

基于正交试验的 WE43 镁合金化学膜转化法工艺优化

刘曜熙 陈乐平 周 全 袁源平 刘武平
(南昌航空大学航空制造工程学院)

摘 要 采用高锰酸钾点滴试验、动电位极化曲线、扫描电镜 (SEM/EDS)、X 射线衍射 (XRD) 等测试方法,通过调整磷化液成分、温度、磷化时间及 pH 值参数,开展 4 因素 3 水平正交试验以优化磷化工艺参数,研究了磷化膜的腐蚀行为,同时探讨了成膜机理。结果表明,当氟化钠浓度为 2.38×10^{-2} mol/L,磷化时间为 30 min、温度为 65 ℃、pH 值为 3.2 时,制备的磷化膜表面均匀致密,厚度约为 12.63 μm,其主要成分为 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 $\text{Zn}_2\text{Mg}(\text{PO}_4)_2$ 。磷化膜的形成为有效降低 WE43 镁合金的腐蚀倾向,腐蚀电流密度由未处理的 4.611×10^{-5} A/cm² 下降至 2.859×10^{-5} A/cm²,降低了 38%;腐蚀速率由未处理的 1.01 mm/a 下降至 0.62 mm/a,降低了 38.61%,故磷化处理可以提高 WE43 镁合金的耐蚀性。

关键词 WE43 镁合金;磷化处理;锌系磷化膜;耐蚀性能

中图分类号 TG178;TG146.22 文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.09.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Process Optimization of Chemical Coating Conversion Method for WE43
Magnesium Alloy Based on Orthogonal Experiment

Liu Yaoxi, Chen Leping, Zhou Quan, Yuan Yuanping, Liu Wuping
(School of Aeronautical Manufacturing Engineering, Nanchang Hangkong University)

Abstract: Potassium permanganate drop test, potentiodynamic polarization curve, scanning electron microscopy (SEM/EDS), X-ray diffraction(XRD) and other test methods were applied. By adjusting the phosphating solution composition, temperature, phosphating time and pH value, four factors and three levels orthogonal experiments were carried out to optimize the phosphating process parameters. The corrosion behavior of phosphating film was analyzed, and the film formation mechanism was explored. The results reveal that with the sodium fluoride concentration of 2.38×10^{-2} mol/L, the phosphating time of 30 min, the temperature of 65 ℃ and the pH value of 3.2, the surface of prepared phosphating film presents uniform and dense, and the thickness is about 12.63 μm with the main components of $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ and $\text{Zn}_2\text{Mg}(\text{PO}_4)_2$. The formation of phosphating film can effectively reduce the corrosion tendency of WE43 magnesium alloy. The corrosion current density is decreased from 4.611×10^{-5} A/cm² to 2.859×10^{-5} A/cm², which is reduced by 38%. The corrosion rate is decreased from 1.01 mm/a to 0.62 mm/a, which is reduced by 38.61%, indicating phosphating can improve the corrosion resistance of WE43 magnesium alloy.

Key Words: WE43 Magnesium Alloy, Phosphating Treatment, Zinc Phosphating Film, Corrosion Resistance

镁合金作为工程应用中最轻的金属结构材料之一,其具有较高的比刚度和比强度、良好的阻尼减震和电磁屏蔽性能,尤其是新研发的稀土镁合金,其抗拉强度超过了 400 MPa 并能于 250 ℃ 工况条件下稳定服役,因此被广泛应用于航空航天、国防军工、汽车等领域^[1-4]。然而,由于镁合金具有较高的化学活性,导致其耐蚀性能较差,限制了其发展和应用^[5-8]。

目前,提高镁合金耐蚀性能的方法主要有化学膜转化法、电镀、微弧氧化、冷喷涂等^[9-14]。其中,化学膜转化法具有工艺简单、成本低、效果好等特点。磷化处理是最有前景的无铬化学膜转化法之一。崔学军等^[15]向锰系磷化溶液添加 Na_2MoO_4 ,改善了 AZ31B 镁合金表面磷化膜晶粒分布的均匀性和致密性,有效提高了其耐蚀性能。ZHANG C 等^[16]研究不同 pH 值对 AZ31 表

