

镁合金表面聚丙烯酸酯 / 氧化锌涂层的制备及耐腐蚀性能研究

刘雅娟¹, 万迪庆²

(1. 华东交通大学信息与软件工程学院, 江西南昌 330013;

2. 华东交通大学材料科学与工程学院, 江西南昌 330013)

摘要: 在镁合金表面涂覆了一层聚丙烯酸酯/氧化锌涂层, 探究涂层中不同ZnO含量对镁合金耐腐蚀性能的影响。首先通过析氢试验和电化学试验测试镁合金涂层在3.5wt% NaCl溶液中的析氢速率、电化学阻抗和极化电位, 然后通过扫描电子显微镜 (SEM) 和能谱分析 (EDS) 表征镁合金涂层腐蚀前后的表面形貌、元素成分及分布。研究表明, 相比于AZ91D镁合金基体, 涂层对镁合金具有较好的保护作用。

关键词: AZ91D镁合金; 聚丙烯酸酯/氧化锌涂层; 耐腐蚀性能

作者简介:

刘雅娟 (1982-), 女, 工程师, 主要从事镁合金加工等方面的研究工作。E-mail: 362675496@qq.com

通信作者:

万迪庆, 男, 博士。E-mail: divadwan@163.com; divadwan@tom.com

中图分类号: TG146.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977 (2025) 06-0751-08

基金项目:

江西省重点研发计划项目 (2019BBEL50019)。

收稿日期:

2025-01-16 收到初稿,
2025-03-17 收到修订稿。

镁合金作为最轻的金属结构材料之一, 具有密度低、高比强度和高比刚度, 且拥有优异阻尼减振性能、电磁屏蔽性能以及生物相容性等优势, 广泛应用于航天航空、汽车工业、生物医学和新能源材料等领域。但由于镁合金活泼的化学性质和疏松多孔的保护膜, 使得镁合金表现出较差的耐腐蚀性, 这大大限制了其在高湿度和高盐度等恶劣环境下的应用。在酸性、碱性和盐水等环境中, 镁合金容易发生腐蚀, 导致其性能下降, 甚至失效。腐蚀过程会产生氢气, 可能引发金属结构的脆性断裂, 对安全造成威胁。因此改善镁合金耐腐蚀性具有重大的意义, 并受到了研究者的广泛关注。目前改善镁合金耐蚀性能的研究方向主要有两个: 一是提高镁合金本身的耐腐蚀性, 如改善变形工艺去除镁合金内有害杂质^[1-2], 或进行合金化向镁合金中固溶稀土元素^[3], 或进行热处理调整合金相和晶粒尺寸^[4]; 二是对镁合金表面进行改性处理, 如使用表面处理优化合金结构, 或制备保护膜和涂层防止腐蚀介质与镁基体接触^[5]。尽管通过合金化改性与热处理可提升基体耐蚀性, 但加工成本高且难以满足复杂工况长效防护需求。表面涂层技术虽能物理隔绝腐蚀介质, 但传统有机涂层存在两大技术缺陷: 其一, 单一树脂体系 (如环氧和聚氨酯) 的孔隙缺陷易引发介质渗透; 其二, 对纳米增强相的分散稳定性与含量阈值缺乏系统研究, 难以实现物化协同防护。

有机涂层处理是将有机物涂层涂覆在金属的表面作为保护层, 隔离基体与腐蚀环境的接触, 进而提高金属腐蚀性能。目前有机涂层的研究主要是通过改性剂或工艺对树脂进行改性处理。YAN WANG等通过添加ZSM-5沸石分子筛对环氧树脂涂层进行改性, 研究发现, 分子筛能够影响涂层孔隙率从而阻碍腐蚀介质的进入, 涂层的耐蚀性能大幅提高^[6]。Jothi等通过对阳极氧化AZ31镁合金表面涂覆聚氨酯涂层, 结果发现, 制备的聚氨酯涂层具有较好的附着力, 从而阻碍腐蚀的产生和涂层的剥落, 镁合金耐蚀性能提高^[7]。

聚丙烯酸酯涂层是一种常见的功能性涂层, 具有较好的耐高温、成膜性好和耐磨损等性能^[8-9]。Liu Wenyi等研究纳米ZnO/聚丙烯酸酯对复合材料力学性能的影响, 研究发现, 纳米ZnO颗粒能够有效提高弹性体的力学性能, 且当纳米ZnO含量为5wt%时, 具有最高的断裂伸长率、较高的拉伸强度和较低的杨氏模量^[10]。值得注意

的是, 该研究仅聚焦力学增强机制, 对涂层在电化学腐蚀环境中的界面行为与失效机理尚未揭示, 更未建立ZnO含量与腐蚀动力学的定量关系。

本文以AZ91D镁合金为基体, 研究在基体上涂覆不同浓度ZnO涂层时的AZ91D镁合金的耐腐蚀性能, 采用析氢腐蚀试验研究涂层的腐蚀性能, 扫描电子显微镜和EDS能谱观测其腐蚀前和腐蚀后的微观组织形貌、元素含量及分布, 采用电化学试验研究其自腐蚀电位和自腐蚀电流密度。通过对比不同浓度ZnO的AZ91D镁合金的析氢速率、自腐蚀电位和自腐蚀电流密度, 探

