

For citation: Huang Wei, Burial Lygdenov. Effect of chemical plating time on the morphology and hardness of Ni-P chemical coating on 2A12 aluminum alloy surface // Grand Altai Research & Education — Issue 1 (24)'2025 (DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2025.01) — EDN: <https://elibrary.ru/GLEIMS>

UDK 542.46

EFFECT OF CHEMICAL PLATING TIME ON THE MORPHOLOGY AND HARDNESS OF Ni-P CHEMICAL COATING ON 2A12 ALUMINUM ALLOY SURFACE*

Huang Wei¹, Burial Lygdenov^{1,2}

1 Hubei Digital Textile Equipment Key Laboratory, Wuhan Textile University, Wuhan, 430073, China

2 Zhejiang Xinchang Sanxiong Bearing Co., Ltd, Zhejiang Xinchang, 312500, China

E-mail: 3078541688@qq.com

Abstract. This paper takes 2A12 aluminum alloy as the research object, analyzes the influence of chemical plating time on the surface morphology and hardness of Ni-P coating on the surface of the substrate, observes the surface morphology of the substrate through the OLYMPUS DSX510 metallurgical microscope; Measures the hardness of the surface of the substrate with the HV-1000 microhardness tester, and the results show that, with the increase of the chemical plating time, the surface of the substrate with the Ni-P plating is more dense and the grain cells are bigger, while the surface hardness of the substrate is bigger, but with the increase of time, the surface is more rough. crystal cells are bigger, and at the same time the hardness of the substrate surface is bigger, but with the increase of time, the substrate surface is rougher.

Keywords: Ni-P plating; 2A12 aluminum alloy; time; hardness

化学镀时间对 2A12 铝合金表面 Ni-P 化学镀层形貌和硬度的影响**

黄威¹, 雷格德诺夫 布利亚尔^{1,2}

1 武汉纺织大学, 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 机械工程与自动化学院, 武汉 430073

2 浙江新昌三雄轴承有限公司, 浙江新昌, 312500

E-mail: 3078541688@qq.com

摘要: 本文以 2A12 铝合金作为研究对象, 分析化学镀时间对基体表面 Ni-P 镀层表面形貌以及硬度的影响, 通过 OLYMPUS DSX510 金相显微镜观察基体表面形貌; 用 HV-1000 显微硬度计测量基体表面硬度, 结果表明, 随着化学镀时间的增加, 基体表面的 Ni-P 镀层更加致密, 晶胞更大, 同时基体表面的硬度更大, 但随着时间的增加, 基体表面更加粗糙。

关键词: 化学镀 Ni-P; 2A12 铝合金; 时间; 硬度

0 引言

2A12 作为一种硬铝合金其组成成分为 Al-Cu-Mg, 具有较好的冲压性能和焊接性能, 主要用于制作各种高负荷的零件和构件, 如飞机上的骨架零件等 [1]. 自然条件下, 2A12 铝合金表面极易发生氧化, 同时其耐磨性较差 [2], 采用化学镀的方法在其表面制备 Ni-P 复合涂层 [3], 可以明显提高铝合金的耐磨性能, 很

* This paper was supported by the Chinese Research Foundation: 51175385; 2012AAA07-02; 2014BHE010.

** 本文得到湖北省国际科技合作计划, 国家重点研发计划, 引智基地计划资助 // (2023EHA027, 111HTE2022002, SQ2023YFB4600241).

好地改善其摩擦性能, 延长使用寿命, 具有极为重要的学术价值和现实意义. 高辉 [4] 等采用电沉积方法在 2A12 铝合金表面制备了具有润滑减摩作用的 Ni-Co-MoS₂ 复合镀层, 该镀层表面均匀, 致密程度较高, Nagma J [5] 在 Al-7075 合金上制备具有多种属性的 Ni-P-MoS₂-Al₂O₃ 复合镀层.

本文主要研究了化学镀时间对 Ni-P 镀层硬度及脆性的影响. 采用化学沉积法在 2A12 铝合金表面, 通过改变化学镀时间, 分别得到镀 0.5h 和 1h 的 Ni-P 镀层. 采用 OLYMPUS DSX510 金相显微镜, HV-1000 显微硬度计以及洛氏硬度计分析对比其余条件相同情况下, 化学镀时间的改变对 Ni-P 镀层表面形貌及性能的影响.

