

磁場による摩耗低減とエレベーター駆動機構への応用

Reduction of Wear by Magnetic Field and Application to Elevator Driving System

菊池 正晃
KIKUCHI Masaaki

久里 裕二
HISAZATO Yuji

島崎 敏雄
SHIMAZAKI Toshio

摺(しゆう)動を伴う機器では、できるだけ摩耗を少なくする必要がある。その方法として、潤滑剤や低摩擦材の使用あるいは表面を硬化する方法などが一般に用いられるが、磁気を作用させる方法も最近試みられている。磁場は、摩耗を低減させるとともに摩擦を高める効果があり応用範囲は広いと考えられる。

このような技術を当社の製品に応用することを目標に、材料の種類や摺動条件と磁場効果との関係を実験で明らかにするとともにエレベーターの駆動部に適用した場合について模擬試験を行い、駆動性能向上およびワイヤロープの摩耗低減に効果があることを確認した。

Whenever the operation of a device is associated with sliding, abrasion needs to be minimized as much as possible. Measures generally taken for the reduction of wear include the use of lubricants and low-friction agents, and hardening of the surfaces. In addition, the use of the magnetic effect has also recently been attempted.

Experiments were conducted to reveal the relationship between material types or sliding conditions and the effect of a magnetic field, and a model test applying this technique to the driving units of elevators was carried out. The results confirmed that the technique of using magnetism improves driving performance and reduces wire rope wear.

1 まえがき

磁場は、磁気の引力または斥力を利用する浮上式鉄道、磁気ブレーキ、磁気軸受などへの応用、あるいは医療、健康関連などの分野でも広く活用されている。摩耗の分野においても20年ほど前に、P.K. Baguchi & A. Ghosh⁽¹⁾により磁場の中で工具寿命が伸びることが発見されて以来、純金属を中心とした摩耗低減についての研究がなされている⁽²⁾。しかし、そのメカニズムの解明や実用的なデータ整備はこれからである。当社は、実用的な各種材料について、摺動条件および磁場条件と、摩擦・摩耗特性の関係などを明らかにしたデータの整備を行うとともに、磁場を実機へ適用した摩擦・摩耗特性の改善に取り組んでいるので、それらの概要について述べる。

2 磁場による摩耗低減のメカニズムと磁場の種類

磁場が摩耗を低減させるメカニズムは、理論的にはまだ不明な点が多いが、現象面から次のことが言われている。

- (1) 磁場は、気体吸着、すなわち酸素吸着(酸化)を促進させ、大きな摩耗粉の生成(シビア摩耗)から微細な摩耗粉の生成(マイルド摩耗)への遷移を促進させる。
- (2) 磁気の引力で摩擦面に吸引・介在した摩耗粉が潤滑剤の役目をし、マイルド摩耗粉の生成を容易にする。磁場を与える方法としては、電磁石と永久磁石がありいずれも摩耗低減効果はあるが、電磁石は磁場条件を任意に

コントロールすることができ、一方、永久磁石は電源が不要であるとともに複雑な形状にも対応できるメリットがある。

3 試験片による各種材料の磁場効果検証

金属材料は、強磁性材、常磁性材、反磁性材に分類でき、磁場の効果がそれぞれ異なる。今回表1のように材料・試験条件を選定し特性を調査した。

表1. 供試材料および試験条件
Test materials and test conditions

供 試 材 料		試 験 条 件	
磁性別分類	材 料		
強磁性材	S20C (構造用炭素鋼)	すべり速度 (mm/s)	100
常磁性材	SUS304 (ステンレス鋼)	潤滑	なし
反磁性材	C1100 (タフピッチ銅)	磁束密度 B (mT)	0~100

試験方法を図1に、試験で得られた摩耗特性を図2に示す。強磁性材 S20C は、磁束密度 B が大きくなるほど摩耗量 w は減少し、 B が 40 mT 以上になると摩耗量が大幅に減少する(図2(a))。常磁性材 SUS304 では、 $B=0$ でもシビア摩耗からマイルド摩耗への遷移がみられるが、 $B=3$ mT (電磁石の電流は S20C を 50 mT にする場合と同一条件)、さらに 6 mT と磁束密度を大きくするとマイルド摩耗への遷移は