寻在AZ91D基体覆涂ZnO涂层的最佳浓度, 旨在为镁合金的防腐提供新的理论依据和材料选择。

1 试验方法

1.1 试验材料和化学试剂

本试验所用材料是AZ91D镁合金 (Mg-9wt% Al-1wt% Zn), 使用线切割机将镁合金切割成尺寸为10 mm × 10 mm × 5 mm的试样。试验将使用如表1所示的化学试剂。

表1 试验所用试剂
Tab. 1 Reagents used in the experiment

名称	纯度	厂家
无水乙醇	分析纯	西陇科学股份有限公司
4, 4-二氨基二苯砜 (dds)	分析纯	上海麦克林生化科技股份有限公司
y-缩水甘油醚氧丙基三甲氧基硅烷	97%	上海麦克林生化科技股份有限公司
聚丙烯酸酯乳液	分析纯	北京蒙泰伟业建设有限公司
氧化锌	分析纯	上海麦克林生化科技股份有限公司
氯化钠	分析纯	上海麦克林生化科技股份有限公司
去离子水	—	实验室用水

1.2 涂层溶液的制备与涂覆

按配方称量20 mL去离子水、2.5 g固化剂 (DDS)、30 g聚丙烯酸酯、2.5 gKH560硅烷偶联剂, 依次称量0.556 g、1.701 g、2.895 g的氧化锌粉末, 在转速为400 r/min的磁力搅拌器搅拌状态下先按配比依次加入水、固化剂和氧化锌, 充分搅拌30 min, 然后在搅拌状态下加入聚丙烯酸酯和硅烷偶联剂充分搅拌10 min, 搅拌均匀后即得所要制备浓度的涂层溶液。将AZ91镁合金浸没在配制好的聚丙烯酸酯/氧化锌涂层溶液中, 重复浸渍三次, 每次浸渍时间为2 min, 浸渍完毕将样品从溶液中取出, 之后在室温下自然固化24 h, 制得镁合金涂层试样, 涂层厚度为5 μm。试样中ZnO含量如表2所示。

表2 试样编号及ZnO含量
Tab. 2 Sample numbers and ZnO contents $w_B/\%$

试样编号	ZnO含量
1	1
2	3
3	5

1.3 析氢试验

将镁合金试样浸入3.5%的NaCl溶液中腐蚀, 使用漏斗倒置排水的方法收集腐蚀过程中产生的氢气, 并

且每隔1 h记录一次刻度读数。每组试样都进行三次独立的试验, 然后取这些试验数据平均值, 并进行曲线拟合, 以此来减少试验过程中可能出现的误差。

1.4 扫描电子显微镜 (SEM) 及能谱 (EDS) 检测

试验使用日本株式会社日立高新技术公司的扫描电子显微镜 (SU8010), 在SEM模式下观测试样的表面形貌, 并同时用EDS模式对试样微区的元素成分以及含量进行测定。

1.5 电化学试验

本试验使用上海辰华仪器有限公司的电化学分析仪 (CHI604E) 测定试样开路电压、极化曲线及电化学阻抗谱并计算极化点位和极化电流密度。并采用标准的三电极系统, 使用铂电极作为辅助电极, 饱和甘汞电极作为参比电极, 试样作为工作电极, 试验中所使用的电解液是3.5wt%的氯化钠溶液。测试前先使用细电线对试样进行侧边缠绕并用铝胶固定, 然后使用义齿基托树脂将试样镶嵌在树脂内, 仅使待测试面露出。将镶嵌好的试样浸入3.5wt%NaCl溶液中, 测量其在400 s内的开路电位, 待开路电位波动范围小于0.2 V稳定后, 再依次测量试样的电化学阻抗谱以及极化曲线。

2 试验结果分析

2.1 涂层制备分析

镁合金表面涂覆聚丙烯酸酯/氧化锌涂层干燥后如图1所示, 试样1表面较为光滑平整, 有较为均匀的细

小白色颗粒凸起; 试样2表面四周平整但有褶皱, 中间出现较大坑洞, 呈凹凸不平状; 试样3表面较为均匀, 整个面出现密密麻麻的细小坑洞。随着氧化锌含量的增加, 氧化锌颗粒在聚丙烯酸酯中分散的越多。