1 实验方法及材料

1.1 基体材料

本研究采用 2A12 铝合金作为基体材料, 使用 EDX 技术来测量铝合金中各元素的含量 [6], 结果如表一所示. 使用 DK7740 线切割机, 将基体切成直径为 30mm, 厚度为 10mm 的圆柱形. 同时在材料顶端钻直径约 1mm 的微小圆孔.

表1 2A12 铝合金成分表

Table 1. 2A12 Aluminum alloy composition table

元素	Fe	Si	Mn	Ni	Cu	Ti	Zn	Mg	Al
含量	≤0.50	≤0.50	0.3-0.9	≤0.10	3.80-4.90	≤0.15	≤0.3	1.20-1.80	Bal.

1.2 预处理

首先, 对基体表面表面杂质进行处理, 依次使用 160#, 320#, 600#, 1000# 和 2000# 的砂纸对基体进行打磨, 去除表面氧化层, 然后使用 W2.5 和 W0.5 粒度的金刚石喷雾抛光剂对基体表面进行抛光处理, 使其表面形成镜面效果, 并用纯水和酒精洗去表面杂质进行后续处理. 先将基体浸没在 60°C 恒温碱性溶液中进行 15min 的碱洗, 进一步去除表面杂质, 结束后用热水, 冷水交替洗去表面残留, 再在 20%HCL 中活化 1min, 同样热水, 冷水交替洗去表面残留, 接着将活化后的铝合金样品被浸入由 NaOH 400g/L, ZnO 80g/L, 酒石酸钾钠 8g/l, FeCl₃ 1g/L 制成的溶液中持续 40s, 进行第一次浸锌, 使用 50%HNO₃ 溶液对铝合金表面进行退锌处理, 去除覆盖在铝合金表面的锌层, 退锌过后, 将铝合金样品浸入锌溶液中, 进行二次浸锌. 用热水, 冷水交替洗去表面残留后浸如化学镀液中.

1.3 化学镀Ni-P镀液成分

化学镀 Ni-P 的镀液组成和工艺参数如表2 所示. 选择硫酸镍作为主盐, 次亚磷酸钠作为还原剂, 乳酸和柠檬酸共同作为络合剂, 乙酸钠作为缓冲剂, 硫脲作为稳定剂, 氢氧化氨作为 PH 调节剂. PH 保证在 4.4-5.2 之间, 镀液放置于 90°C 恒温水浴锅, 分别镀 0.5h (记作试样1) 和 1h (记作试样2).

2 测试结果与分析

2.1 化学镀时间对表面形貌的影响

通过 OLYMPUS DSX510 金相显微镜观察试样 1, 2 表面形貌 (标尺: 50 μ m), 如图1, 2 所示.

镀 0.5h 的镀层表面为大小类似的颗粒, 基体表面比较光滑, 而反应 1h 后, 更多的镍, 磷沉积并且聚集一起, 形成较大的颗粒, 分布在基体表面, 使得基体表面更加粗糙. 与 1h 相比, 反应时间为 0.5h 的基体表面形貌更密集更均匀.

表2 Ni-P 镀液工艺参数

Table 2. Ni-P plating solution process parameters

工艺参数	含量
硫酸镍	25g/L
次亚磷酸钠	29.2g/L
乳酸	25g/L
柠檬酸	5g/L
硫脲	1mg/L
乙酸钠	15g/L
pH值	4.4
温度	87 \pm 2 $^{\circ}$ C
时间	0.5h, 1h

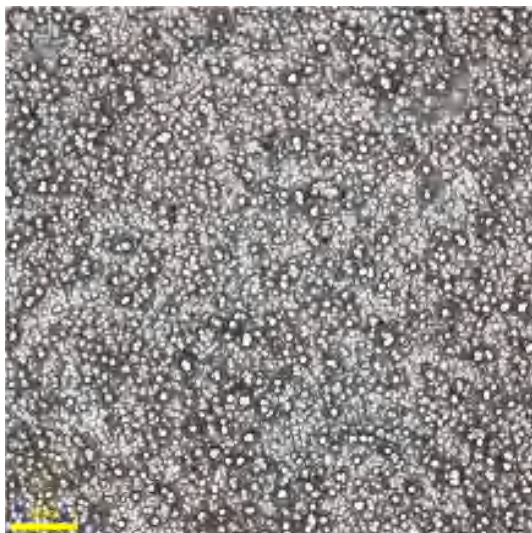


图1 Ni-P 镀层表面形貌 (0.5h)

