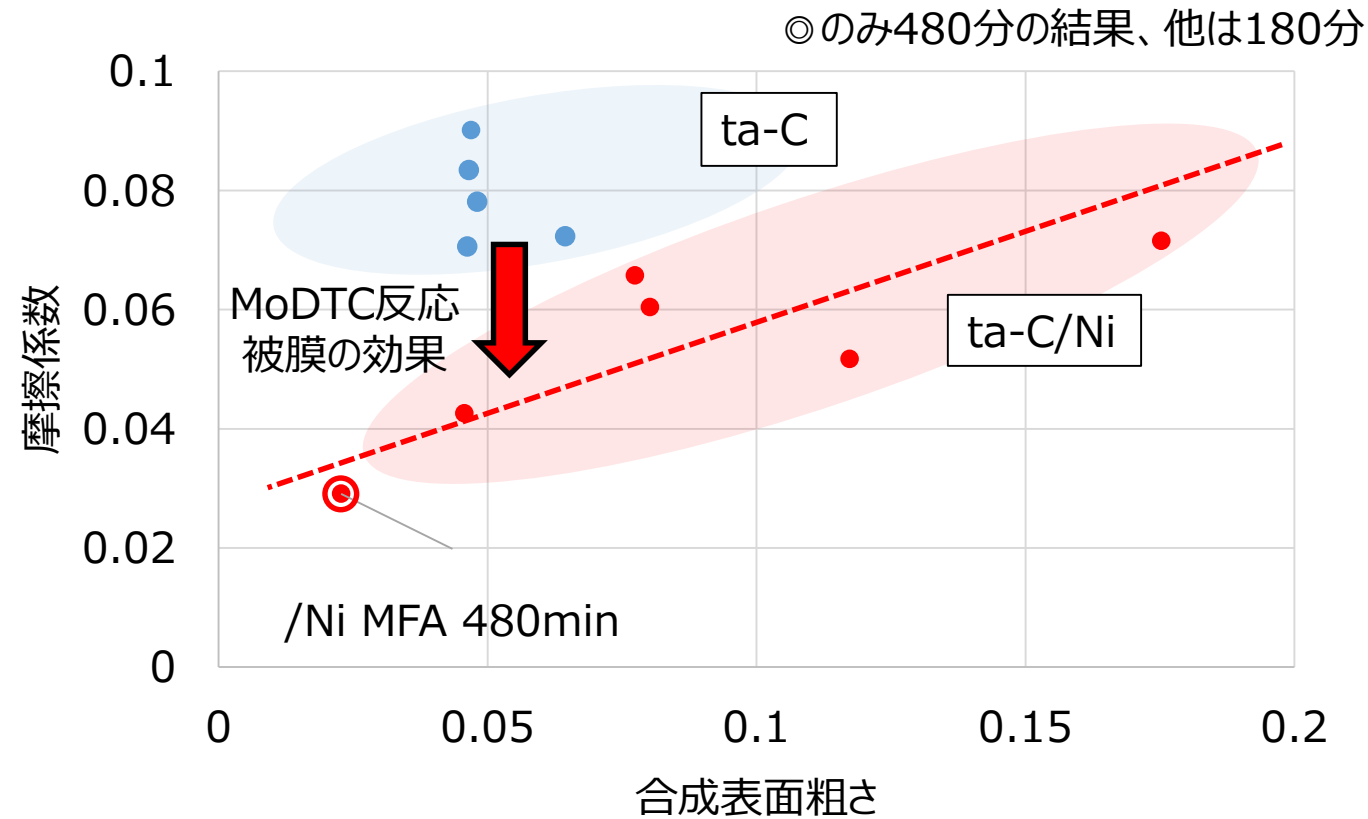


図6 摩擦係数と合成表面粗さの関係

表面分析結果及び考察

- Ni蒸着により、表層にMoS₂層の生成とそれを支持するFe₃O₄/Niの2層構造が認められた。

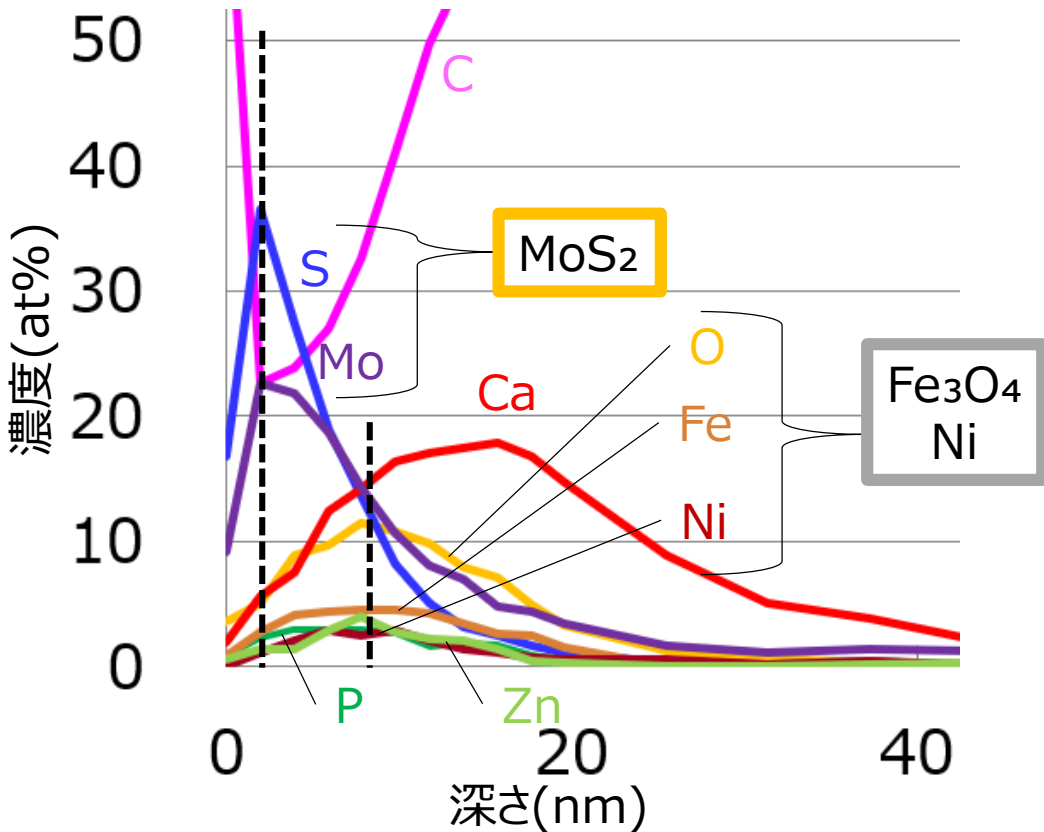


図7 ta-C/Ni MFA(480min)のオーグエ分析結果

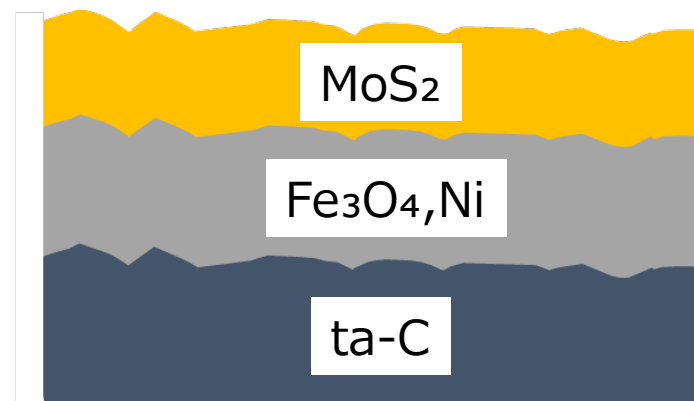
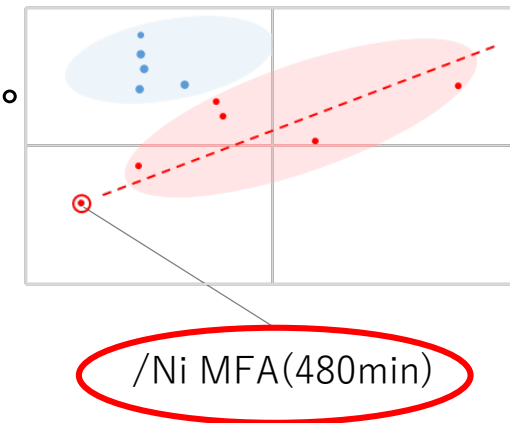


図8 層構造のモデル



- Mo、S のピークの下層に Fe、O、Ni のピークが認められた。
- 東北大の小池ら*によるモデルでは CrN 膜上の MoS₂ 層形成に約数nmの鉄酸化物層 (Fe₃O₄) の形成を必要としており、本結果と符合する。*小池ら, トライボロジスト, 2019年64巻8号p.504-512.
- Ni が MoS₂ の支持層である Fe₃O₄ の生成を促進する可能性あり。