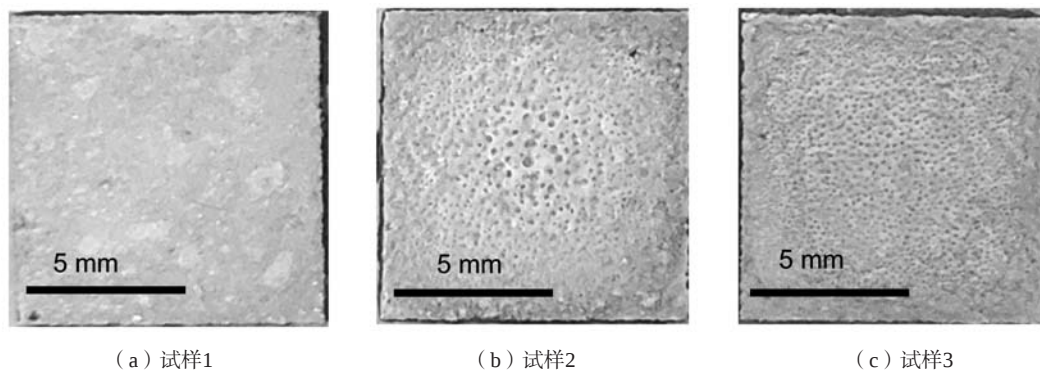


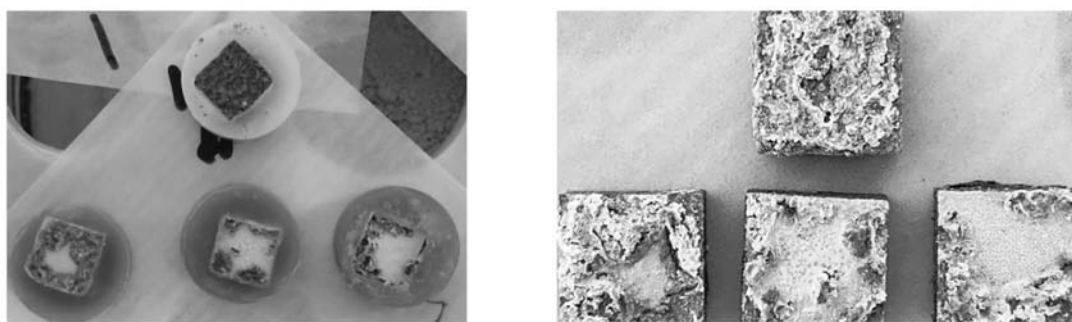
图1 镁合金表面涂覆聚丙烯酸酯/氧化锌涂层干燥后的表面形貌

Fig. 1 Surface morphologies of magnesium alloys coated with polyacrylate / zinc oxide coatings after drying

2.2 析氢腐蚀分析

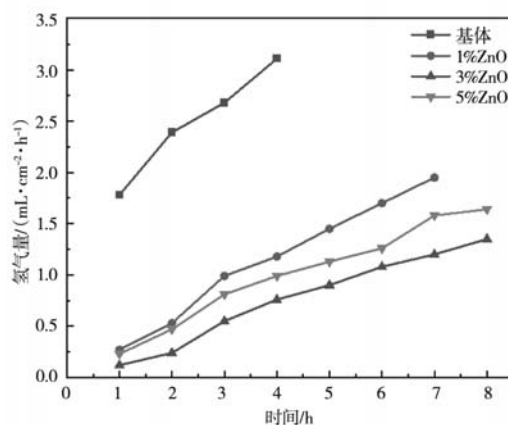
图2 (a) 为在3.5wt%NaCl溶液中腐蚀8 h后刚取出时的腐蚀形貌, 图2 (b) 为在3.5wt%NaCl溶液中腐蚀8 h后自然晾干后的腐蚀形貌。从基体腐蚀后的表面形貌可以看出, 镁合金基体耐腐蚀性能较差, AZ91D

镁合金基体试样在3.5wt%NaCl溶液中发生了极为严重的电化学腐蚀现象, 腐蚀使试样表面完全被杂乱的腐蚀产物覆盖, 形成了一个充满坑洞且极为不平整的表面, 腐蚀情况十分严重。试样1涂层尽管具有一定的保护作用, 但在试样表面仍旧形成了大面积的腐蚀坑



(a) 在3.5wt%NaCl溶液中腐蚀8 h后刚取出时的腐蚀形貌

(b) 在3.5wt%NaCl溶液中腐蚀8h后自然晾干后的腐蚀形貌



(c) 析氢速率

图2 析氢试验浸泡后表面形貌

Fig. 2 Surface morphology after hydrogen evolution test immersion

洞和腐蚀产物,只有中间小部分地方依旧还有涂层附着,涂层和腐蚀接壤处有不规则裂纹,涂层处理能减缓腐蚀的发生,从而增强其耐腐蚀性能。试样2表面有少数几处小面积腐蚀坑洞,且几乎没有腐蚀产物的堆积,涂层基本还附着在镁合金表面,涂层被破坏程度最轻,涂层的耐腐蚀性能最好。试样3表面的一些边沿区域涂层破坏严重,造成涂层下面镁合金基体的裸露,有少量腐蚀产物的堆积,主要区域则是充满大量的小型坑洞,局部点蚀严重。试样涂层的腐蚀总体呈现出从边沿向中心蔓延的现象,发生局部腐蚀的同时破坏涂层的附着力,并伴有不均匀点蚀的发生,在涂层表面形成点蚀坑。

由图2(c)试样的析出氢气的速率可得出,相较于AZ91D基体,涂层试样的析氢速率均有较为明显的降低,涂层能够较好地改善镁合金的耐腐蚀性能,有效降低AZ91D镁合金在NaCl溶液中的腐蚀程度。各试样的析氢速率均为先增长后趋于平缓,析氢速率在一定程度上呈现相同轨迹趋势,且随着ZnO浓度的增加,试样析氢率先降低后上升,其耐腐蚀性能先增强再减弱,在本试验中样品2即3wt%浓度的氧化锌/聚丙烯酸酯涂层耐腐蚀性能最好。

