

doi: 10.11933/j.issn.1007-9289.2015.01.010

# 主盐及还原剂对 AZ31 镁合金化学镀镍-磷合金的影响

姚 妍<sup>1</sup>, 张学义<sup>1</sup>, 邹松华<sup>1</sup>, 王 娟<sup>1</sup>, 秦铁男<sup>2</sup>

(1. 天津航天长征火箭制造有限公司, 天津 300462; 2. 中交天津港湾工程研究院有限公司, 天津 300222)

**摘 要:** 以硫酸镍为主盐, 次亚磷酸钠为还原剂的镀液体系在 AZ31 镁合金基体表面化学沉积镍-磷镀层, 并通过扫描电子显微镜(SEM)、能谱分析(EDS)、金相分析和极化曲线等分析手段探讨了化学镀液中主盐和还原剂的摩尔浓度比( $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$ )对镁合金表面 Ni-P 镀层的形貌、成分、沉积速度和耐蚀性能的影响。结果表明: $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  对 Ni-P 镀层形貌的影响较小, 但与膜层中的镍、磷元素的含量呈明显的线性关系; 当  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  在 0.4~0.6 之间时, 镀层沉积速度最快; $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  为 0.3 和 0.4 时, 所得镀层的耐蚀性能较好。综上, 在仅考虑主盐和还原剂对镀层性能影响的前提下,  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}=0.4$  时所得镀层的综合性能最好。

**关键词:** 镁合金; 化学镀; Ni-P; 沉积速度; 还原剂

中图分类号: TG174.44

文献标志码: A

文章编号: 1007-9289(2015)01-0062-07

## Influence of Main Salt and Reducing Agent to Nickel-phosphorus Alloy on AZ31 Magnesium Alloy

YAO Yan<sup>1</sup>, ZHANG Xue-yi<sup>1</sup>, ZOU Song-hua<sup>1</sup>, WANG Juan<sup>1</sup>, QIN Tie-nan<sup>2</sup>

(1. Tianjin Long March Launch Vehicle Manufacture Co., Ltd., Tianjin 300462; 2. CCCC Tianjin Port Engineering Institute Co., Ltd., Tianjin 300222)

**Abstract:** Electroless plating nickel-phosphorus alloy coating was conducted on the magnesium alloy, using plating solution system with nickel sulfate as the main salt and sodium phosphate as the reducing agent. The influences of the main salt and reducing agent molar concentration ratio on the morphology, composition, deposition rate and corrosion resistance of nickel-phosphorus coatings were discussed by SEM, EDS, metallographic analysis and polarization curves. The results show that the coatings retain the same morphology at different molar concentration ratios. However, the phosphorus content linearly decreases with increasing main salt and reducing agent molar concentration. The deposition rate is the fastest while the main salt and reducing agent molar concentration ratio is in the range of 0.4-0.6. The coating has good corrosion resistance while the molar concentration is 0.3 or 0.4. From the above, the coatings, electroless-plated with the main salt and reducing agent molar concentration ratio of 0.4, have the best comprehensive performance, in only considering the effects of main salt and reducing agent on coating performance

**Keywords:** magnesium alloy; electroless plating; Ni-P; deposition rate; reducing agent

## 0 引 言

镁合金由于具有很高的比强度、比刚度、比弹性模量, 良好的冲击性, 可焊接性和尺寸稳定性等优点, 在航空航天、汽车工业和电子通讯等

领域中已得到了广泛应用<sup>[1-2]</sup>。但是镁的标准电极电位为-2.37 V, 且在绝大多数介质中的耐蚀性能很差。化学镀 Ni-P 作为目前较为广泛的表面处理方法之一, 可赋予镁合金基体良好的耐蚀

收稿日期: 2014-07-01; 修回日期: 2014-12-01

通讯作者: 姚妍(1986-), 女(汉), 工程师, 硕士; 研究方向: 表面处理技术; Tel: (010) 8803 3398; E-mail: yaoyan1123@126.com

网络出版日期: 2015-01-05 17:01; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3905.TG.20150115.1449.001.html>

引文格式: 姚妍, 张学义, 邹松华, 等. 主盐及还原剂对 AZ31 镁合金化学镀镍-磷合金的影响 [J]. 中国表面工程, 2015, 28(1): 62-68. Yao Y, Zhang X Y, Zou S H, et al. Influence of main salt and reducing agent to nickel-phosphorus alloy on AZ31 magnesium alloy [J]. China Surface Engineering, 2015, 28(1): 62-68.

