

NaCl 溶液中腐蚀学因素对化学镀 Ni-P 合金腐蚀磨损行为的影响^①

赵国鹏 于欣伟

(鞍山钢铁学院化学工程研究中心, 鞍山 114002)

曹卫文 吴荫顺 顾正秋 朱日彰

(北京科技大学冶金部腐蚀-磨损与表面技术开放研究实验室, 北京 100083)

摘 要 在自行研制的腐蚀磨损试验机上, 研究了腐蚀学因素对化学镀 Ni-P 合金腐蚀磨损行为的影响。结果表明, 当 NaCl 浓度为 3.5% 时, 化学镀 Ni-P 合金的腐蚀磨损速率、摩擦系数和腐蚀磨损协同作用率具有峰值特性。NaCl 浓度升高将引起 Ni-P 合金的自腐蚀电位负移, 温度升高将引起 Ni-P 合金的腐蚀磨损速率增大, 协同作用率上升。化学镀 Ni-P 合金可以作为 G105 钢在 NaCl 溶液中抵抗腐蚀磨损的表面改性材料。

关键词 氯化钠 化学镀 Ni-P 合金 腐蚀磨损 协同作用

由于化学镀 Ni-P 合金具有较好的耐蚀性和较高的硬度, 目前在许多领域中作为耐蚀和耐磨镀层已得到了较广泛的应用。但在很多实际工况下, 腐蚀和磨损过程并存^[1-2]。化学镀 Ni-P 合金是否具有有良好的耐腐蚀磨损性能是一个具有理论和实际意义的课题, 目前有关研究很少^[3]。本文选择普遍存在的 NaCl 溶液作为腐蚀介质, 研究了腐蚀学因素对化学镀 Ni-P 合金腐蚀磨损行为的影响规律, 分析了不同条件下协同作用率及各种损失的相对大小。

1 材料与实验方法

实验中, 在 G105 钢上用化学镀镀覆 Ni-P 合金层。镀层含 P 量为 8%~10%, 镀层厚度约 50 μm , 表面硬度为 Hv_{0.1}550, 镀层为非晶态结构。以 G105 钢作为对比试验材料。图 1 为化学镀 Ni-P 合金的表面形貌。

实验在自制的腐蚀磨损试验机上完成^[4]。

摩擦副运动方式为销-环式, 销材料为 Si₃N₄ 陶瓷球 (d 6 mm), 环材料为研究材料 (d 30 mm)。用实验中试样的失重(用十万分之一天平称量)表征腐蚀磨损失重, 并换算为腐蚀磨损速率 (W_{cor} , g/m²·h)。自腐蚀电位 (E_{K}) 由恒电位仪及 x - y 函数记录仪测量和记录。摩擦系数则由动态电阻应变仪以及光线示波器标定及测量。

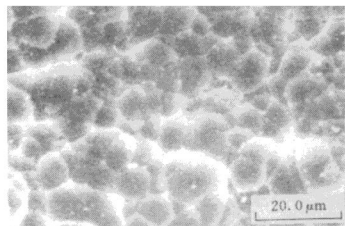


图 1 化学镀 Ni-P 合金表面形貌

^① 冶金部教育司及冶金部腐蚀-磨损与表面技术开放研究实验室资助项目
收稿日期: 1995-01-09; 修回日期: 1995-04-15

2 结果与讨论

2.1 NaCl 浓度的影响

2.1.1 NaCl 浓度对腐蚀磨损速率的影响

图2为NaCl浓度对Ni-P合金及G105钢腐蚀磨损速率的影响。结果表明:随着NaCl浓度的增大,Ni-P合金和G105钢的腐蚀磨损速率都呈先上升而后下降的规律,Ni-P合金的峰值浓度为3.5%,G105钢的峰值浓度为5.0%。Ni-P合金镀层的腐蚀磨损速率比G105钢低4~6倍。进一步的研究表明^[5],导致峰值浓度产生的原因为溶液中氧浓度的变化。