2.3 扫描电子显微镜(SEM)及能谱(EDS)分析

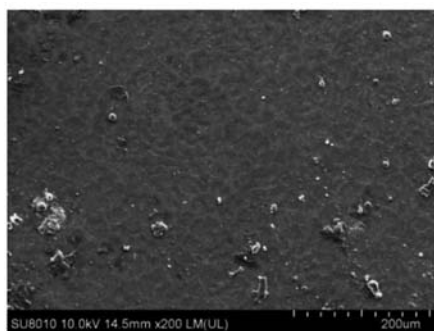
2.3.1 未经3.5%NaCl溶液腐蚀前试样表面形貌分析

由图3可知,AZ91D基体由于金属导电性好,材

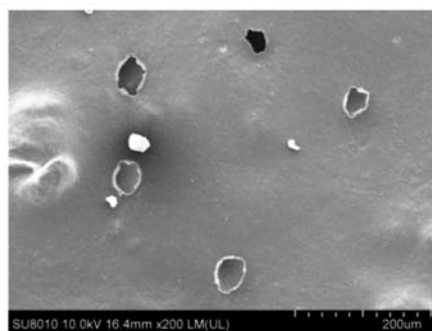
料内部组织清晰可见。试样1的涂层表面平整光滑度较好,小部分地方涂层碎裂,出现较浅的坑洞,并且能够看到少数分散均匀的白色颗粒点。试样2的涂层表面涂层包裹较好,白色颗粒的数量明显增多,颗粒开始聚集,极少部分ZnO颗粒聚集严重的地方出现缺陷,形成“洞穴”。合适大小的ZnO颗粒会使涂层附着更加致密,有效提升涂层耐蚀性能。试样3表面白色颗粒减少,表面粗糙度降低,附着力降低,涂层腐蚀性能降低,同时因应力问题引起的山丘状凸起加剧。

2.3.2 未经3.5wt% NaCl溶液腐蚀前试样EDS分析

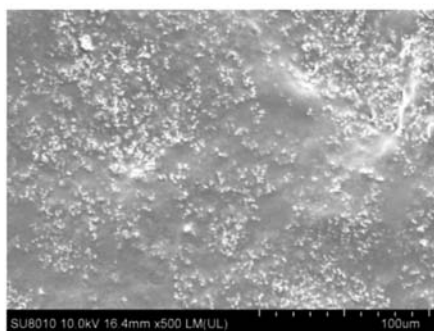
试样未经腐蚀的EDS元素成分及分布如图4所示,从图中可以看出,涂层中Mg、Al、Zn、C和O元素分布均匀,Mg和Al元素含量有着较为明显的减少,这是因为涂层涂覆在镁合金表面后,涂层将镁合金很好地保护起来,避免镁合金中各元素与腐蚀介质直接接触,对镁合金和外界腐蚀介质有很好的隔绝作用,从而使镁合金耐腐蚀性能提高。各元素分布都较为均匀,涂层覆盖后镁分布明显降低,涂层起到包裹保护作用。观察到少量“山丘状”凸起处锌元素含量聚集明显,为聚集的ZnO颗粒。涂层中Zn元素主要分布在涂层表面凸起处,可以确定涂层的凸起是ZnO颗粒聚集引起的,同时随着ZnO浓度的增加,涂层中锌元素聚集程度有着先升高后降低的现象,这可能是因为ZnO颗粒出现了团聚,一开始ZnO浓度较低,颗粒较小且较为分散,



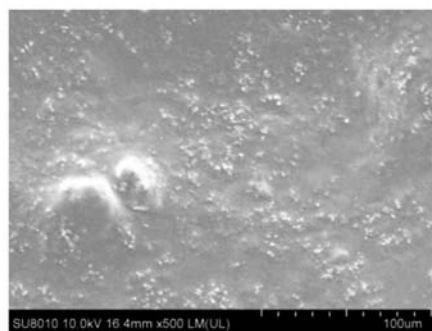
(a) 基体



(b) 试样1



(c) 试样2



(d) 试样3

图3 未经3.5wt%NaCl溶液腐蚀前试样表面形貌

Fig. 3 The surface morphologies of the samples before 3.5wt% NaCl solution corrosion

