表面処理した鑄鉄の耐摩耗性

宮 重 昂*・多和田 敦*・鈴木良一*

Wear Resistance of Surface Treated Cast Iron

Takashi MIYASHIGE*, Atsushi TAWADA* and Ryoichi SUZUKI*

The following surface treatments were conducted on cast iron by the following processes; i.e., manganese phosphate coating, electroless lead plating on manganese phosphate coating, electroless lead plating, and copper-tin alloy immersion plating. Then, frictional and wear resistances of the above coated surfaces were studied.

The results obtained were summarized as follows.

(1) These surfaces showed lower frictional coefficients, and particularly, manganese phosphate coating showed the lowest coefficient by its excellent property of preventing adhesion of metallic substances.

(2) Manganese phosphate coating showed very high wear resistance due to its high scuff resistance.

(3) Electroless lead plating on manganese phosphate coating showed higher wear resistance than manganese phosphate resistance.

(4) When the rotor coated with manganese phosphate or electroless lead plated rotor on manganese phosphate coating was combined with the stator which had been immersion plated with copper-tin alloy, showed higher wear resistance.

1. ま え が き

鉄鋼に対するリン酸塩皮膜、酸化皮膜などの不活性非金属皮膜や、鉛のような軟質低融点金属皮膜は、鉄鋼相互の凝着を阻止する性質を持っているので、摩擦、摩耗に大きな効果を持つといわれている¹⁾²⁾³⁾。

著者らは、鑄鉄上にこのような凝着阻止性を持つリン酸マンガン皮膜を化成した場合に、この皮膜が乾燥スベリ摩擦機構のもとで、どのような効果を示すかを検討することとした。

またこのリン酸マンガン皮膜の上に、さらに鉛メッキをした場合には、さらに優れた皮膜となることが期待されるところより、この点の検討を行なうとともに、あわせて鑄鉄上に直接鉛メッキおよび銅—スズ合金メッキした場合の摩擦、摩耗に及ぼす効果を検討した。

2. 実 験 方 法

2-1 試 料

試験に供した試料鑄鉄の材質、およびこれに行なった表面処理の処理条件は次のとおり。

2-1-1 試料鑄鉄

本研究の試料に供した鑄鉄はパーライト鑄鉄であり、

* 蛇の目マシン工業(株)技術研究所(東京都八王子市狭間町) The Technical Institute, Janome Sewing Machine Co., Ltd.

第1表 鑄鉄の材質組成および物性

成 分	C	Si	Mn	S	P
含有率(%)	3.81	2.23	0.51	0.09	0.07
カタサ	R _B 70~80				
アラサ	15~18 μ				

その材質組成および物性を第1表に示し、その金属組織を写真1に示す。

2-1-2 リン酸マンガン皮膜

鑄鉄を、常法によりアルカリ脱脂剤およびリン酸にて脱脂、サビ取り後、市販化成処理剤にて10~15μのリン酸マンガン皮膜を化成した。

全酸度 50~55ポイント

遊離酸度 8.3~9.8ポイント

写真1 試料鑄鉄の金属組織 12×10

酸の比 5.6~6.0
 溶存鉄量 2.3~3.5 g/l
 処理温度, 処理時間 95~98°C - 30 min

2-1-3 鉛メッキ (リン酸マンガン皮膜上)

リン酸マンガン皮膜を化成した試験片を, 0.1 g/l の塩化パラジウム溶液中に 40°C, 30 s 浸セキし, 活性化した後, 次のような化学鉛メッキ浴に浸セキし, 厚サ 3~5 μ のメッキをした。

硝酸鉛 50 g/l
 カセイソーダ 50 g/l
 チオ尿素 12 g/l
 メッキ条件 常温, 60 min

2-1-4 銅—スズ合金メッキ

鋳鉄を 2-1-2 の場合と同様に脱脂, サビ取り後, 次のような化学メッキ浴に浸セキして厚サ 1 μ のメッキをした。

硫酸銅 50 g/l
 塩化第一スズ 22 g/l
 酢酸ソーダ 200 g/l
 メッキ条件 常温, 45 s

2-1-5 鉛メッキ (鋳鉄上)