收稿日期:2023-03-22;修改稿收到日期:2023-05-12
基金项目:江西省科技重点研发计划资助项目(20212BBE53018);南昌航空大学研究生创新专项基金资助项目(YC2022-018)
第一作者简介:刘曜熙,男,1994 年出生,硕士研究生,南昌(330063),E-mail: nchuliuyaoxi@163.com
通信作者:陈乐平,男,1964 年出生,教授,南昌(330063),E-mail: jnnclp@163.com
引用格式:刘曜熙,陈乐平,周全,等. 基于正交试验的 WE43 镁合金化学膜转化法工艺优化[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(9):1 235-1 239.
LIU Y X, CHEN L P, ZHOU Q, et al. Process optimization of chemical coating conversion method for WE43 magnesium alloy based on orthogonal experiment[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(9):1 235-1 239.

面 Ca-P 涂层显微组织及耐蚀性能,发现 pH=10 时,制备的蜂窝状磷化膜与基体结合牢固,能有效隔绝环境对基体的腐蚀,具有良好的耐蚀性和自修复性。WANG Y 等^[17]采用超声辅助化学转化法在 Mg-Nd 合金表面制备超疏水耐蚀涂层,发现涂层具有自修复性能。IQBAL F 等^[18]研究磷酸盐涂层对生物相容性的影响,发现在 AZ91D 表面制备紧实、无缺陷的涂层,能安全用于保护可生物降解的金属植入物。目前,对锌系磷化膜主要在磷化液成分等影响,未全面考查成分、温度及 pH 值等共同作用影响,且研究多以 ZM 系列、AZ 系列合金为基体^[19-23],对耐高温稀土镁合金研究报道较少,普适性较差。

因此,本研究通过正交试验研究磷化液成分、温度、时间及 pH 值对 WE43 镁合金耐蚀性能的影响,在 WE43 镁合金表面制备一层耐蚀性较高的磷化膜,并对磷化膜形貌、相组成及电化学腐蚀进行分析,为磷化处理在稀土镁合金中的应用提供参考。

1 试验方法

试验采用的基体为 WE43 镁合金,其主要合金成分为(质量分数):4.05% 的 Y,0.52% 的 Zr,1.17% 的 Gd,2.47% 的 Nd,余量为 Mg。试样尺寸为 15 mm×15 mm×2 mm,经打磨、除油、清洗后备用。磷化液的主要成分为 2.47×10^{-2} mol/L 的 ZnO、 1.22×10^{-1} mol/L 的 H₃PO₄、(1.19×10^{-2} 、 2.38×10^{-2} 、 3.57×10^{-2} mol/L)NaF、 2.06×10^{-2} mol/L 的 Na₂C₄H₄O₆、 7.56×10^{-2} mol/L 的 NaNO₃,pH 值采用氨水、磷酸进行调节。

在上述磷化液配方上,对时间、温度、pH 值、NaF 浓度开展 $L_9(3^4)$ 正交试验,正交试验因素水平设计见表 1。参考 QJ468-85 标准配制高锰酸钾点滴试验溶液,其成分为 0.05 g 的高锰酸钾+5 mL 的硝酸+95 mL 的蒸馏水,在磷化后的试样两面分别选取 3 个直径为 5 mm 的圆形区域滴入点滴试验溶液,根据高锰酸钾从紫色到无色时间判断合金膜层的耐蚀性能。

表 1 正交试验因素水平表

Tab.1 Factor level of orthogonal experiment				
水平/ 因素	时间(A)/ min	温度(B)/ ℃	pH 值(C)	NaF 浓度(D)/ (mol·L ⁻¹)
1	30	45	2.8	1.19×10^{-2}
2	35	55	3.0	2.38×10^{-2}
3	40	65	3.2	3.57×10^{-2}

电化学测试采用 CS310H 型电化学工作站,采用传统 3 电极体系,待测试样为工作电极,饱和甘汞电极为参比电极,铂电极为对电极。采用 3.5% 的 NaCl 溶液为测试介质,动电位扫描范围为-0.2 V~0.2 V,扫