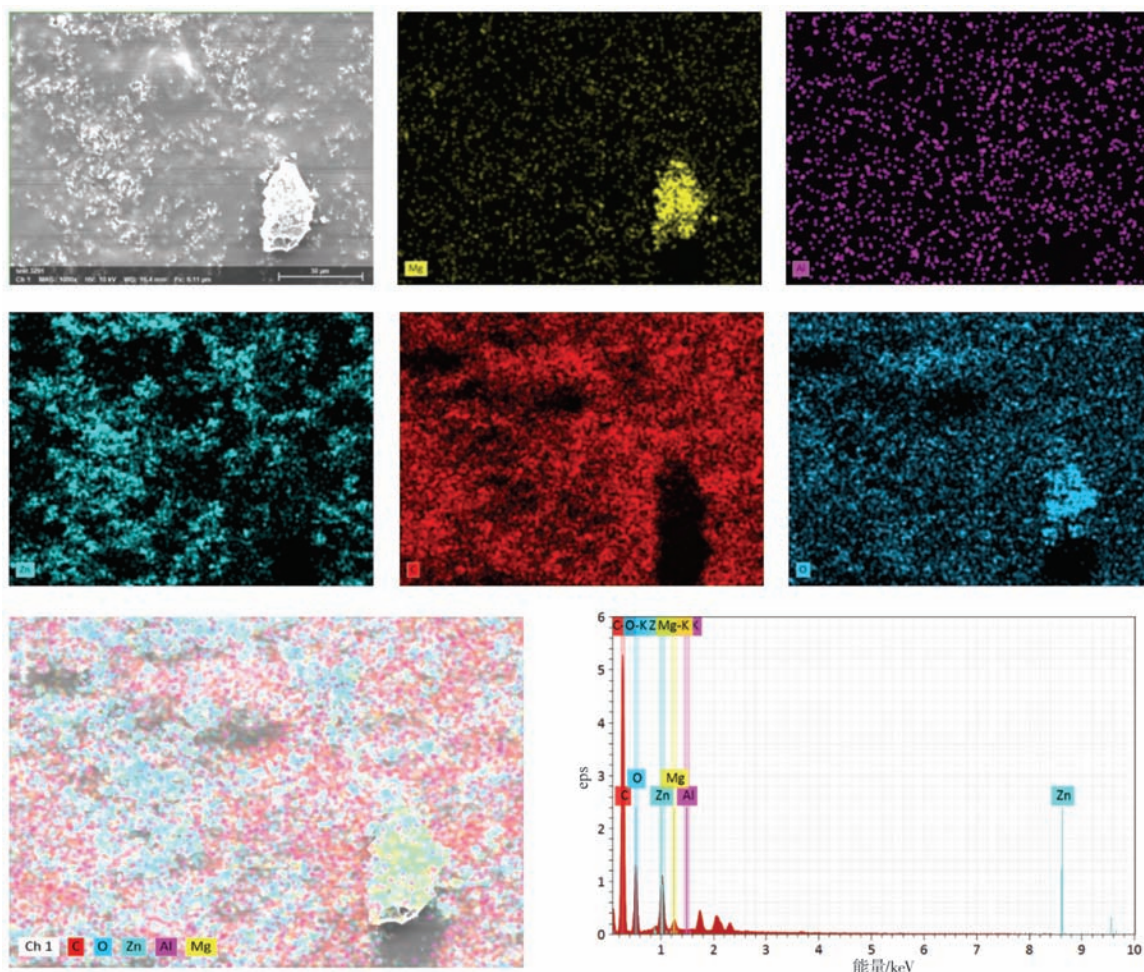


图4 试样2 EDS元素成分及分布

Fig. 4 EDS elemental composition and distributions of sample 2

能够较好地分散在涂层内，而后随着ZnO浓度的增加，ZnO颗粒开始团聚，导致聚丙烯酸酯涂层无法有效地包裹住过大ZnO颗粒。

从表3可以看出，涂层覆盖后Mg和Al元素原子含量明显降低，涂层中C和O元素原子含量没有太大变化，Zn元素原子含量随着ZnO浓度先升高后降低。

表3 涂层元素原子分数
Tab. 3 Atomic percentage of coating elements

试样	元素原子分数/%				
	Mg	Al	Zn	C	O
基体	89.99	9.09	0.92		
试样1	0.3	0.05	0.21	76.10	23.35
试样2	0.57	0.00	2.31	74.52	22.60
试样3	0.33	0.01	0.78	75.92	22.96

2.3.3 经3.5wt% NaCl溶液腐蚀后试样EDS分析

试样经3.5wt%NaCl溶液浸泡腐蚀后的EDS元素成分及分布如图5所示。从元素原子含量对比表4知，腐

蚀产物表面镁和氧元素的分布基本相同，可能是因为试样在3.5wt%NaCl溶液中腐蚀后生成了 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，后成为 MgO ，所以含量变化趋势相同。试样2表面腐蚀产物的锌元素含量最低，ZnO颗粒最少，抗腐蚀能力最好。

基体腐蚀产物中镁和氧元素分布基本相同，可以判定腐蚀产物是以MO结合的形式存在。锌元素含量增加，涂层几乎被完全破坏，涂层中的氧化锌颗粒析出后堆积在腐蚀产物中。锌含量减少，涂层破坏情况减弱，氧化锌颗粒析出减少。锌含量增多，涂层破坏情况加剧，氧化锌颗粒析出变多。试样经3.5wt%NaCl溶液浸泡腐蚀后，随着ZnO浓度的增加，腐蚀产物中Zn元素原子含量先减少后增加，表明涂层抗破坏能力先变好后变差，3wt%ZnO浓度的涂层耐腐蚀性能最好。

2.4 电化学试验

图6所示为试样的电化学极化曲线，表5为计算得到的相应的极化电位和极化电流密度。从图中可以看出，极化电位：试样2>试样1>试样3>基体，极化电流密度：基体>试样1>试样3>试样2，涂有涂层后涂层试