鋳鉄を, 2-1-2 の場合と同様に常法により脱脂, サビ取り後, 2-1-3 と同一のメッキ浴およびメッキ条件で厚サ 3~5 μ のメッキをした。

第1図 試験機の構造および試験片の形状寸法

第2図 摩耗試験機の構造および試験片の形状寸法

第2表 試料の組合せ

No.	固 定 子	回 転 子
1	無処理	無処理
2	無処理	リン酸マンガン皮膜
3	無処理	鉛メッキ (リン酸マンガン皮膜上)
4	無処理	銅—スズ合金メッキ
5	リン酸マンガン皮膜	リン酸マンガン皮膜
6	リン酸マンガン皮膜	鉛メッキ (リン酸マンガン皮膜上)
7	鉛メッキ (リン酸マンガン皮膜上)	鉛メッキ (リン酸マンガン皮膜上)
8	鉛メッキ (鋳鉄上)	鉛メッキ (鋳鉄上)
9	銅—スズ合金メッキ	リン酸マンガン皮膜
10	銅—スズ合金メッキ	鉛メッキ (リン酸マンガン皮膜上)

2-2 摩擦係数の測定

2-2-1 試験機

摩擦係数の測定は 鈴木式摩耗試験機で行ない, 固定子, 回転子両試験片の接触面に発生する摩擦力より, その摩擦係数 (動摩擦係数) を求めた。

試験機の構造および試験片の形状, 寸法を第1図に示す。

2-2-2 試料の組合せ

試料の組合せは第2表に示す 10 組で, 各組合せの試験の繰返し数は 10 とした。

2-2-3 摩擦条件

摩擦速度 0.33 m/s

荷 重 7 kg, 10 kg, 15 kg, 20 kg

2-3 摩耗試験

2-3-1 試験機

円盤状試験片を回転子とし, これと同一半径で先端部を切断した板状試験片を固定子とした。

この両試験片の摩擦によって生じた回転子試験片の摩耗による重量減より, 摩耗量を求めた。

第2図は, 試験機の構造, 試験片の形状および寸法を示す。

2-3-2 試料の組合せ

試料の組合せは, 2-2-2 項第2表とまったく同一であり, 試験の繰返し数は 5 とした。

2-3-3 試験条件

摩擦速度 0.30 m/s, 0.84 m/s

摩擦圧力 3 kg/cm², 6 kg/cm², 9 kg/cm²

第 3 図

3. 実験結果および考察

3-1 摩擦係数

各組合せの荷重と摩擦係数との関係を第3図に示す。この図によると、各表面処理皮膜ともに、それぞれ摩擦係数の低下にかなり寄与していることが分る。

摩擦係数の低下にもっとも効果的であったのは、リン酸マンガン皮膜であったが、回転子、固定子、ともにリン酸マンガン皮膜を化成して組合せると、摩擦係数は高くなり、これはリン酸マンガン皮膜の多孔性に起因する皮膜のかじり合いによるものと思われる。

銅スズ合金メッキは、膜厚がきわめて薄いためか、あまり摩擦力の低減に効果をもたらさなかった。

3-2 摩擦試験結果

3-2-1 固定子を無処理とし、表面処理した回転子を組合せた場合
無処理どうしの組合せ、および無処理の固定子に表面処理した回転子を組合せた場合の摩擦試験結果を、第4～7図に示す。

第4図および第5図によると、摩擦条件が比較的ゆるやかな場合には、無処理の摩擦量がきわめて少ない。

これは、無処理回転子表面にカッ色の

第 4 図

第 5 図

鉄の酸化物の生成が認められ、この影響によるものと思われる。

すなわち、鋳鉄の摩擦試験において、酸化物が摩擦機構を支配するような摩擦条件のあることが知られているが⁴⁾、本研究においてもこのような現象が認められたのである。

回転子に銅スズ合金メッキを行なって無処理固定子と組合せた場合、この回転子試料の摩擦状況は、無処理回転子の摩擦状況と非常に類似していることが、この第4図および第5図から分る。

これは、メッキ膜厚がきわめて薄いため、摩擦によって皮膜の破断が起りやすく、このような結果になったと思われるが、それでもわずかに皮膜の効果により、耐摩擦性が向上している。

第 6 図

第 7 図

リン酸マンガン皮膜およびリン酸マンガン皮膜上の鉛メッキの耐摩耗性に及ぼす効果は、第6図および第7図によって、はっきりと認めることができる。

すなわち、無処理および銅—スズ合金メッキ試料の場合は、融着による摩耗量の急激なる増加という現象が認められたが、この二つの表面処理された試料については、このような現象は認められず、優れた耐摩耗性を示すことが認められたのである。

3-3-2 固定子、回転子、ともに表面処理したものどうしを組合せた場合

固定子をリン酸マンガン皮膜化生した試料とし、これにリン酸マンガン皮膜を化成した回転子、およびリン酸マンガン皮膜上に鉛メッキした回転子を組合せた場合の試験結果を、第8図および第9図に示した。

この両図によると、摩擦条件が比較的ゆるやかな場合には両試料とも摩耗量は少なく、良い耐摩耗性を示しているが、摩擦条件がきびしくなるとやや摩耗量が多くなり、両試料とも同一摩擦条件において、無処理の固定子と組合せた場合よりも摩耗量は多くなっている。

