

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	環境調和型潤滑剤を用いたDLC膜の摩擦における低摩擦発現機構の解明
Title(English)	
著者(和文)	吉田健太郎
Author(English)	Kentaro Yoshida
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9588号, 授与年月日:2014年5月31日, 学位の種類:課程博士, 審査員:益子 正文,久保内 昌敏,関口 秀俊,大竹 尚登,森 伸介,青木 才子
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9588号, Conferred date:2014/5/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	吉田健太郎	
	氏 名	職 名	氏 名	職 名
論文審査員	主査 益子正文	教授	森 伸介	准教授
	久保内昌敏	教授	青木才子	准教授
	関口秀俊	教授		
	大竹尚登	教授		

本論文は「環境調和型潤滑剤を用いたDLC膜の摩擦における低摩擦発現機構の解明」と題し以下の5章より構成されている。

第1章「序論」では、潤滑剤を用いるダイヤモンドライクカーボン(DLC)膜の摩擦において、摩擦低減に影響を及ぼす因子の抽出や、トライボ化学反応を摩擦低減と直接関連づけることの困難さなどの理由から、既往の研究では解明が不十分であることを指摘し、さらに、環境保護の観点から環境適合性の高い潤滑剤とDLC膜との相互作用を見極めていくことが重要課題であるとの見解を述べ、本論文の目的と論文構成を示している。

第2章「膜種の異なるDLC膜の環境調和型潤滑剤潤滑下の摩擦特性」では、様々な環境調和型潤滑剤(有機酸、アルコール、エステル)潤滑下における鋼対DLCの摩擦特性を示し、DLC膜の膜質や潤滑剤の違いが摩擦係数に与える影響について検討している。その結果、鋼対DLCの乳酸潤滑下の摩擦試験において、水素を含有しないDLCであるta-C(T)の摩擦係数が、水素を含有するDLCであるa-C:Hや鋼同士に比べて著しく低い摩擦係数を示すことを報告し、鋼表面に生成する酸化膜の存在が低摩擦の影響因子のひとつとなっていることを見出し、摩擦低減には、DLC膜の特性、潤滑油の中の官能基、荷重・速度・接触形状等の試験条件など、諸条件のバランスが重要であり、最適な組合せの探索が更なる摩擦係数の低減につながる可能性を指摘している。

第3章「環境調和型潤滑剤を用いたDLC膜の摩擦低減に及ぼす潤滑剤極性基の影響」では、主にオレイン酸潤滑下におけるDLC膜の摩擦特性を検討し、DLC膜の膜質および表面粗さの違いが、摩擦に与える影響を検討するとともに、オレイルアルコール、無極性の1-ヘキサデセンを潤滑剤として用い、極性基の種類や有無が、DLC膜の摩擦特性に及ぼす影響を評価している。そして、DLC膜の摩擦特性は鋼と同様、極性基の有無が影響を及ぼすこと、a-C:Hとta-C(T)の摩擦特性の差異は、低速域ではトライボ化学反応膜の生成能力の違いにより、高速域では潤滑剤のDLC膜への濡れ性の相違による流体潤滑効果の差異のため生じることを述べている。

第4章「オレイン酸潤滑下におけるa-C:H膜とta-C(T)膜の摩擦低減特性とトライボ化学反応の関係」では、カルボキシル基の水素を重水素化したオレイン酸を用い、a-C:H膜同士とta-C(T)膜同士の摩擦低減特性とトライボ化学反応の関係を調べ、DLC膜表面分析結果から、トライボ化学反応により生成する反応膜の生成過程および構造を推定し、オレイン酸潤滑下のDLC膜の摩擦低減モデルを考察している。そして、摩擦試験後の表面に存在する重水素イオンは、ta-C(T)に比べてa-C:Hの方が多く、オレイン酸イオンは逆にa-C:Hの方が少ないこと、表面膜中の含酸素結合(C-O, C=O)強度は、a-C:Hでは末試験表面に比べ大きく増加し、含酸素結合の存在が比較的DLC膜の深いところまで及んでいること、ta-C(T)では最表面に含酸素結合が多く存在し深くなるにつれ低下する分布を示しa-C:Hとta-C(T)で異なる結果が得られたこと、などを見出している。これらの知見を基に、a-C:Hでは膜表層におけるダイヤモンド構造とグラファイト構造境界へのオレイン酸の浸透が考えられること、さらに水素終端されているため化学的な活性が低く強固なトライボ化学反応膜は生成しにくいこと、一方ta-C(T)では、水素終端されていない表面にオレイン酸はカルボキシル基を向けて化学吸着し規則的に配列されたトライボ化学反応膜(配向した分子膜)を生成し強固で密な膜となることで摩擦面における固体同士の直接接触を緩和させること、などから、a-C:Hに比べてta-C(T)の摩擦係数が低くなることを説明する機構を示している。

第5章「総括」では、各章で明らかにされた結果をもとに、環境調和型の潤滑剤を用いたDLC膜の摩擦抵抗発現モデルとして、荷重分担部を固体接触部、吸着分子膜部、流体膜部分に分けた計算モデルを提示し、それぞれの部分の摩擦係数の推算から、荷重分担部の面積比率が材質により異なることと、DLC膜の低摩擦発現に影響を与える因子を抽出できたことを示し、DLC膜による低摩擦発現効果の総括を行うとともに本論文のまとめを行っている。

これを要するに本論文は、潤滑下におけるDLC膜を用いた極低摩擦化の実現は、DLC膜と潤滑剤中の極性基との相互作用によって形成されるトライボ化学反応膜と流体潤滑効果の適正化によって可能となることを提案したものであり、このことは、潤滑剤設計に限らず、しゅう動部の材料や表面形状の設計にも大きな知見を与え、更なる極低摩擦化の推進に寄与するものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分に価値あるものと認められる。