和耐磨性能<sup>[3-4]</sup>。

由于镁合金的耐蚀性较差,在镁合金直接化学镀 Ni-P 的初始沉积过程中基体很容易被腐蚀,尤其是在含有  $\text{Cl}^-$  或  $\text{SO}_4^{2-}$  离子的镀液中,从而影响镀层与基体之间的结合力,甚至会导致漏镀。为了避免在镀液中使用含  $\text{Cl}^-$  或  $\text{SO}_4^{2-}$  根的主盐,研究人员曾使用碱式碳酸镍对 AZ31 镁合金进行中性化学镀 Ni-P<sup>[5-6]</sup>。虽然获得了质量良好的镀层,但碱式碳酸镍极难溶于水,仅能用氢氟酸溶解,操作极为困难,而且碱式碳酸镍含镍量低、相对成本较高。相比而言,硫酸镍的价格优势较为明显,且其水溶性较好。近年来,以硫酸镍作为主盐在镁合金表面进行直接化学镀 Ni-P 的研究也越来越多<sup>[7-9]</sup>。

通常情况下,随着化学镀液中镍离子浓度的增加,反应物浓度增大,氧化还原电位正移、反应自由能变化向负方向移动,沉积速度应该随之增加<sup>[9]</sup>。但是,由于镀液中络合剂对镍离子的络合作用,使得主盐浓度对沉积速度的影响不大。当主盐浓度较低时,镀液中可供还原的镍的络合物或游离态的镍离子浓度随着主盐浓度的增加而增加,因此镀层的沉积速度也随之增加;但当主盐浓度达到一定程度后,还原剂能够提供的具有还原性的氢原子对沉积过程有限制作用,此时镀层的沉积速度不再随着主盐浓度的增加而加快;相反,添加过量的主盐还会降低镀液的稳定性和镀层的质量。这是因为,化学镀镍反应的本质是氧化还原反应的耦合反应,整个反应的反应速度同时受到阳极反应和阴极反应两个反应过程的控制。因此,单纯地研究主盐浓度对沉积速度的影响意义不大,而研究  $\text{Ni}^{2+}$  与  $\text{H}_2\text{PO}_2^-$  的摩尔浓度比则更能客观反映出镀液主盐与还原剂的含量对沉积过程和镀层质量的影响。文中以固定浓度的硫酸镍作为主盐,改变还原剂次亚磷酸钠的浓度,从而获得了不同的  $\text{Ni}^{2+}/\text{H}_2\text{PO}_2^-$  摩尔浓度比 ( $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$ ),并研究了不同的  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  对镀层形貌、成分、沉积速度以及耐蚀性的影响。

## 1 材料与方 法

### 1.1 化学镀镍工艺流程及规范

化学镀镍的工艺流程为:打磨→丙酮超声波清洗→水洗→碱洗脱脂→水洗→酸洗→水洗→

活化→化学镀镍→水洗→烘干。具体工艺参数见表 1。采用  $12.6\ \mu\text{m}$ (800 目)和  $10.3\ \mu\text{m}$ (1 000 目)的 SiC 砂纸对试样的边角依次进行打磨,直至除去剪切中产生的毛刺和尖角。每个工序之间用蒸馏水冲洗 5~10 s,使表面无残留化学药品。

表 1 化学镀镍工艺流程及工艺参数

Table 1 Technological processes and parameters of the electroless Ni-P plating

Process	Parameters	Value
Alkaline wash	$C_{\text{Na}_2\text{HPO}_4}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	25
	$C_{\text{Na}_2\text{CO}_3}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	15
	$C_{\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	20
Acid pickling	Temperature/ $^{\circ}\text{C}$	50-70
	$C_{\text{H}_3\text{PO}_4}/(\text{mL}\cdot\text{L}^{-1})$	200-400
	$C_{\text{HNO}_3}/(\text{mL}\cdot\text{L}^{-1})$	40-80
Activation	$C_{\text{HF}}/(\text{mL}\cdot\text{L}^{-1})$	100
	Temperature/ $^{\circ}\text{C}$	25
	$C_{\text{HF}}/(\text{mL}\cdot\text{L}^{-1})$	300
Electroless plating Ni-P	Temperature/ $^{\circ}\text{C}$	25
	$C_{\text{NiSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	20
	$C_{\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7\cdot \text{H}_2\text{O}}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	5
	$C_{\text{NH}_4\text{HF}_2}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	10
	$C_{\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O}_4\text{Sn}}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	10
	$C_{\text{(NH}_2)_2\text{CS}}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	1
	$C_{\text{NaH}_2\text{PO}_2\cdot \text{H}_2\text{O}}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	8.9-26.82
$C_{\text{NiSO}_4}:C_{\text{NaH}_2\text{PO}_2}$	0.3, 0.4, 0.6, 0.9	
Time/min	60	
Temperature/ $^{\circ}\text{C}$	80	
pH	6.5-7	

