103 無電解複合めっき (Ni-P-PTFE) 層の摩耗特性について

Study on the Sliding Wear Characteristic of Electroless Composite Plating (Ni-P-PTFE)

○学 保井 佑太 (関東学院大学大学院)
正 関野 晃一 (関東学院大学)
渡辺 充宏 (関東化成工業株式会社)

正 宮武 俊弘 (関東学院大学)
正 阿久津 敏乃介 (関東学院大学)
石田 卓也 (関東化成工業株式会社)

Yuta YASUI, Kanto Gakuin University Graduate School, 1-50-1 Mitsuura-higashi, Kanazawa, Yokohama
Toshihiro MIYATAKE, Kanto Gakuin University,
Kouichi SEKINO, Kanto Gakuin University,
Toshinosuke AKUTSU, Kanto Gakuin University,
Mitsuhiro WATANABE, KANTO KASEI CO., LTD., 4-4-1 Ikeda-chou, Yokosuka, Kanagawa
Takuya ISHIDA, KANTO KASEI CO., LTD.,

Key Words: Electroless Composite Plating, Sliding Wear Testing, Sliding Distance

1. 緒言

機械構成部品にめっき処理を施すことは、耐食性や耐摩耗性を向上させることなど、多くの利点がある。また、機械部品に施すめっきは、主に硬質クロムめっきであるが、これは主成分である 6 価クロムを使用するめっき液が、発がん性がある有害物質であるため、人体および環境への影響が懸念される。近年、硬質クロムめっきに代わり、無電解複合めっきが開発され、このめっきを樹脂加工機の金型表面に使用されることが期待されている。無電解複合めっきの特徴は、めっき処理後に加熱処理が可能であることや共析させる微粒子を変えることで、さまざまな特性を追加することができることなどである。

本研究では、無電解ニッケルめっきにリン(P)とポリテトラフルオロエチレン(PTFE)を共析させた無電解複合めっき(Ni-P-PTFE)層のすべり摩耗特性について実験的に取り組んだ。摩耗特性として、すべり摩耗距離との関係、まためっき層の硬さとの関係について整理した。さらに、樹脂加工機の金型を想定し、加熱・冷却の繰り返し作用が、無電解複合めっき(Ni-P-PTFE)層のすべり摩耗特性に及ぼす影響について検討した結果もここに報告する。また、無電解ニッケルめっきにリン(P)とシリコンカーバイド(SiC)を共析させた無電解複合めっき(Ni-P-SiC)層は、耐摩耗性に大変優れている^{1),2)}。そこで、無電解複合めっき(Ni-P-SiC)層との摩耗実験比較をおこない、無電解複合めっき(Ni-P-PTFE)層の有効性について検討した。

2. 試験片の形状および表面処理条件

Fig.1 に回転試験片と固定試験片の形状を示す。固定試験片は T 字型であり、材質は、回転試験片、固定試験片共に金型鋼(SKD11)であり、加工後に熱処理をおこない、硬さは 750HMV である。

Table 1 に本試験で使った試験片の表面処理条件を示す。また、固定試験片には、表面処理として無電解複合めっき(Ni-P-PTFE)層、(Ni-P-SiC)層(加熱処理なしの場合、加熱処理を施した場合)、硬質クロムめっきを施した。なお、無電解複合めっきおよび硬質クロムめっきを施したあと、試験片に加熱・冷却作用を与えた。温度 T は、実機を想定して、 $353\text{K} \leq T \leq 573\text{K}$ で、また加熱・冷却回数 $N=10000$ 回までについて注目した。

3. 滑り摩耗試験

Fig.2 に滑り摩耗試験機を示す。その主たる構造は、モータの回転力をシャフトを介して回転試験片に伝える。そして、上部に設置した固定試験片には、てこバーを用いて負荷を作用させ、接触圧力 $P=5(\text{N}/\text{mm}^2)$ で固定試験片を回転試

験片に押し付けた。実験は、すべり速度 $V=3(\text{m}/\text{s})$ 、最長すべり摩耗距離 $S=1000(\text{km})$ でおこなった。なお、回転試験片と固定試験片は、スピンドル油を使用し冷却した。

また、摩耗量 ΔG については、すべり摩耗距離 $S=600\text{km}$ までは 100km 毎に、それ以降は 200km 毎に電子天秤(精度: $1/1000\text{g}$)を使用し、固定試験片の試験前の質量と試験後の質量との差で求めた。

Fig.1 Shape of test piece

Table 1 Treatment of test piece

Test piece	Surface treatment
Fixed test piece	without plating
	Ni-P-PTFE, without heat treatment
	Ni-P-PTFE, with heat treatment
	Ni-P-SiC, without heat treatment
	Ni-P-SiC, with heat treatment
	Hard Cr
Rotating test piece	without plating