次に、リン酸マンガン皮膜上に鉛メッキしたものどうしを組合せた場合、および鋳鉄に直接鉛メッキしたものどうしを組合せた場合の摩耗試験結果を、第10図および第11図に示す。

この結果によると、両組合せともに摩擦条件がゆるやかな場合には、摩耗量は少なく、良い耐摩耗性を示したが、摩擦条件がきびしくなると、摩耗量も多くなってあまり良好な耐摩耗性を示さず、このような組合せは耐摩耗性にあまり好結果を与えないことが分った。しかし、無処理どうしの組合せに比べれば、鋳鉄に直接鉛メッキしたものどうしの方が耐摩耗性は良く、鉛メッキの効果をはっきりと認めることができる。

固定子を銅—スズ合金メッキとし、これにリン酸マンガン皮膜を化成した回転子、およびリン酸マンガン皮膜上に鉛メッキした回転子を組合せた場合の試験結果を、第12図および第13図に示す。

第 8 図

第 9 図

この試験結果によると、無処理固定子の場合と同様に摩耗量はきわめて少なく、両試料の優れた耐摩耗性を知らることができる。

以上のように、摩擦距離 1.875 km までの摩耗試験により、鋳鉄上の各種表面処理皮膜の耐摩耗性に及ぼす効果を知ることができた。

しかし、この試料間の耐摩耗性の差においても、たとえばリン酸マンガン皮膜とリン酸マンガン皮膜上に鉛メッキした試料との差といったような点に、はっきりしない点があるので、さらに摩擦距離を延長して、摩擦距離

第 10 図

第 11 図

第 12 図

第 13 図

第 14 図

11.25 km まで摩耗試験した結果を、第 14 図および第 15 図に示す。

この両図によると、摩擦距離 1.875 km までの摩耗試験結果では、ややはっきりしなかった試料間の耐摩耗性の差も、はっきりとした。

すなわち、リン酸マンガン皮膜を化成した回転子試料は、優れた耐摩耗性を示すが、この皮膜上に鉛メッキすると、さらに耐摩耗性が向上することがはっきりと分る。

また、リン酸マンガン皮膜を化成した回転子試料、およびリン酸マンガン皮膜上に鉛メッキした回転子試料に対して、無処理の固定子および銅—スズ合金メッキした固定子を組合せた場合と比較すると、無処理固定子の場合よりも、銅—スズ合金メッキ固定子の方が耐摩耗性が良く、銅—スズ合金メッキの耐摩耗性に及ぼす効果を

はっきりと認めることができた。

4. 結 論

以上の試験結果より、鋳鉄上の表面処理皮膜の、摩擦、摩耗に及ぼす効果についてまとめると、次のよう

になる。

i) 鋳鉄上のリン酸マンガン皮膜、鉛メッキ皮膜などの凝着阻止性の高い皮膜は、摩擦係数の低下において寄与することが分り、特にリン酸マンガン皮膜は大きく摩擦係数の低下に寄与する。

ii) リン酸マンガン皮膜は、摩擦係数の低下に対してにおいて寄与すると同時に、耐摩耗性に対しても非常に効果がある。

iii) リン酸マンガン皮膜上にさらに鉛メッキを行なうと、この鉛メッキ皮膜は、摩擦係数をさらに下げる働きはしないが、耐摩耗性に対しては明らかにその効果を認めることができる。

iv) 鋳鉄上の鉛メッキ皮膜は、摩擦係数の低下、耐摩耗性の向上に効果はあるが、リン酸マンガン皮膜上に鉛メッキしたものの方が、より効果がある。

v) 銅—スズ合金メッキは、摩擦、摩耗に対してあまり効果的でないが、リン酸マンガン皮膜を化成した回転子、またはリン酸マンガン皮膜上に鉛メッキした回転子と組合せる固定子に対して銅—スズ合金メッキをした場合には、効果的である。

終りに、本研究に対してご指導下さった武蔵工業大学 呂戊辰教授、ならびに本研究達成にたえずご配慮下さった蛇の目シン工業(株)技術研究所長 中村静夫氏、同次長江口保賢氏に深謝いたします。(1967. 7. 28 受理)
(昭和40年10月20日、日本金属学会第57大会にて発表)

文 献

- (1) F.P. Bowden and D. Tabor, "The Friction and Lubrication of Solids" (Oxford 1954)
- (2) Calvin F. Long, Scientific Lubrication, September 15 (1965)
- (3) 金属表面技術便覧, 25 (日刊工業)
- (4) 竹内, 金属表面技術, 15, 289 (1964)

第 15 図