

機関番号：82626

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20560142

研究課題名（和文） トライボケミカル反応を利用した自動車排気ガス浄化に役立つ
低摩擦・低摩耗材料の開発研究課題名（英文） Development of low friction and low wear rate materials showing
tribo-chemical reactions for purifying automobile exhaust gas

研究代表者

村上 敬（MURAKAMI TAKASHI）

独立行政法人産業技術総合研究所・先進製造プロセス研究部門・主任研究員

研究者番号：40344098

研究成果の概要（和文）：減圧プラズマ溶射法を用いて、多孔質 Fe-Mo 系合金被膜を作製し、無添加 PAO 中における摩擦・摩耗特性の評価を行った。その結果溶射電流量によって被膜の構成相を変えられることを明らかにした。また放電プラズマ焼結法により他の数種類の合金の摩擦特性評価を行い、Fe-Si 系合金が低摩擦・低摩耗であることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Porous Fe-Mo alloy coating specimens were prepared by low pressure plasma spraying, and their friction and wear properties were investigated in PAO containing no additives. It was found that the main phase of the coating can be changed by changing the arc current. In addition, we prepared some kinds of alloy disk specimens using spark plasma sintering, and their tribological properties were also examined. It was found that Fe-Si alloys are low friction and low wear rate materials.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学－設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：トライボロジー、表面・界面物性、材料加工・処理、エネルギー効率化、環境対応

1. 研究開始当初の背景

自動車エンジンの燃費向上のためには主にエンジンオイルの低粘度化などが有効な手段として挙げられている。しかし、エンジンオイルを低粘度化すると、低速度のすべり条件下で油膜厚さが小さくなり、摺動面同士が接触し、摩擦係数が増加しやすくなる。従来この摩擦低減方法としてリン、硫黄を含む添加剤をオイルに加え、摺動面に低摩擦のリン系化合物、硫化物などを形成させることが最も有効とされてきた。しかし近年は、排気

ガス浄化対策のため、リン、硫黄による摩擦低減は行いにくくなる傾向にある。研究者らは最近、Fe₇Mo₆ 金属間化合物基合金が添加剤を含まない合成潤滑基油潤滑下で鋳鉄、鉄などに比べて非常に低く安定した摩擦係数、かつ低摩耗を示すことを明らかにしている（図1）。

2. 研究の目的

本研究では、研究代表者らが開発した Fe₇Mo₆ 金属間化合物基合金について多孔質化

したもの、あるいはさらに低摩擦を示しそうな Fe-X (X:Mo 以外の添加元素)系合金を作製し、摩擦・摩耗特性を評価する。さらに摺動面の表面分析を行うことにより最も低摩擦・低摩耗になる多孔質合金の作製条件及び低摩擦・低摩耗を示す機構を明らかにする。主に以上の実験結果より、最終的に工業的に利用可能で、リン、硫黄系添加剤を全く含まない低粘度油を使用した境界・混合潤滑条件下で低摩擦、低摩耗を示す合金材料及びその被膜の製造方法を明らかにする。