### 1.2 试验材料

试验材料采用 AZ31 变形镁合金薄板(重庆铝制品加工厂),试样规格为  $30\ \text{mm}\times 30\ \text{mm}\times 0.5\ \text{mm}$ ,其主要成分见表 2。

主盐为固定浓度的硫酸镍,还原剂为亚磷酸钠,选择  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  分别为 0.3、0.4、0.6 和 0.9,研究在不同摩尔浓度比下镀层性能的变化。

表2 AZ31 镁合金的化学成分

Table 2 Chemical compositions of AZ31 magnesium alloy						
(w/%)						
Element	Al	Zn	Mn	Ca	Si	Mg
Content	2.5-3.5	0.7-1.3	≥0.2	≤0.04	≤0.03	Bal.

### 1.3 镀层性能测试

采用配有 EDS(型号为 Noran-Vantage)的 JSM-5610LV 型扫描电子显微镜(SEM)观察试样和镀层的表面微观形貌,并分析其化学成分。采用金相显微镜观察镀层的横截面形貌。采用 CHI660B 电化学综合测试仪以饱和甘汞电极作

参比电极,铂片作辅助电极,扫描速度为 1 mV/s,测试化学镀镍层在 3.5% NaCl 溶液中的阳极极化曲线,以评价镀层的耐腐蚀性能。

## 2 结果与讨论

### 2.1 对 Ni-P 合金表面形貌的影响

图 1 为  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_4^-}$  分别为 0.3、0.4、0.6 和 0.9 时所得镀层形貌。通过镀层表面形貌可以看出,在不同  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_4^-}$  下所得镀层均较为完整、致密,且随着  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_4^-}$  的增加,镀层表面瘤状物的数量先增加后减少,但瘤状物的尺寸相差不大。

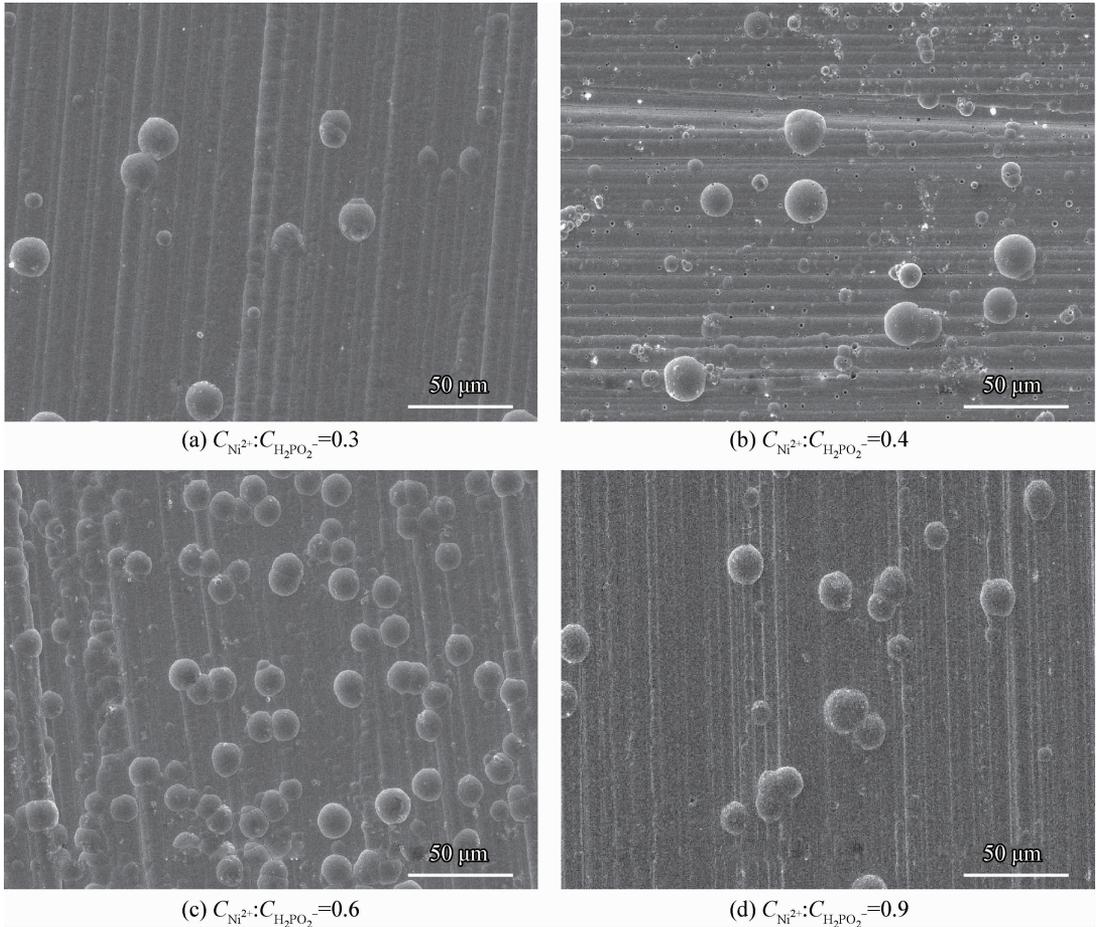
图1  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_4^-}$  对 Ni-P 镀层表面形貌的影响