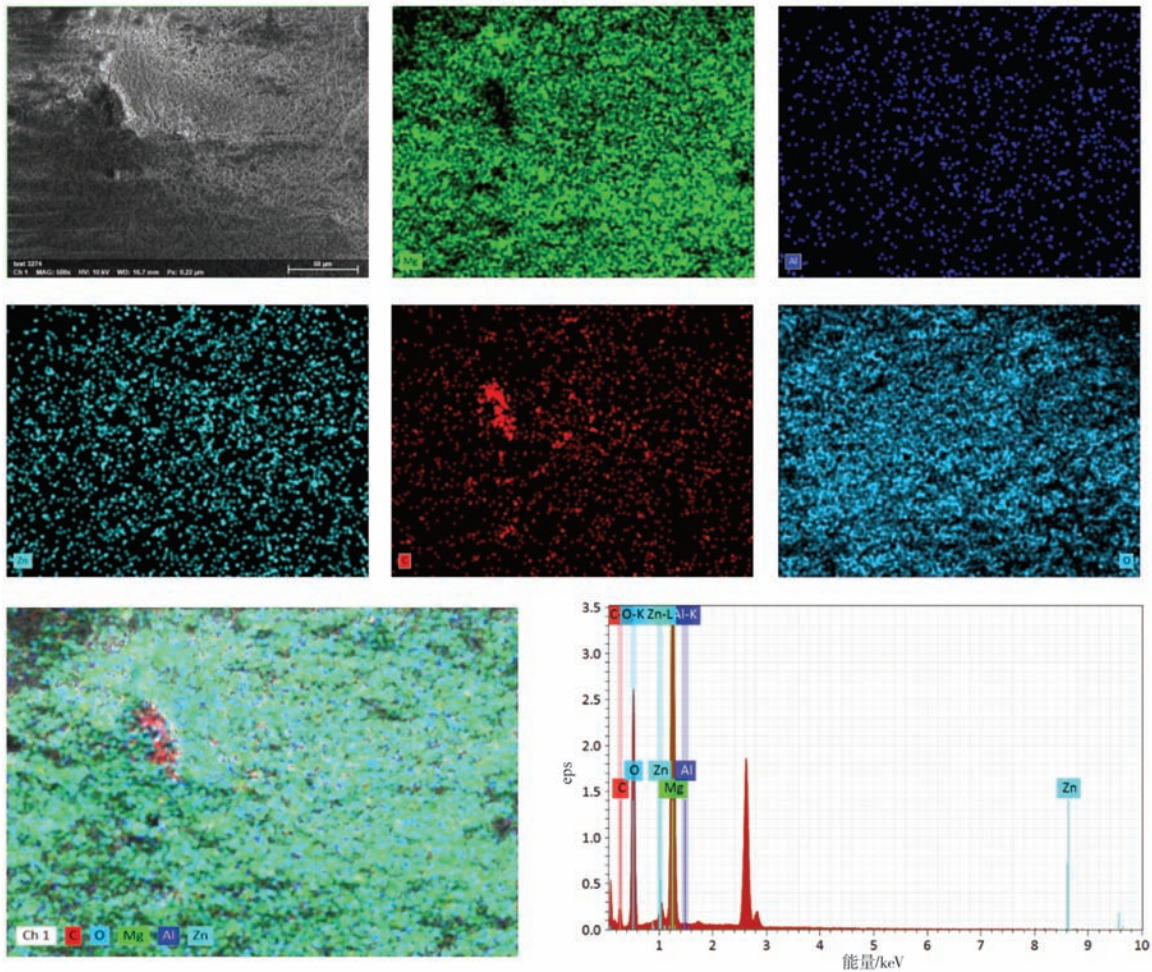


图5 试样3腐蚀后EDS元素含量及分布

Fig. 5 EDS elemental content and distributions of sample 3 after corrosion

表4 涂层元素原子分数
Tab. 4 Atomic percentage of coating elements

试样	元素原子分数/%				
	Mg	Al	Zn	C	O
基体	36.57	0.29	0.12		63.02
试样1	28.04	0.13	0.86	8.43	62.55
试样2	32.27	0.13	0.27	9.72	57.60
试样3	33.16	0.07	0.78	14.06	51.94

样的极化电位相比于基体有所降低,极化电流密度更是降低了1个数量级,涂层的耐腐蚀性能明显提高,且在3%ZnO浓度时,耐腐蚀性能最好。

图7所示是试样的电化学阻抗图(EIS),涂层试样的容抗弧在EIS图中呈现出不规则的半圆形状,且随着ZnO浓度的增加试样的容抗弧的半径先增大后减小。在ZnO浓度为3wt%时,涂层试样的容抗弧半径最大,电荷传递受到的阻力越大,电化学腐蚀产生的金属电子传导速率也越慢,此时涂层的耐腐蚀性能最好。

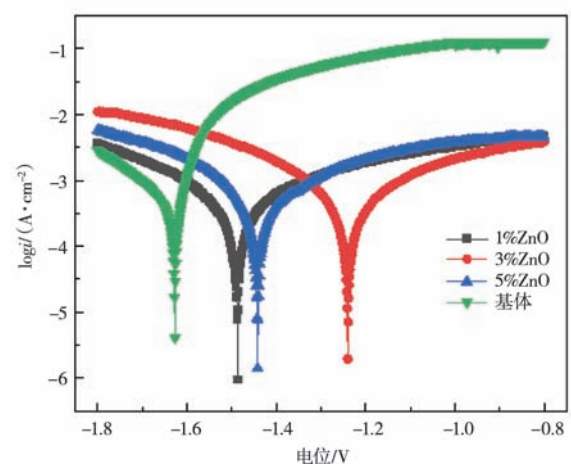


图6 极化曲线图

Fig. 6 Polarization curves diagram

镁合金耐腐蚀性低的原因主要有两个:一是镁金属的高负电位,镁的化学活泼性较高,而标准电极电势却较低,造成较高的电负性电势,即使在没有氧气的环境中,腐蚀也会持续发生,特别容易在潮湿环