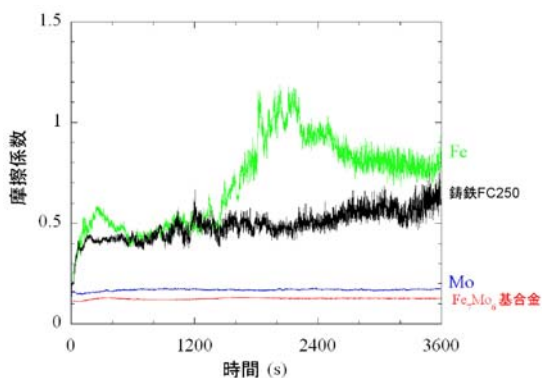


図 1 相手材 SUJ2 軸受鋼の条件下、無添加 PAO 中における各種材料の摩擦係数

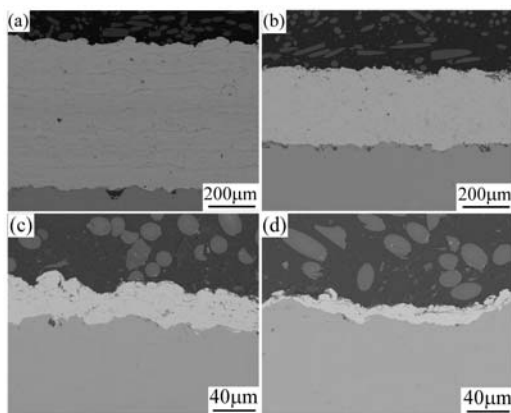


図 2 溶射電流 (a)750A、(b)400A、(c)200A、(d)100A の条件の減圧プラズマ溶射により作製した Fe-Mo 系合金被膜の断面組織写真。

3. 研究の方法

研究代表者らが保有している放電プラズマ焼結機や減圧プラズマ溶射装置を用いて、 Fe_7Mo_6 基合金や他の合金の摩擦試験用試験片を作製し、ボールオンディスク摩擦試験機などを用いて、無添加 PAO 中などにおける摩擦・摩耗特性の評価を行った。さらに XPS、SEM-EDS などの分析装置を用いて、摩擦・摩耗低減方法の考察及び低摩擦・低摩耗機構の検討を行った。

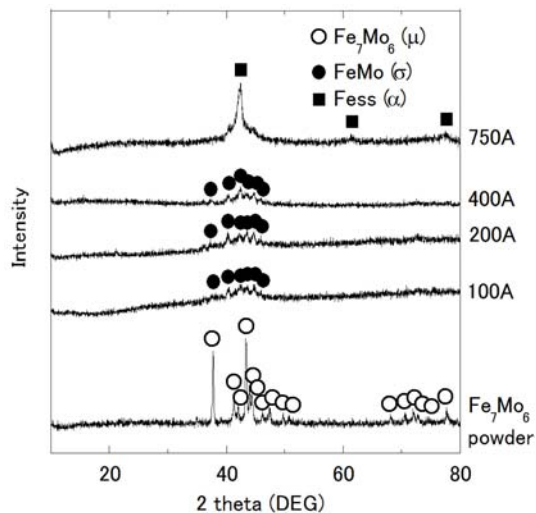


図 3 溶射電流 750A、400A、200A、100A の条件の減圧プラズマ溶射により作製した Fe-Mo 系合金被膜の X 線回折パターン及び溶射に用いた粉末の X 線回折パターン。

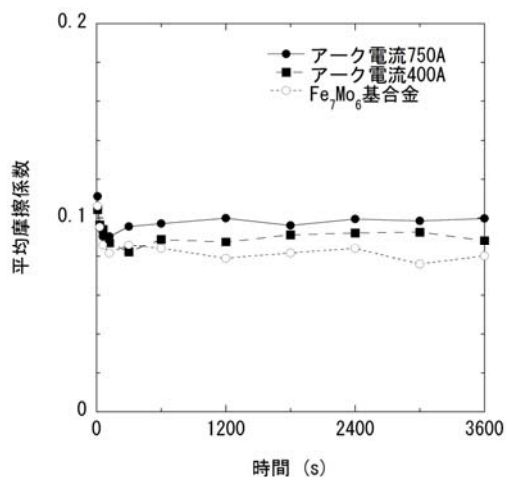


図 4 減圧プラズマ溶射法で作製した Fe-Mo 系合金被膜試験片及び放電プラズマ焼結法で作製した Fe_7Mo_6 基合金バルク状試験片の摩擦係数変化。

4. 研究成果

(1) Fe-Mo 系合金多硬質被膜の作製

減圧プラズマ溶射法を用いて鋼基板上に Fe_7Mo_6 基合金粉末の減圧プラズマ溶射を行った。その結果、溶射電流を変えることにより、密着性の良好な多孔質の準安定 BCC 相ベースの被膜、FeMo 相ベースの被膜を作製できることがわかった (図 2、図 3)。これらの被膜の摩擦・摩耗特性は放電プラズマ焼結で作製したバルク状試験片とほぼ同等になることがわかり (図 4、図 5)、さらに DTA 分析の結果上記準安定相は 955K (682°C) 付近まで熱的に安定であることがわかった (図 6)。