Fig. 1 Effects of the different molar concentration ratios of  $Ni^{2+}$  to  $H_2PO_4^-$  on surface morphology of electroless Ni-P coatings

### 2.2 对 Ni-P 镀层成分的影响

图 2 为不同  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_4^-}$  时所得镀层的 EDS 能谱图。对镀层表面进行 EDS 成分分析可知,镀

层表面仅含有 Ni 元素和 P 元素,当  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_4^-}$  分别为 0.3、0.4、0.6 和 0.9 时,镀层中磷的质量分数分别为 12.05%、10.52%、6.84% 和 3.55%,随着  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_4^-}$  的增大而降低。

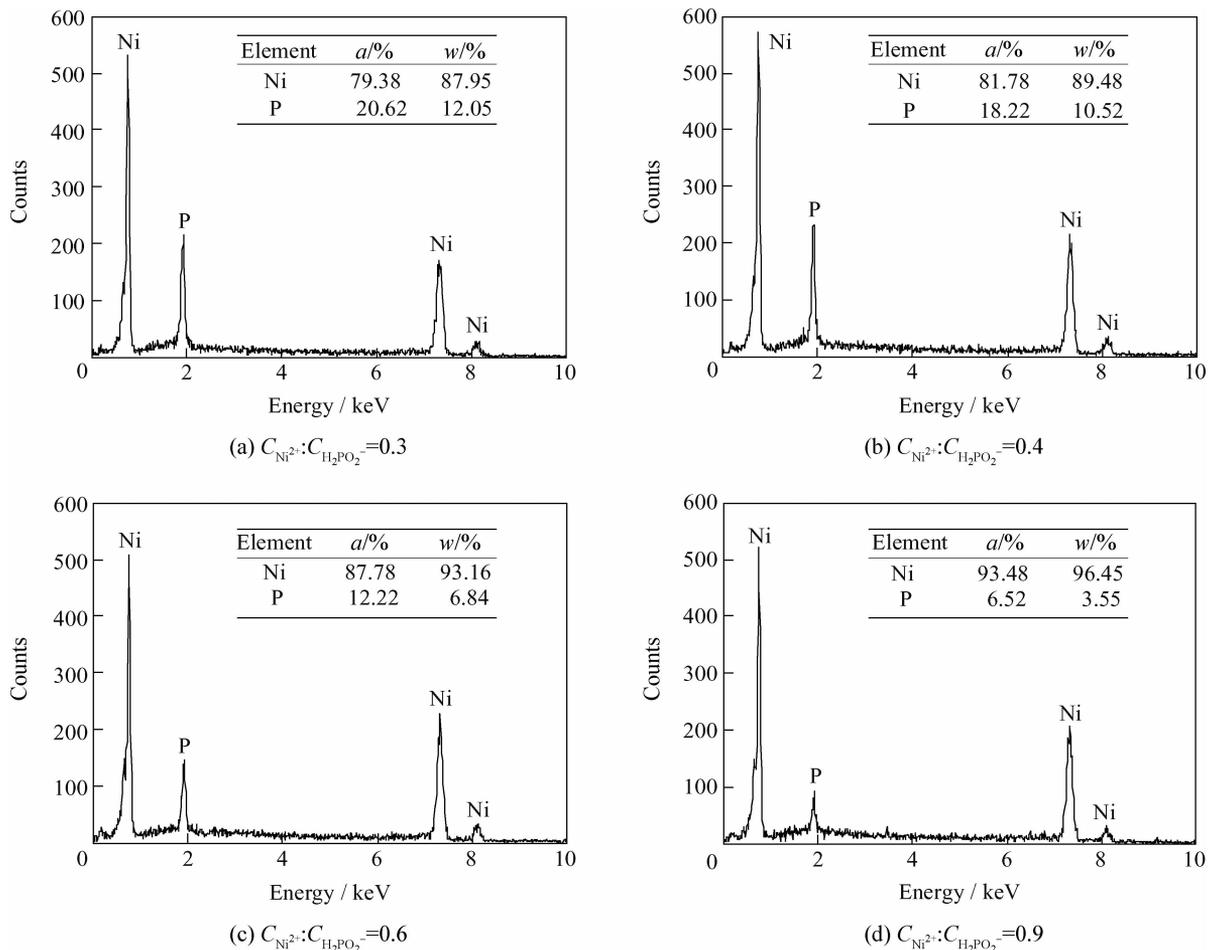


图 2  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  对 Ni-P 镀层成分的影响

Fig. 2 Effects of the different molar concentration ratios of  $Ni^{2+}$  to  $H_2PO_2^-$  on chemical composition of electroless Ni-P coatings

图 3 为  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  与镀层表面镍、磷元素含量(质量分数)的关系。由图可见,镀层表面磷含量与  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  呈明显的线性关系,即  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  越高,镀层表面磷含量越低。式(1)为试验中导出的关于镀层中磷元素沉积速度的经验动力学公式<sup>[10]</sup>。