Fig.2 Sliding wear testing machine

4. 実験結果

4.1 加熱・冷却回数 N と硬さ HMV との関係

Fig.3 に加熱・冷却回数 N と硬さ HMV との関係を示す。めっきなしは加熱・冷却回数 $N=0$ の場合、硬さは 750HMV であり、加熱・冷却回数 N が增大しても、硬さ HMV はほぼ一定の傾向を示した。次に無電解複合めっき (Ni-P-PTFE) 層加熱処理なしの場合は、加熱・冷却回数が $N=0$ の場合、硬さは 540HMV 程度であり、加熱・冷却回数が $N=2000$ 回になると、熱処理効果が発生し、硬さは 800HMV 程度まで硬くなる傾向を示した。さらに加熱・冷却回数 N が增大すると硬さ HMV はやや低下する傾向を示した。無電解複合めっき (Ni-P-PTFE) 層に加熱処理を施した場合は、加熱・冷却回数が $N=0$ の場合、硬さは 820HMV 程度であり、加熱・冷却回数 N が增大すると、硬さ HMV は低下する傾向を示した。無電解複合めっき (Ni-P-SiC) 層は加熱処理なしの場合は、加熱・冷却回数が $N=0$ の場合、硬さは 600HMV 程度であり、加熱・冷却回数が $N=2000$ 回になると、熱処理効果が発生し、硬さは 950HMV 程度まで硬くなる傾向を示した。さらに加熱・冷却回数 N が增大すると硬さ HMV はやや低下する傾向を示した。無電解複合めっき (Ni-P-SiC) 層に加熱処理を施した場合は、加熱・冷却回数が $N=0$ の場合、硬さは 980HMV 程度であり、加熱・冷却回数 N が增大すると、硬さ HMV は低下する傾向を示した。硬質クロムめっきは、加熱・冷却回数 $N=0$ の場合、硬さは 1040HMV 程度と高い値を示し、加熱・冷却回数 N が增大するにつれて、硬さ HMV は低下する傾向を示した。

4.2 摩耗距離 S と摩耗量 ΔG との関係

Fig.4 に加熱・冷却回数 $N=0$ のすべり摩耗距離 S と摩耗量 ΔG との関係を示す。無電解複合めっき (Ni-P-PTFE) 層加熱処理なしの場合、施した場合共にすべり摩耗距離 $S=500\text{km}$ まで、摩耗量 ΔG が増加し、 $S>500\text{km}$ で一定の値を示した。また、加熱処理を施した場合が摩耗量 ΔG は少ないようである。無電解複合めっき (Ni-P-SiC) 層は加熱処理なしの場合、すべり摩耗距離 $S=800\text{km}$ まで摩耗量 ΔG は増加していき、その後は一定の値を示した。加熱処理を施した場合は、すべり摩耗距離 $S=500\text{km}$ まで摩耗量 ΔG は増加していき、その後は一定の値を示した。硬質クロムめっきは、すべり摩耗距離 $S=200\text{km}$ から摩耗量 ΔG が大きくなり、摩滅した。

Fig.5 に加熱・冷却回数 $N=10000$ 回の摩耗距離 S と摩耗量 ΔG との関係を示す。無電解複合めっき (Ni-P-PTFE) 層は加熱処理なしの場合、施した場合共にすべり摩耗距離 $S=800\text{km}$ まで摩耗量 ΔG が増加し、その後は一定の値を示した。また、加熱処理を施した場合が摩耗量 ΔG は少ないようである。無電解複合めっき (Ni-P-SiC) 層も (Ni-P-PTFE) 層と同様な傾向を示した。硬質クロムめっきはすべり摩耗距離 $S=400\text{km}$ から摩耗量 ΔG が大きくなり摩滅した。

5. 結言

以上の結果から本研究で着目した無電解複合めっき (Ni-P-PTFE) 層については、次のような結果を得た。

- (1) 無電解複合めっき (Ni-P-PTFE) 層は、加熱・冷却を繰り返す作用させることにより、加熱処理なしの試験片は、熱処理効果が見られ、硬さ HMV は増加するが、全試験片とも硬さは低下する。
- (2) 無電解複合めっきを施すことは、めっきなし、硬質クロムめっきの場合よりも、摩耗量 ΔG が小さいことから、耐摩耗性に優れている。
- (3) 無電解複合めっき (Ni-P-PTFE) 層を施すことは、無電解

Fig.3 Relationship between N and HMV

Fig.4 Relationship between S and ΔG ($N=0$)

Fig.5 Relationship between S and ΔG ($N=10000$ cycle)

複合めっき (Ni-P-SiC) を施した場合と比較すると、硬さは低い値を示したが、摩耗量 ΔG が少ないことから、耐摩耗性に優れる。

- (4) Fig.4, Fig.5 の結果から、加熱・冷却回数 N が增大するに連れて、無電解複合めっきの摩耗量 ΔG が大きくなることから、加熱・冷却の繰り返し作用は、耐摩耗性を低下させる効果がある。

以上の結果より、無電解複合めっきは摩耗量 ΔG が小さいことから、表面硬化法として十分な役割を果たし、耐摩耗性に優れることが明らかとなった。また、無電解複合めっき (Ni-P-SiC) 層と比較して、無電解複合めっき (Ni-P-PTFE) 層は、大きな差はなく、ほぼ同値を示し、耐摩耗性に優れることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 大木,他:JSME 関東支部山梨講演会論文集,(2010),194
- 2) 冨澤,他:JSME 東北支部第 48 回講演会論文集,(2012),121