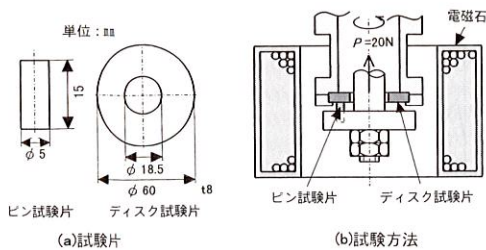


図1. 試験方法 円筒状電磁石内でピン試験片に一定荷重を与え、ディスク試験片を回転させて摩擦特性を調べる。

Experimental apparatus

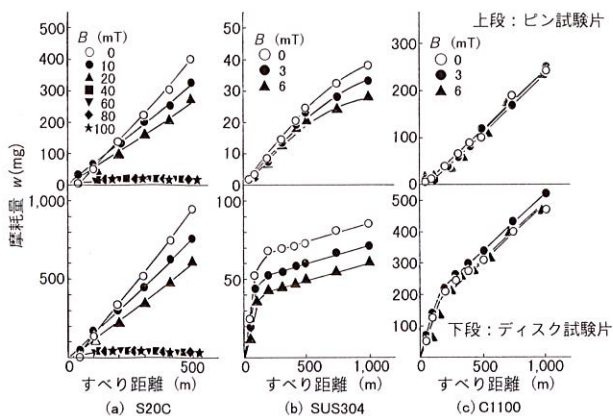


図2. 磁場での各種材料の摩擦特性 S20CおよびSUS304は、磁束密度が大きくなるほど摩擦が少なくなるが、C1100は変わらない。

Wear characteristics of various materials in magnetic field

早くなる(図2(b))。これに対して、反磁性材C1100は、 $B=0$ はもちろん、 $B=3, 6$ mTでも摩擦特性の変化は見られない(図2(c))。

このような特性となる理由の一つに摺動面と摩擦粉の酸化が考えられる。S20CのX線マイクロアナライザ(EPMA)

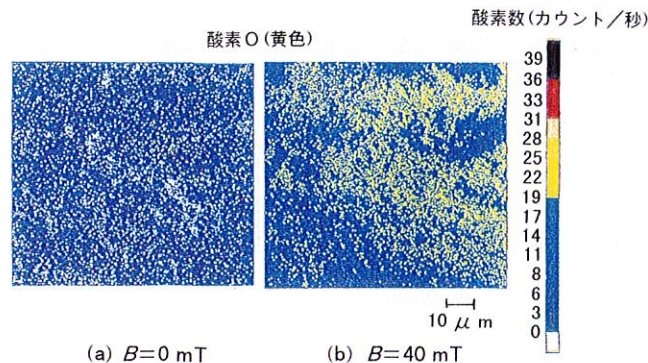


図3. EPMAによるS20Cの摺動表面分析結果 磁場で摺動すると摺動面に酸素が多く存在する。

Results of sliding surface analysis using EPMA (S20C)

による摺動面の酸素分析結果を図3に示す。磁場の中で摺動させると表面に酸素が多く存在する。すなわち酸化していることがわかる。

また、SUS304のマイルド摩耗遷移促進の理由としては、結晶構造の変化(非磁性→磁性)が考えられる。

磁場の有無によるS20Cの摩擦係数 μ の違いを図4に示す。 $B=0$ では、シビア摩耗のため μ が大きくかつ変動も激しい。それに比べて $B=60$ mTでは、 μ が小さいとともに変動も少なく、安定した摩擦係数となっている。

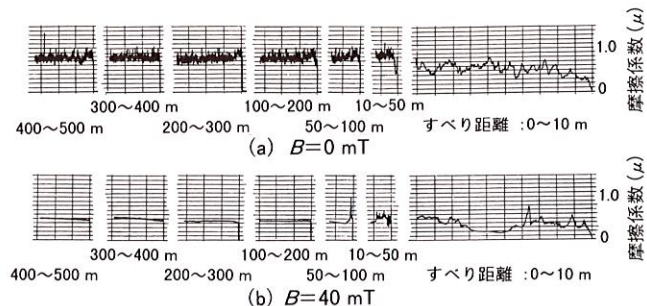


図4. S20Cの摩擦特性 すべり距離増加に伴う摩擦係数 μ の変化を記録したもので、摩擦係数は無磁場で大きく、有磁場では小さい。

Frictional characteristics (S20C)

4 エレベーター駆動機構部への応用

ロープとシーブ(綱車)の摩擦でかごを昇降させるロープ式エレベーターの概略構成を図5に示す。このエレベーターでは、次式に示すシーブ前後のロープ張力の比 T_1/T_2 (トラクション比)の向上とロープ、シーブの摩擦に対する長寿命化が重要である。