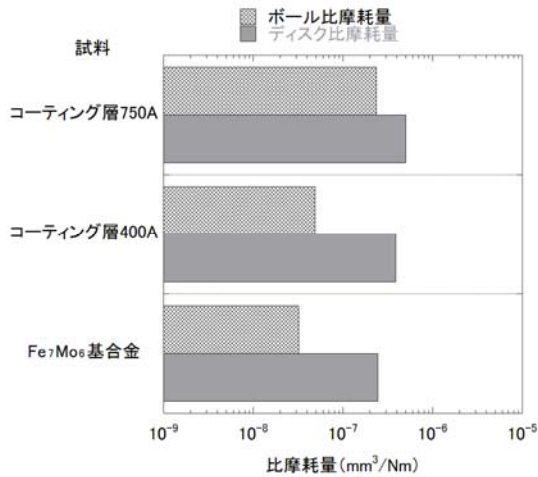


図5 被膜等ディスク試験片及び相手材 SUJ2 ボールの比摩耗量。

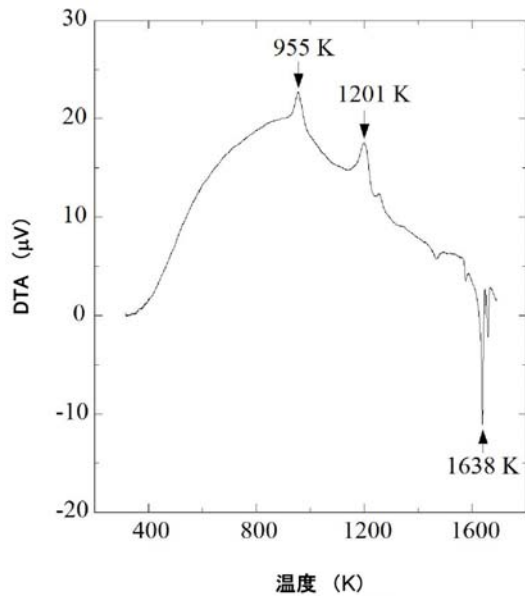


図6 DTA 分析で調べた準安定 BCC 相試験片の熱的安定性。

(2) 他の低摩擦合金の探索

放電プラズマ焼結法にて作製した他の合金試験片の摩擦・摩耗特性の評価を行い、Fe-Si 系合金が Fe₇Mo₆ 基合金と同様低摩擦・低摩耗を示すことを明らかにした (図7)。

(3) 低摩擦・低摩耗機構の解明

XPS などによる表面分析により (図8)、Fe₇Mo₆ 基合金の低摩擦・低摩耗は試料作製時及び摩擦試験時に周囲から酸素を取り込むことにより、MoO₃ などの低摩擦材料被膜が形成されることが主原因であることを明らかにした。