$$\frac{dP}{dt} = K[H_2PO_2^-]^{1.91}[H^+]^{0.25} \quad (1)$$

其中,  $\frac{dP}{dt}$  为磷的沉积速率,  $[H_2PO_2^-]$  为  $H_2PO_2^-$  的浓度,  $[H^+]$  为  $H^+$  的浓度,  $K$  为直线斜率。

由公式(1)可知,镀层中的磷含量与镀液中  $H_2PO_2^-$  浓度呈反比。而当镍离子浓度相对不变时,  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  越大,则镀液中的  $H_2PO_2^-$  浓度也越小,因此镀层表面磷含量随  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  的增加

而直线下降。

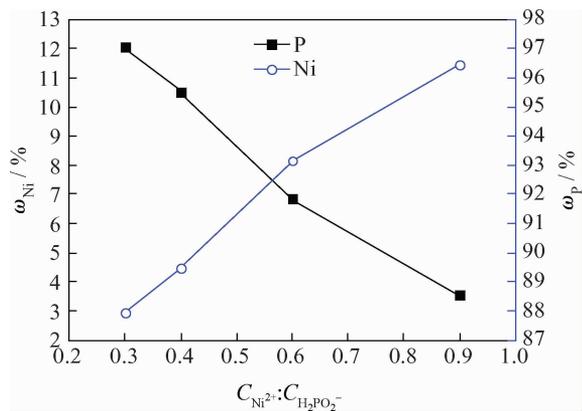


图 3  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  与 Ni-P 镀层表面元素含量的关系  
Fig. 3 Relationships between the different molar concentration ratios of  $Ni^{2+}$  to  $H_2PO_2^-$  and element content on the surface of electroless Ni-P coatings

### 2.3 对化学镀 Ni-P 镀速的影响

图4为镀层横截面的金相形貌,可以明显看出,不同  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  所得镀层的厚度均较为均匀,覆盖程度较为完整,且不同的  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  时所获得镀层的厚度存在明显的变化。使用尺寸测量

软件,对镀层的厚度进行多次测量后计算出对应的平均厚度分别为 16.4、18.8、19.4 和 14.3  $\mu\text{m}$ 。通过厚度值可以得到各  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  时的沉积速度,如图5所示。