$$T_1/T_2 = e^{\mu\theta k}$$

ここで、 T_1, T_2 : ロープ張力 e : 自然対数の底
 μ : 摩擦係数 θ : ロープ巻付角
 k : シーブの溝形状係数

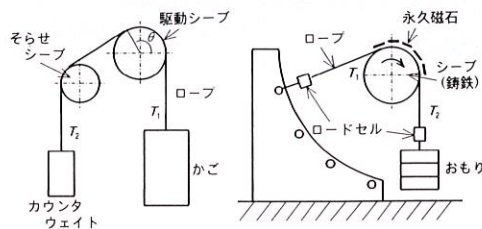


図5. ロープ式エレベーターの概略構成と模擬試験装置 実機では、ロープとシーブの摩擦でかごを昇降させており、それを模擬した。

Outline configuration of rope type elevator and simulation test equipment

トラクション特性が向上すると、駆動性能だけでなくかごおよびカウンタウエイトの軽量化もでき効果は大きい。一般には、シーブの溝形状をくふうしたり巻付け角を大きくする方法がとられるが、ロープおよびシーブは強磁性材なので磁気を利用することによってトラクション特性を向上させるとともにロープとシーブの摩耗寿命を伸ばすことができる。そこで、図5に示すロープとシーブの接触部近傍に永久磁石(フェライト磁石)を配置した実機模擬試験装置でそれらの検証を行った。

試験で得られた、有磁場のトラクション比 M と無磁場のトラクション比 NM の比 M/NM とロープ張力 T_2 の関係を図6に示す。

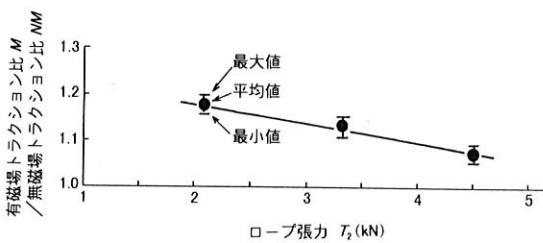


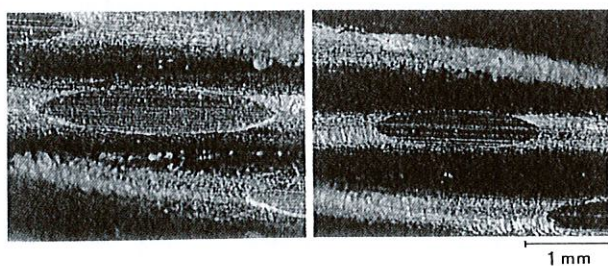
図6. トラクション特性 いずれのロープ張力においても、有磁場のほうがトラクション比が大きくなる。

Traction characteristics

無磁場に比べて有磁場では磁石の吸引力で摩擦力が増大するため、トラクション比が8~17%向上している。

試験後のロープの摩耗痕(こん)の写真を図7に示す。同一すべり距離で比較すると、有磁場のほうが摩耗痕の長さが短い。

オージェ電子分光計による試験後のロープ表面の酸素含



(a) 無磁場

(b) 有磁場

図7. すべり距離4 kmでのロープの摩耗状態 同一すべり距離で比較すると、有磁場の摩耗痕が小さい。

Rope wear scar

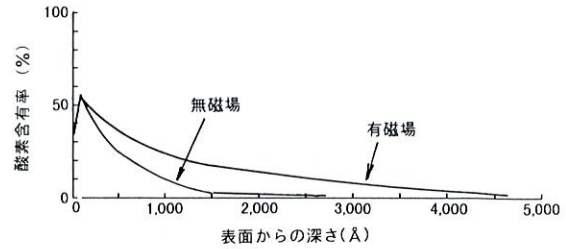


図8. ロープ表面からの深さと酸素含有量の関係 有磁場のほうが深くまで酸化している。

Relationship between depth from rope surface and oxygen content

有率分析結果を図8に示す。有磁場のほうが酸素が深くまで存在していることがわかる。

このように、エレベーターの駆動機構に磁場を作用させることで摩擦・摩耗特性の改善が期待できる。

5 あとがき

磁場を適用した場合の各種材料の摩耗特性とエレベーター駆動機構の性能試験および摩耗試験結果について述べた。

磁場をトライボロジーに応用する技術としては、酸素吸着によるマイルド摩耗遷移促進を利用した、なじみ時間の短縮、耐焼付性の向上、長寿命化あるいは磁場条件をアクティブに制御しての摩擦・摩耗の制御や機器の性能の制御などが考えられる。

文 献

- (1) P.K. Baguchi & A. Ghosh, J. Inst. Engrs. India, 50, 1970, p.264-270.
- (2) 平塚健一, 他, 磁場によるシビア・マイルド摩耗遷移の促進, トライボロジスト, 34, 6, 1989, p.36-42.



菊池 正晃 KIKUCHI Masaaki

電力・産業システム技術開発センター 電機システム技術担当主査。受配電機器、交通、昇降機器の研究・開発に従事。日本機械学会、日本トライボロジー学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



久里 裕二 HISAZATO Yuji

電力・産業システム技術開発センター 品質・信頼性技術担当。金属材料の調査・応用技術に従事。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



島崎 敏雄 SHIMAZAKI Toshio

府中工場 昇降機開発設計部参事。エレベーター機械品の開発・設計に従事。日本機械学会会員。

Fuchu Works