2.1.2 NaCl 浓度对摩擦系数的影响

图3为NaCl浓度对Ni-P合金镀层及G105钢摩擦系数的影响。可以看出:Ni-P合金摩擦系数最低点对应的NaCl浓度为3.5%,G105钢对应的浓度为5.0%。能谱分析结果表明,这是由于在此浓度下腐蚀速率较快,生成的反应产物膜较多,该反应产物膜在摩擦过程中将起到一定的固体润滑作用,导致出现较小的摩擦系数。

2.1.3 NaCl 浓度对自腐蚀电位的影响

图4为NaCl浓度对化学镀Ni-P合金在静态和腐蚀磨损状态下自腐蚀电位的影响。可以看出:随着NaCl浓度的增加,化学镀Ni-P合金的自腐蚀电位在两种条件下均呈负移,但机械作用的影响更为显著。

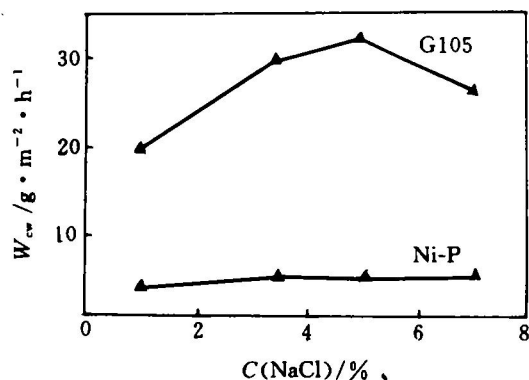


图2 NaCl 浓度对腐蚀磨损速度的影响
(5.05 N, 60 r/min)

2.1.4 NaCl 浓度对腐蚀磨损协同作用的影响

本文以协同作用率(S)来描述腐蚀磨损协同作用的大小。协同作用率的定义式为:

$$S = 1 + \Delta W_{cw} / (W_{c.o} + W_{w.o})$$

式中 ΔW_{cw} 为腐蚀磨损协同作用导致材料损失速率($g/m^2 \cdot h$); $W_{c.o}$ 为纯腐蚀导致材料损失速率($g/m^2 \cdot h$); $W_{w.o}$ 为纯磨损导致材料损失速率($g/m^2 \cdot h$)。 $S > 1$, 称为正协同作用; $S < 1$, 称为负协同作用; $S = 1$, 称为无协同作用。 S 偏离1越大, 协同作用也越明显。

图5为NaCl浓度对化学镀Ni-P合金协同作用率的影响。由图可见, 腐蚀磨损对Ni-P合金的协同作用率在NaCl浓度为3.5%处最大, 这与腐蚀磨损速率和NaCl浓度的变化规律一致, 反映出协同作用损失起了很大作用。

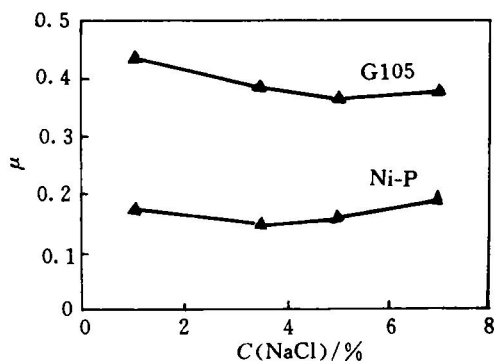


图3 NaCl 浓度对摩擦系数的影响
(5.05 N; 60 r/min)

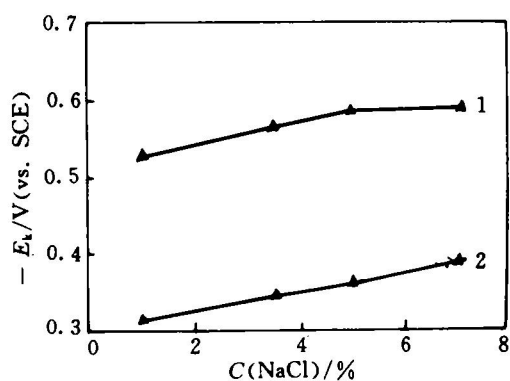


图4 NaCl 浓度对自腐蚀电位的影响
1—腐蚀磨损; 2—纯腐蚀

图6为NaCl浓度在1.0%和3.5%时,化学镀Ni-P合金各种损失速率的相对大小,可见,NaCl浓度升高,纯腐蚀速率变化不大,纯磨损速率下降,协同作用损失速率上升。纯磨损和协同作用损失是化学镀Ni-P合金腐蚀磨损的主要破坏形式。