由图可知,沉积速度并不是随着  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$

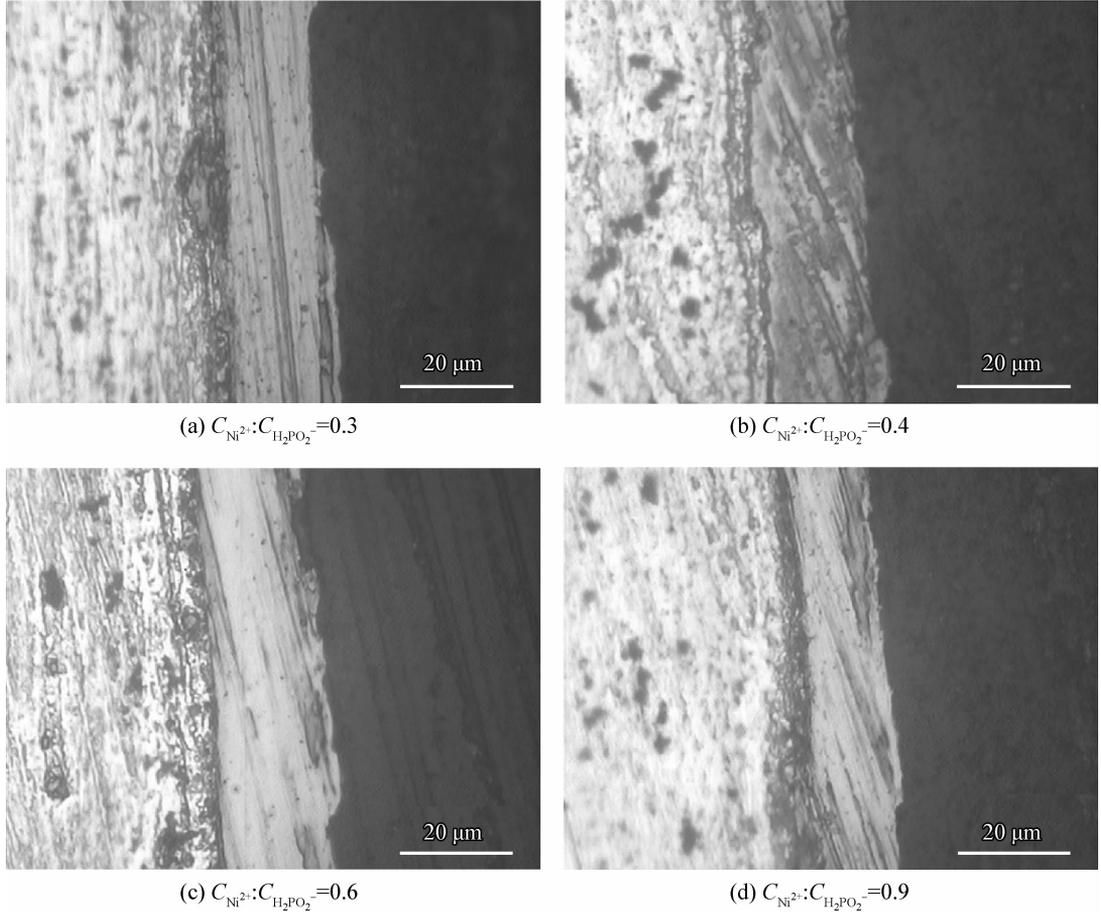


图4 不同  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  时制备的镀层的截面形貌

Fig. 4 Cross section morphologies of the electroless Ni-P coatings plated at different molar concentration ratios

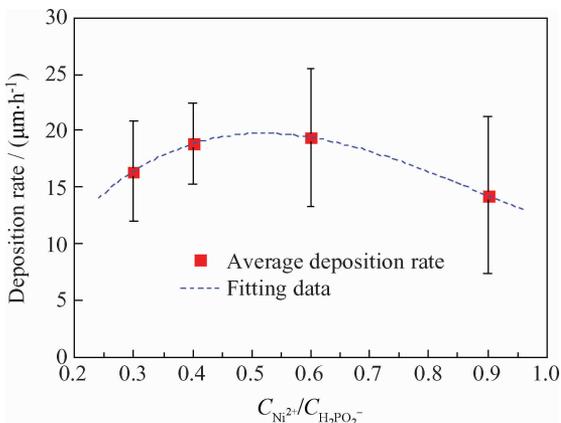


图5  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  与沉积速度的关系

Fig. 5 Relationships between the different molar concentration ratios of  $Ni^{2+}$  to  $H_2PO_2^-$  and depositing rate

的增加而增加,而是呈先增加后减小的趋势。因为镀液中  $Ni^{2+}$  的浓度是确定的,  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  的增加也就意味着  $H_2PO_2^-$  浓度的减小,所以可以看出,沉积速度并不是单纯地随着  $H_2PO_2^-$  浓度的减小而减小的,而是受  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  的影响更大。当  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-}$  在 0.4~0.6 之间时,  $Ni^{2+}$  浓度与  $H_2PO_2^-$  浓度达到最佳配比,沉积速度最大,主盐与还原剂的利用率也最高;当  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-} < 0.3$  时,  $Ni^{2+}$  浓度过低,此时沉积速度下降,镀层部分区域出现漏镀现象;反之,当  $C_{Ni^{2+}}/C_{H_2PO_2^-} > 0.6$  时,  $H_2PO_2^-$  浓度相对较小,沉积速度严重下降,镀层磷含量也随之降低。这是因为化学镀镍反

应的本质是阴、阳极耦合的电化学反应,阴、阳极过程的反应速率都可能成为限制整个电化学反应速度的制约条件,即无论是  $\text{Ni}^{2+}$  浓度过低,还是  $\text{H}_2\text{PO}_2^-$  浓度过低,化学镀镍反应的沉积速度都会下降,因此,只有当  $\text{Ni}^{2+}$  和  $\text{H}_2\text{PO}_2^-$  的摩尔浓度达到最佳配比时,沉积速度才会达到最大。