表5 试样电化学参数
Tab. 5 Electrochemical parameters of the samples

试样	e_{cor}/V	$i_{\text{cor}}/(\text{A} \cdot \text{cm}^{-2})$
基体	-1.627	8.30×10^{-3}
试样1	-1.486	5.86×10^{-4}
试样2	-1.240	3.64×10^{-4}
试样3	-1.442	3.93×10^{-4}

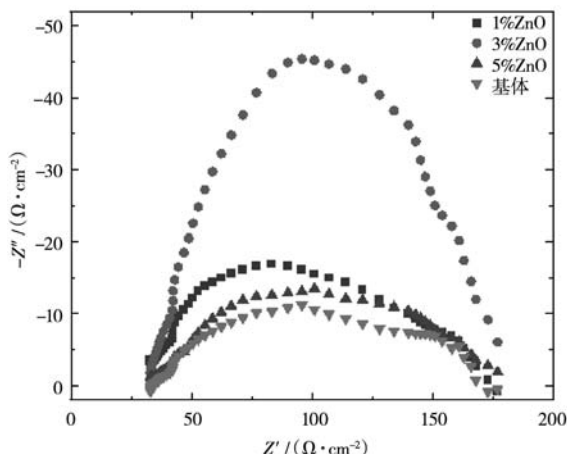


图7 试样的交流阻抗谱图
Fig. 7 AC impedance spectra of the samples

境发生腐蚀；二是镁的表面膜的保护性较差^[11]，在自然条件下镁容易与空气中的水、氧气和二氧化碳等发生化学反应形成的氢氧化镁、碳酸镁和碳酸氢镁等氧化物薄膜附着在镁合金的表面，这类氧化物薄膜通常稳定性较差且疏松多孔，不能有效隔绝腐蚀介质的进入，氧化膜的保护性较差。聚丙烯酸酯/氧化锌（PPY/ZnO）复合涂层通常通过电化学法或其他表面处理技术制备在镁合金表面，形成一层致密的保护层，能够有效地隔绝腐蚀介质（如水和氧气等）与镁基体的直接接触，从而减缓或阻止腐蚀过程的发生。涂层中的氧化锌（ZnO）可能作为一种牺牲性的阳极，这种电化学保护作用类似于镀锌层在钢铁上的防腐作用。聚丙烯酸酯（PPY）作为一种高分子材料，具有良好的化学稳定性和力学性能^[12-13]。它与氧化锌的结合可以进一步增强涂层的稳定性和耐久性，使其在长期的使用过程中不易脱落或破损。涂层中的聚丙烯酸酯和氧化锌可以共同作用于镁合金表面，形成一层具有缓蚀作用的

保护层。这层保护层可以减缓腐蚀介质的渗透速率，从而降低镁合金的腐蚀速率。ZnO涂层的耐腐蚀机制主要涉及其化学稳定性、物理阻隔作用以及可能的电化学保护作用。ZnO作为一种无机氧化物，具有优异的化学稳定性。在腐蚀环境中，ZnO能够抵抗酸和碱等腐蚀介质的侵蚀，保持其结构的完整性。ZnO涂层在金属表面形成后，其致密的微观结构能够起到物理阻隔的作用。这种化学稳定性使得ZnO涂层能够在金属表面形成一层致密的保护层，有效隔绝腐蚀介质与金属基体的直接接触，从而减缓或阻止腐蚀过程的发生。腐蚀介质在穿透ZnO涂层的过程中会遇到很大的阻力，从而难以到达金属基体表面，降低了腐蚀发生的可能性。当ZnO涂层局部受损或存在缺陷时，其电化学保护作用开始显现^[14-15]。制备出聚丙烯酸酯/纳米ZnO复合涂层不仅具有ZnO的化学稳定性和物理阻隔作用，还兼具聚丙烯酸酯的成膜性、柔韧性和耐候性等特点。通过调整复合涂层中ZnO与聚丙烯酸酯的比例和分布，可以进一步优化涂层的耐腐蚀性能。

3 结论

使用物理法制得涂层溶液并用浸渍的方法将涂层溶液涂覆在镁合金表面，通过对耐腐蚀性测试、扫描电子显微镜和能谱分析、电化学测试来研究不同浓度的氧化锌/聚丙烯酸酯涂层对镁合金耐腐蚀性能的影响，得到以下结论。

（1）氧化锌/聚丙烯酸酯涂层能够在镁合金表面形成一层保护层，阻碍镁合金的腐蚀，有效提升AZ91D镁合金的耐腐蚀性能。在析氢试验中，局部腐蚀从试样的边沿向中心蔓延，从而破坏涂层的附着，当ZnO浓度为3wt%时，涂层附着性最好，耐腐蚀性能最好。在电化学试验中，涂层处理能够提高镁合金的容抗，且含3wt%ZnO浓度的涂层，合金的容抗最好，对腐蚀的阻碍作用最强。

（2）随着ZnO浓度的增加，涂层中的ZnO颗粒呈现聚集状态，一定程度的ZnO颗粒聚集有利于提高涂层的耐腐蚀性能，而过大的ZnO颗粒的聚集会降低涂层的耐腐蚀性；腐蚀后镁元素和氧元素随ZnO浓度大致呈现同一趋势变化，由此判断经3.5wt%NaCl溶液腐蚀后的腐蚀产物含有 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 MgO 。