2.2 温度的影响

图7为温度对化学镀Ni-P合金和G105

钢在5.0%NaCl溶液中腐蚀磨损速率的影响。结果表明:随温度升高,两种材料的腐蚀磨损速率都剧烈增大,但化学镀Ni-P合金的腐蚀磨损速率比G105钢小很多。

图8为温度对化学镀Ni-P合金和G105钢在5.0%NaCl溶液中腐蚀磨损协同作用率的影响。结果表明:随温度升高,两种材料的协同作用率均显著提高;在307K以后,Ni-P合金的协同作用率高于G105钢。图9为两种材料在293K和333K下的5.0%NaCl溶液中各种损失速率的相对大小。可见:随温度升高两者的纯腐蚀损失比例上升,纯磨损损失比例下降,协同作用损失比例显著上升,化学镀Ni-P合金的上升尤为明显。进一步研究表明,这是由于在较高温度下Ni-P合金镀层易于发生“氯脆”所致。

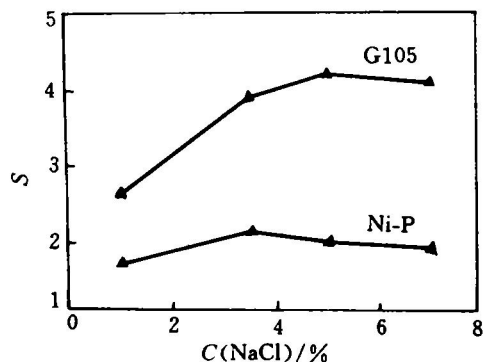


图5 NaCl浓度对协同作用率的影响
(5.05 N; 60 r/min)

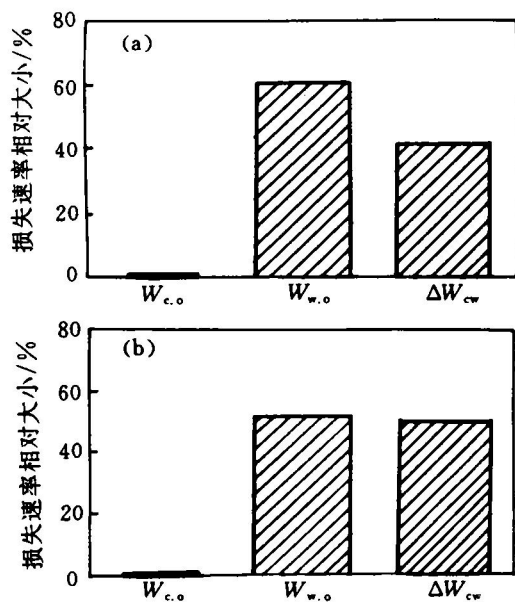


图6 不同浓度NaCl溶液中各种损失速率的相对大小
(5.05 N; 60 r/min)

(a)—NaCl浓度1.0%; (b)—NaCl浓度3.5%

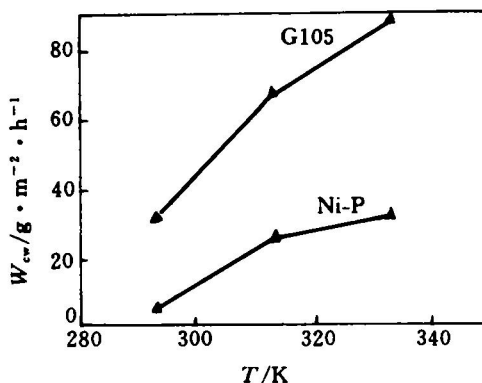


图7 温度对腐蚀磨损速率的影响
(5.05 N; 60 r/min)