### 2.4 对镀层耐蚀性能的影响

图 6 为不同  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  时所得镀层在质量分数为 3.5% NaCl 溶液中的极化曲线。由图可知, $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  为 0.3 和 0.4 时所得镀层的极化曲线具有两个明显的钝化区间,而  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  为 0.6 和 0.9 时所得镀层的极化曲线则仅具有一个钝化平台,且该钝化平台与  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  为 0.3 和 0.4 时所得镀层的极化曲线所具有的第一个钝化平台是相同的,只是钝化区间的宽度不同,都是因 Ni-P 镀层自身的自钝化特性而形成的自钝化平台。由于除磷含量外,各镀层无其他明显不同,因此可初步推断,图中极化曲线反应出的不同的钝化区间可能是由于镀层表面磷含量的不同所导致的,即较高的磷含量能够使得镀层具有二次钝化的能力,显著提高镀层的耐蚀能力。

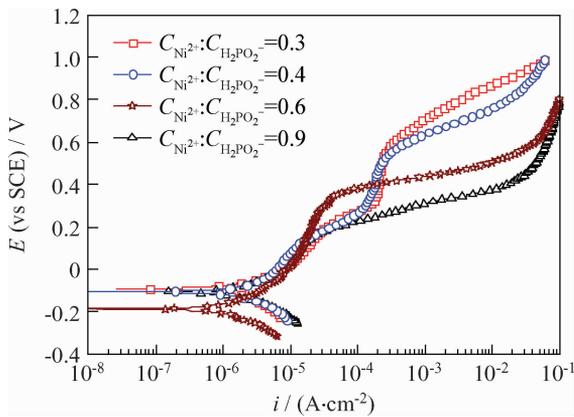


图 6  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  对镀层在 3.5% NaCl 溶液中的阳极极化曲线的影响

Fig. 6 Effects of the different molar concentration ratios of  $\text{Ni}^{2+}$  to  $\text{H}_2\text{PO}_2^-$  on polarization curves of electroless Ni-P coatings in 3.5% NaCl solution

表 3 为图 6 中各极化曲线反应出的电化学参数。由表可知, $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  对镀层的腐蚀电位影响不大,且没有体现出一定的规律性,进而也表明了镀层表面的磷含量的高低对其在质量分数为 3.5% NaCl 溶液中的自腐蚀电位 ( $E_{\text{corr}}$ ) 也没有明显的影响。表中腐蚀电流 ( $I_{\text{corr}}$ ) 与极化电阻

( $R_t$ ) 成反比,而极化电阻随着  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  的增加先增大后减小,与图 5 中的镀层厚度具有相同的变化规律,可以推断出极化电阻是随着镀层厚度的增加而增大的。

这说明了镀层厚度是影响镀层耐蚀性的主要因素之一,因此选择适当的  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  不仅能够获得较快的沉积速度,还可以获得耐蚀性较好的镀层。不同  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  所得镀层的极化曲线中钝化区间的击穿电位 ( $E_{\text{break}}$ ) 大小顺序为:  $E_{0.3} > E_{0.4} > E_{0.6} > E_{0.9}$ , 其中比值为 0.3 和 0.4 的击穿电位明显高于比值为 0.6 和 0.9 的,说明了具有二次钝化能力的高磷镀层具有更好的耐蚀性。综合评定不同  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  时的沉积速度以及所得镀层的腐蚀电位、腐蚀电流和击穿电位等电化学参数, $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  为 0.4 时制备的 Ni-P 镀层具有最好的综合性能。

表 3 由图 6 中的极化曲线所反馈的电化学参数  
Table 3 Electrochemical parameters abstracted from the polarization curves in Fig. 6 ( $\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$ )

$C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$	$E_{\text{corr}}/$ V	$I_{\text{corr}}/$ ( $\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$ )	$R_t/$ $\Omega$	$E_{\text{break}}/$ V
0.3	-0.092	-5.583	-15 007	0.6
0.4	-0.107	-5.602	-16 728	0.57
0.6	-0.187	-5.613	-17 172	0.37
0.9	-0.108	-5.514	-13 773	0.2

### 3 结 论

(1) 主盐和还原剂的摩尔浓度比对镀层的表面形貌影响不大,不同浓度制备的镀层均较为完整、致密。

(2) 镀层中的磷含量与  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  呈明显的线性关系,即  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  越高,镀层表面磷含量越低。沉积速度随着  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  的增加呈先增加后减小的趋势。