Fig.1. Surface morphology of Ni-P coating (0.5h)

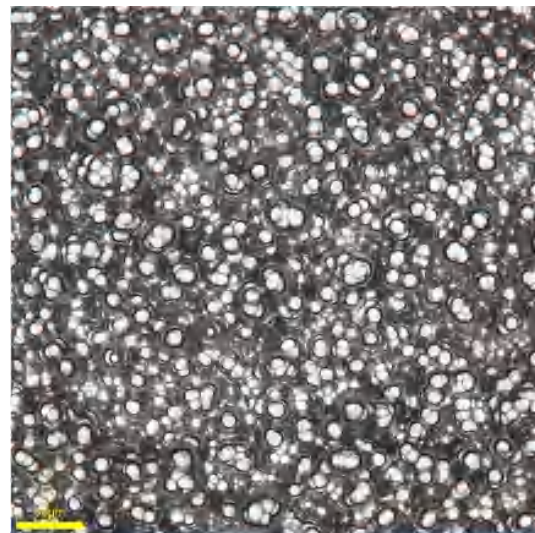


图2 Ni-P 镀层表面形貌 (1h)

Fig. 2. Surface morphology of Ni-P coating(1h)

2.2 化学镀时间对表面硬度的影响

通过 HV-1000 显微硬度计在试样 1, 2 表面正反各测五次硬度, 如图3, 4 所示, 去掉每组最高值和最低值, 取平均值. 得到试样 1 的平均硬度为 483HV, 试样 2 的平均硬度为 693HV.

镀 1h 的镀层相对镀 0.5h 的镀层因沉积时间更久, 镀层中磷元素更多, 镀层更厚; 并且镀层 1h 表面形貌所展示的晶粒之间较大空隙, 可通过更多沉积的镍磷元素填充而减小, 这样可以阻碍位错运动来提高流变应力, 从而导致硬度相对提高.



图3 Ni-P 镀层表面硬度 (0.5h)

Fig.3. Surface hardness of Ni-P coating (0.5h)

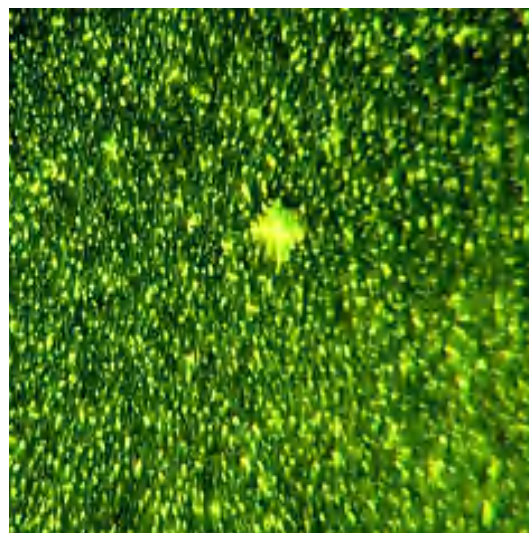


图4 Ni-P 镀层表面硬度 (1h)

Fig. 4. Surface hardness of Ni-P coating (1h)

3 结束语

本文以 2A12 铝合金作为研究对象, 分析化学镀时间对基体表面 Ni-P 镀层表面形貌以及硬度的影响, 通过 OLYMPUS DSX510 金相显微镜观察基体表面形貌; 用 HV-1000 显微硬度计测量基体表面硬度, 结果表明, 随着化学镀时间的增加, 基体表面的 Ni-P 镀层更加致密, 晶胞更大, 同时基体表面的硬度更大, 但随着时间的增加, 基体表面更加粗糙.