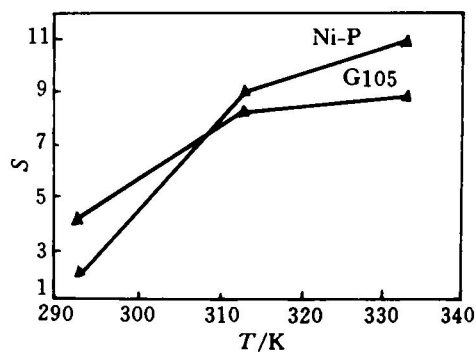


图8 温度对协同作用率的影响
(5.05 N; 60 r/min)

3 结论

(1) 腐蚀磨损条件下、NaCl 浓度为 3.5%

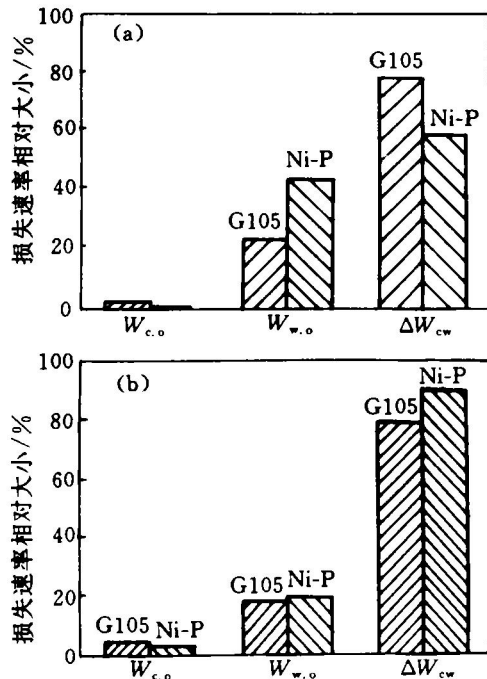


图9 不同温度下各种损失速率的相对大小

5.05 N; 60 r/min; (a) — 293 K; (b) — 333 K

时, 化学镀 Ni-P 合金的腐蚀磨损速率最大, 摩擦系数最低, 腐蚀磨损协同作用率最大。

(2) 随 NaCl 浓度增大, 化学镀 Ni-P 合金的自腐蚀电位负移, 力学因素引起的自腐蚀电位负移显著。

(3) 随温度上升, Ni-P 合金的腐蚀磨损速率明显增大, 协同作用率也明显上升。

(4) 在 NaCl 溶液中, 化学镀 Ni-P 合金的耐腐蚀磨损性明显高于 G105 钢, 可以作为 G105 钢抵抗腐蚀磨损的表面改性材料。

参考文献

- 1 Eyre T S. Tribology, 1976, (9): 203.
- 2 Moore M A. Fundamentals of Friction and Wear of Materials. A S M, 1980: 73.
- 3 姜晓霞等. 见: 中国腐蚀与防护学会等编, 全国第二届化学镀会议论文集. 泰安: 1994: 1.
- 4 赵国鹏等. 见: 中国腐蚀与防护学会成立十五周年暨 94 学术年会文集. 北京: 中国腐蚀与防护学会, 1994: 309.
- 5 Zhao Guopeng *et al.* In: Chinese Society for Corrosion and Protection (ed), Proceedings of the 95' Beijing ICSSE. Beijing: 1995: 209.

EFFECT OF CORROSION FACTORS ON THE CORROSIVE WEAR BEHAVIOURS OF ELECTROLESS Ni-P COATING IN NaCl SOLUTION

Zhao Guopeng, Yu Xinwei

Chemical Engineering Research Center,

Anshan Institute of Iron and Steel Technology, Anshan 114002

Cao Weiwen, Wu Yinshun, Gu Zhengqiu, Zhu Rizhang

Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083

ABSTRACT The effect of corrosion factors on the corrosive wear behaviours of electroless Ni-P coating in NaCl solution was studied using a device made by authors. The results showed that electroless Ni-P coating had better property of anti-corrosive wear than G105 steel, and the main loss forms were the pure mechanical wear and the synergy between corrosion and wear.

Key words electroless plating Ni-P coating corrosive wear synergy NaCl solution

(编辑 李 军)