(3)  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  为 0.3 或 0.4 时制备的镀层具有较好的耐蚀性能。综合评定不同  $C_{\text{Ni}^{2+}}/C_{\text{H}_2\text{PO}_2^-}$  时的沉积速度以及所得镀层的电化学参数,摩尔浓度比为 0.4 时制备的镀层具有最好的综合性能。

### 参考文献

[1] 张津,章宗和. 镁合金及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社

- 社, 2004.
- Zhang J, Zhang Z H. Magnesium alloy and its application [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004 (in Chinese).
- [2] 马冰, 吴向清, 谢发勤. ZM5 镁合金无铬前处理化学镀镍层的性能 [J]. 中国表面工程, 2012, 25(1): 33-38.
- Ma B, Wu X Q, Xie F Q. Properties of coating on ZM5 magnesium alloy prepared by chromium free electroless nickel plating [J]. China Surface Engineering, 2012, 25(1): 33-38 (in Chinese).
- [3] Baskaran I, Sankara Narayanan T S N, et al. Effect of accelerators and stabilizers on the formation and characteristics of electroless Ni-P deposits [J]. Materials Chemistry and Physics, 2006, 99(1): 117-126.
- [4] Stremsdoerfer G, Omidvar H, Roux P, et al. Deposition of thin films of Ni-P and Ni-B-P by dynamic chemical plating [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2008, 466(1/2): 391-397.
- [5] 秦铁男, 马立群, 贺忠臣, 等. AZ31 镁合金轧态薄板化学镀 Ni-P 合金的工艺研究 [J]. 表面技术, 2009, 38(5): 71-73.
- Qin T N, Ma L Q, He Z CH, et al. Investigation of electroless Ni-P alloy plating process on rolling sheet of AZ31 magnesium alloys [J]. Surface Technology, 2009, 38(5): 71-73 (in Chinese).
- [6] Mao Guobing, Sun Yufeng, Zhang Guangsheng, et al. Effects of pH value on electroless Ni plating on AM60B magnesium alloy [J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2010, 39(11): 11-16.
- [7] 刘海萍, 夏文超, 毕四富, 等. 镁合金直接化学镀镍工艺及镀层性能 [J]. 电镀与涂饰, 2011, 30(2): 15-18.
- Liu H P, Xia W C, Bi S F, et al. Direct electroless nickel plating on magnesium alloys and deposit properties [J]. Electropolishing & Finishing, 2011, 30(2): 15-18 (in Chinese).
- [8] 毛泽旭, 李鹏飞, 郭锋. AZ91D 镁合金直接化学镀镍工艺 [J]. 材料保护, 2010, 43(5): 58-60.
- Mao Z X, Li P F, Guo F. Technology for direct electroless nickel plating on AZ91D magnesium alloy [J]. Journal of Materials Protection, 2010, 43(5): 58-60 (in Chinese).
- [9] Qin T N, Ma L Q, Yao Y, et al. An in situ measure method to study deposition mechanism of electroless Ni-P plating on AZ31 magnesium alloy [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2011, 21: 2790-7.
- [10] 姜晓霞, 沈伟. 化学镀理论与实践 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2000, 6.
- Jiang X X, Shen W. The fundamentals and practice of electroless plating [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2000, 6 (in Chinese).

(责任编辑: 常青)

• 学术动态 •

### 第 18 届全国涂料涂装及表面保护会议通知

全国涂料涂装及表面保护会议是中国腐蚀与防护学会涂料涂装及表面保护专业委员会主办的两年一届的系列会议。由中国腐蚀与防护学会涂料涂装与表面保护技术专业委员会主办, 广东智展展览有限公司协办的第 18 届会议将于 2015 年 5 月 9~13 日在广州市举办, 主题为: 材料腐蚀及表面防护技术的可持续发展。交流内容包括: 涂料涂装、电镀真空镀、表面前处理、防锈润滑等技术交流。学会将邀请材料腐蚀、涂料涂装和表面防护的院士、专家做主题报告, 介绍国内外表面处理技术的最新进展。

会议将出版论文集, 征文内容包括(不限于): ①海洋环境腐蚀和重防腐涂料; ②环保型涂料涂装及工艺装备; ③电镀化学镀和转化膜技术; ④防锈及润滑; ⑤涂装前处理; ⑥真空镀膜、气相沉积薄膜技术; ⑦涂层性能检测及其他。投稿邮箱: zhangfanwh@qq.com 请高校、科研院所和企业技术管理人员积极参加。

会议注册费(含资料费、会场费)1000 元/人, 学生 800 元/人。会议统一安排食宿, 费用自理。2015 年 5 月 9 日全天为会议报到注册时间。会议联系地址: 湖北省武汉市宝丰二路 126 号, 电话: 027-83640556。

(摘自中国腐蚀与防护学会网)