参考文献

- [1] 牛勇, 成少峰, 张宗元, 等. 2A12 高强铝合金变断面挤压工艺仿真研究 [J]. 重型机械, 2024, (01):38-44. DOI: 10.13551/j.cnki.zxjxqk.2024.01.005.
- [2] 王素琴. 转杯纺纱机纺杯表面处理新工艺 [J]. 棉纺织技术, 1993, (10):61-62.
- [3] 江文燕. 亚磷酸体系电镀镍磷合金研究 [D]. 南昌航空大学, 2022.
- [4] 高辉, 刘伟杰. 2A12 铝合金电沉积 Ni-Co-MoS₂ 复合镀层的耐磨性能研究 [J]. 电镀与精饰, 2020, 42(10):1-5.
- [5] Shalini M., Naghma J., Kumar A.D., et al. Electroless Ni-P-MoS₂-Al₂O₃ Composite Coating with Hard and Self-Lubricating Properties [J]. Materials, 2022, 15(19):6806-6806.
- [6] Mei S., Zhou C., Hu Z., et al. Preparation of a Ni-P-nanoPTFE Composite Coating on the Surface of GCr15 Steel for Spinning Rings via a Defoamer and Transition Layer and Its Wear and Corrosion Resistance [J]. Materials, 2023, 16(12): 4427.
- [7] 祝惠一, 毛建辉, 尹凌鹏. 7075 铝合金化学镀对镍磷合金镀膜组织和性能的影响 [J]. 中国冶金, 2022, 32(01):58-63. DOI:10.13228.
- [8] 张娟, 连忠平, 袁景追, 等. 二次浸锌预处理对钛合金化学镀镍沉积行为和镀层结合力的影响 [J]. 电镀与涂饰, 2022, 41(19):1382-1388. DOI: 10.19289/j.1004-227x.2022.19.008.
- [9] Xiao Zhi, Yang Jinyu, Hu Zekui, et al. Effect of PH value on properties of electroless Ni-P-Al₂O₃ composite coating on GCr15 surface [J]. Grand Altai Research & Education, 2022 (2 (18)): 72-76.
- [10] 胡泽旭, 杨晋宇, 等. 化学镀时间对 GCR15 表面化学镀 Ni-B 镀层硬度及脆性的影响 — URL: <https://elibrary.ru/wwwocd> [J]. Grand Altai Research & Education, 2023(2(20)): 114-119.

References

- [1] NIU Yong, CHENG Shaofeng, ZHANG Zongyuan, et al. Simulation study on the extrusion process of 2A12 high-strength aluminum alloy with variable cross-section [J]. *Heavy Machinery*, 2024, (01):38-44. DOI: 10.13551/j.cnki.zxjxqk.2024.01.005.
- [2] Wang Suqin. New process of surface treatment of spinning cup in rotor spinning machine [J]. *Cotton Textile Technology*, 1993, (10):61-62.
- [3] Jiang Wenyan. Research on electroplating nickel-phosphorus alloy with phosphite system [D]. Nanchang University of Aeronautics and Astronautics, 2022.
- [4] Gao Hui. Study on the wear resistance of electrodeposited Ni-Co-MoS₂ composite coating on 2A12 aluminum alloy [J]. *Electroplating and Finishing*, 2020, 42(10):1-5.
- [5] Shalini M., Naghma J., Kumar A.D., et al. Electroless Ni-P-MoS₂-Al₂O₃ Composite Coating with Hard and Self-Lubricating Properties [J]. *Materials*, 2022, 15(19):6806-6806.
- [6] Mei S., Zhou C., Hu Z., et al. Preparation of a Ni-P-nanoPTFE Composite Coating on the Surface of GCr15 Steel for Spinning Rings via a Defoamer and Transition Layer and Its Wear and Corrosion Resistance [J]. *Materials*, 2023, 16(12): 4427.
- [7] Zhu Huiyi, Mao Jianhui, Yin Lingpeng. Influence of chemical plating of 7075 aluminum alloy on the organisation and properties of nickel-phosphorus alloy coating [J]. *China Metallurgy*, 2022, 32(01):58-63. DOI:10.13228.
- [8] ZHANG Juan, LIAN Zhongping, et al. Influence of secondary zinc dip pretreatment on deposition behaviour and plating bonding of titanium alloy electroless nickel plating [J]. *Plating and Finishing*, 2022, 41(19):1382-1388. DOI: 10.19289/j.1004-227x.2022.19.008.
- [9] Xiao Zhi, Yang Jinyu, Hu Zekui, et al. Effect of PH value on properties of electroless Ni-P-Al₂O₃ composite coating on GCr15 surface [J]. *Grand Altai Research & Education*, 2022 (2 (18)): 72-76.
- [10] Hu Zekui, Yang Jinyu, et al. Effect of chemical plating time on the hardness and brittleness of chemically plated Ni-B layer on GCR15 surface — URL: <https://elibrary.ru/wwwocd> [J]. *Grand Altai Research & Education*, 2023(2(20)): 114-119.