参考文献：

- [1] 李萍, 黄蕾, 王莹, 等. 铸造Mg-5Sm-4Gd合金的反常抗拉强度[J]. 铸造, 2024, 73(12): 1694-1698.
- [2] 刘坦, 刘志江. 镁合金稀土CE转化膜的制备及耐蚀性能优化[J]. 辽宁化工, 2022(7): 927-929.
- [3] 陈雅薇, 周济, 刘勇. 镁合金腐蚀机制与调控研究进展[J]. 中国有色金属学报, 2023(10): 1-36.
- [4] LIU J, YANG L X, ZHANG C Y, et al. Significantly improved corrosion resistance of Mg-15Gd-2Zn-0.39Zr alloys: effect of heat-treatment[J]. Journal of Materials Science & Technology, 2019, 35(8): 1644-1654.

- [5] WANG Y, YAN D, ZHU Y, et al. Corrosion protection of epoxy coatings containing ZSM-5 zeolites on Mg-Li alloys [J]. *Materials and Corrosion*, 2019, 70 (7) : 1222–1229.
- [6] JOTHI V, ADESINA A Y, RAHMAN M M, et al. Improved adhesion and corrosion resistant performance of polyurethane coatings on anodized mg alloy for aerospace applications [J]. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 2020, 29 (4) : 2586–2596.
- [7] LÜ H, WANG Y, LI Z. Preparation and characterization of polypropylene-coated magnesium alloy for biomedical applications [J]. *Materials Science and Engineering*: 2019, 96: 93–101.
- [8] MITCHELL J, CROW N, NIETO A. Effect of surface roughness on pitting corrosion of AZ31 Mg alloy [J]. *Metals*, 2020, 10 (5) : 651–651.
- [9] CHEN Z, LI H Z, LIANG X P, et al. In-situ observation on filiform corrosion propagation and its dependence on Zr distribution in Mg alloy WE43 [J]. *Journal of Magnesium and Alloys*, 2023, 11 (11) : 4282–4300.
- [10] LIU W Y, HE T. Effect of ZnO nanoparticles on mechanical properties of polyacrylate composites [J]. *Academic Journal of Materials and Chemistry*, 2024, 5 (1) : 62–71.
- [11] 赵致先, 闫鹏飞, 吴捷. 增材制造镁合金的研究进展 [J]. *中国有色金属学报*, 2022, 33 (9) : 1–27.
- [12] YAN C J, XIN Y C, CHEN X B, et al. Evading strength corrosion trade off in mg alloys via dense ultrafine twins [J]. *Nature Communications*, 2021, 12 (1) : 1–9.
- [13] LI N, MA Y Y, ZHOU G, et al. Effect of rolling reduction and annealing process on microstructure and corrosion behavior of AZ91 alloy sheet [J]. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2020, 30 (7) : 1816–1825.
- [14] VAGHEFINAZARI B, WIERZBICKA E, VISSER P, et al. Chromate-free corrosion protection strategies for magnesium alloys-a review: part iii-corrosion inhibitors and combining them with other protection strategies [J]. *Materials (Basel)*, 2022, 15 (23) : 20–45.
- [15] 孙志亮, 芦刚, 严青松. 铬酸盐浓度对 AZ91D 镁合金转化膜成膜及耐蚀性的影响 [J]. *热加工工艺*, 2022, 51 (22) : 78–83.
- [16] ZAI W, ZHANG X, SU Y, et al. Comparison of corrosion resistance and biocompatibility of Mgp, Znp and cap conversion coatings on Mg alloy [J]. *Surface and Coatings Technology*, 2020: 23–45.
- [17] XU P F, LU X, CHENG H, et al. Investigation of the surface modification of magnesium particles with stannate on the corrosion resistance of a Mg-rich epoxy coating on AZ91D magnesium alloy [J]. *Progress in Organic Coatings*, 2019, 135: 591–600.
- [18] 马长坡, 刘兴琛, 李永赞, 等. 聚丙烯酸酯材料改性技术概况 [J]. *材料导报*, 2021, 35 (15) : 15212–15219.

Research on Preparation and Corrosion Resistance of Polyacrylate/Zinc Oxide Coating on Magnesium Alloy Surface

LIU Ya-juan¹, WAN Di-qing²

(1. School of Information and Software Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330000, Jiangxi, China; 2. School of Materials Science and Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330000, Jiangxi, China)

Abstract:

A polyacrylate / zinc oxide coating was coated on the surface of magnesium alloy, and the effect of varying ZnO content in the coating on the corrosion resistance of magnesium alloy was investigated. Firstly, the hydrogen evolution rate, electrochemical impedance and polarization potential of the magnesium alloy coating in 3.5 wt% NaCl solution were tested by hydrogen evolution test and electrochemical test. Then, the surface morphology, element composition and distribution of magnesium alloy coating before and after corrosion were characterized by scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive spectroscopy (EDS). The results show that compared with the AZ91D magnesium alloy substrate, the coating has a better protective effect on the magnesium alloy.

Key words:

AZ91D magnesium alloy; polyacrylate/zinc oxide coating; corrosion resistance