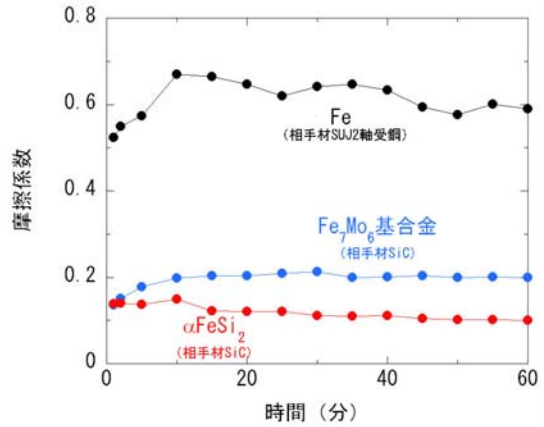


図7 エタノール中における各種材料の摩擦係数変化。

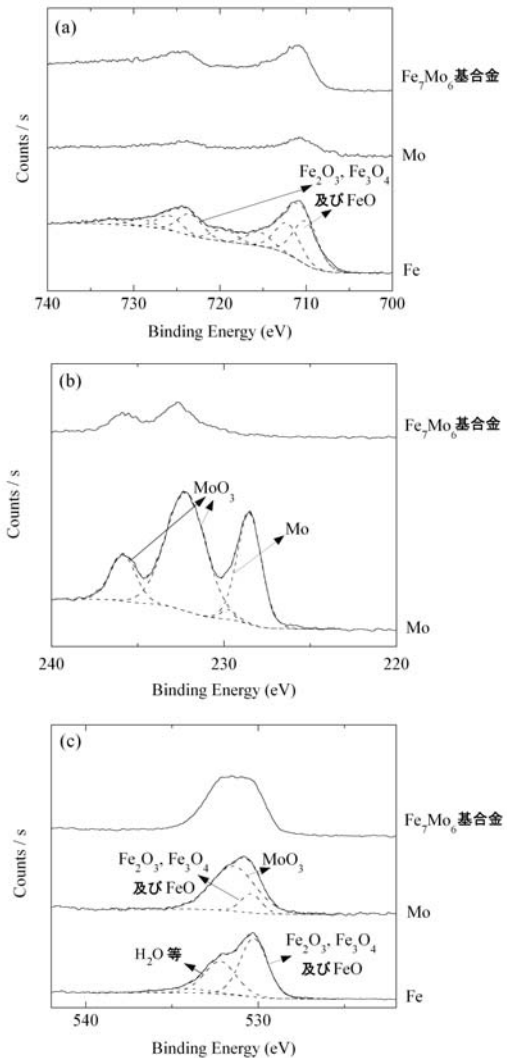


図8 無添加 PAO 中 SUJ2 軸受鋼相手に摩擦試験後、Fe₇Mo₆ 基合金、Mo、Fe ディスク試験片上に形成された摩耗痕表面の XPS スペクトル。(a) Fe 2p、(b) Mo 3d、(c) O 1s。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① T. Murakami, H. Mano, Y. Hibi, S. Sasaki, “Friction and wear properties of Fe₇Mo₆-based alloy in ethyl alcohol”, Tribology International, 査読有, vol. 43, 2010, pp. 2183-2189.
- ② T. Murakami, K. Kaneda, M. Nakano, Y. Xia, S. Sasaki, “Tribological properties of Fe₇Mo₆-based alloy disk specimens lubricated with poly-alpha-olefin containing PN additive”, Tribology International, 査読有, Vol. 43, 2010, 312-319.

[学会発表] (計7件)

- ① T. Murakami, S. Sasaki, “Tribological properties of Fe-Mo alloy coating prepared by low-pressure plasma spraying” International Tribology ASIATRIB Congress, 2010年12月7日, Perth, Australia.
- ② 村上敬、間野大樹、日比裕子、エタノール中における Fe₇Mo₆ 基合金、Fe、Mo のトライボロジー特性、日本金属学会 2010 年秋期大会、2010 年 9 月 27 日、札幌
- ③ 村上敬、間野大樹、日比裕子、放電プラズマ焼結で作製した Fe₇Mo₆ 基合金のエタノール中におけるトライボロジー特性、トライボロジー会議 2010 秋 福井、2010 年 9 月 16 日、福井
- ④ 村上敬、佐々木信也、減圧プラズマ溶射で得られた Fe-Mo 系合金被膜のトライボロジー特性、トライボロジー会議 2010 春 東京、2010 年 5 月 17 日、東京
- ⑤ 村上敬、佐々木信也、減圧プラズマ溶射で得られた Fe-Mo 系合金被膜の組織、機械的性質、日本金属学会 2010 年春期大会、2010 年 3 月 28 日、東京
- ⑥ T. Murakami, H. Mano, Y. Hibi, S. Sasaki, Friction and wear properties of Fe₇Mo₆-based alloy under the lubrication of ethyl-alcohol, 5th China International Symposium on Tribology, 2008 年 9 月 27 日, 北京

- ⑦ 村上敬、金田克夫、中野美紀、佐々木信也、放電プラズマ焼結により作製した Mo-Re 二元系合金の油潤滑下におけるトライボロジー特性、トライボロジー会議 2008 春 東京、2008 年 5 月 12 日、東京

[産業財産権]

○出願状況 (計2件)

- ①名称: 難焼結性 Fe 系金属間化合物合金の加圧焼結方法
発明者: 村上敬、畑政行、佐々木信也
権利者: 独立行政法人産業技術総合研究所
種類: 特許権
番号: 特願 2011-088366
出願年月日: 平成 23 年 4 月 12 日
国内外の別: 国内
- ②名称: α FeSi₂ 基及び β FeSi₂ 基低摩擦合金、該低摩擦合金からなる摺動部材、及び、該低摩擦合金の製造方法
発明者: 村上敬、間野大樹、日比裕子
権利者: 独立行政法人産業技術総合研究所
種類: 特許権
番号: 特願 2011-064122
出願年月日: 平成 23 年 3 月 23 日
国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 敬 (MURAKAMI TAKASHI)
独立行政法人産業技術総合研究所・先進製造プロセス研究部門・主任研究員
研究者番号: 40344098