描速度为 0.5 mV/s。为保证结果的重现性,所有电化学试验重复 3 次以上。

采用 Quanta200 型扫描电镜对膜层形貌进行观察,并使用其附加的能谱仪(EDS)对磷化膜元素含量进行分析。

2 试验结果与讨论

2.1 磷化工艺及配方优化

表 2 为正交试验结果。可以看出,极差大小为 $R_D > R_B > R_A > R_C$,表明在磷化处理中,对膜层耐蚀性能影响重要性分别为:NaF 浓度、温度、时间、pH。因此,可以看出 $A_1B_3C_3D_2$ 为最优工艺方案,即磷化时间为 30 min、温度为 65 ℃、pH 值为 3.2、NaF 浓度为 1.0 g/L。

表 2 正交试验结果

Tab.2 Result of orthogonal experiment					
序号	影响因素				点滴 时间/s
	A(时间)/ min	B(温度)/ ℃	C(pH 值)	D(NaF 浓度)/ (mol·L ⁻¹)	
1	1	1	1	1	28.67
2	1	2	2	2	29.33
3	1	3	3	3	28.33
4	2	1	2	3	10.33
5	2	2	3	1	23.67
6	2	3	1	2	31.00
7	3	1	3	2	32.00
8	3	2	1	3	10.33
9	3	3	2	1	38.33
K_1	86.33	71	70	90.67	—
K_2	65	63.33	77.99	92.33	—
K_3	80.66	97.66	84	48.99	—
k_1	28.78	23.67	23.33	30.22	—
k_2	21.67	21.11	26.00	30.78	—
k_3	26.89	32.55	28	16.33	—
R	7.11	11.44	4.67	14.45	—

2.2 磷化膜耐蚀性能

2.2.1 高锰酸钾点滴验证

对最优工艺方案的试样进行高锰酸钾点滴试验,3 次点滴时间分别为 48、50 和 47 s,平均点滴时间为 48.33 s,与上述正交试验点滴时间最长的相比提高了 10 s,故对这两种工艺参数下的磷化膜进行对比。图 1 为 9 号和最优方案处理下磷化膜层形貌。可以看出,经最优工艺参数处理后的膜层更为均匀致密,且无基体裸露,而在 9 号工艺参数处理下的膜层致密性较差,且存在一定面积的基体裸露。原因是由于两组之间磷化时间、pH 值和 NaF 浓度不同。其中,磷化时间决定磷化膜层厚度,相关性较低;pH 值改变磷化液活性而 NaF 为缓蚀剂,在镁合金表面形成 MgF 薄膜,从而降低镁合

金在磷化液中的自溶解速率。磷化反应存在成膜与自溶解两个过程;当 NaF 浓度升高时,自溶解速率下降,在较高 pH 值下也可形成致密的磷化膜;当 NaF 浓度降低时,自溶解速率上升,虽然较低的 pH 值会使磷化液活性增强,成膜速率提升,但因其自溶解速率过快,导致成膜不完整,部分基体裸露。

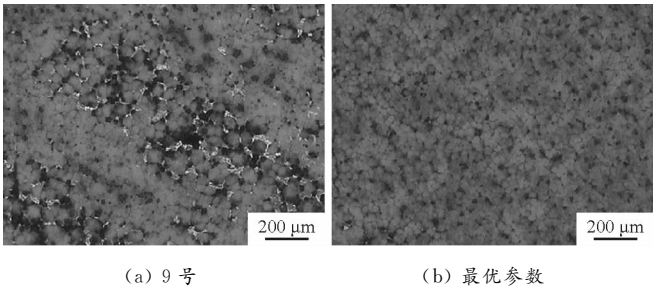


图 1 不同工艺参数下磷化膜层形貌
Fig.1 Morphologies of phosphating film under different process parameters

2.2.2 极化曲线

图 2 和表 3 为 WE43 镁合金磷化处理前后在质量分数为 3.5% 的 NaCl 溶液中的动电位极化曲线及其测试结果。可以看出,经磷化处理后的 WE43 镁合金在 3.5% 的 NaCl 溶液中的自腐蚀电位正移,由未处理时的 -1.61 V 正移至 -1.51 V;自腐蚀电流密度由未处理时的 $4.611 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$ 下降至 $2.859 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$,降低了 38%;腐蚀速率由未处理时的 1.01 mm/a 下降至 0.62 mm/a,降低了 38.61%。但磷化处理前后两条极化曲线基本保持平行且均为阴极极化部分极化率大于阳极部分,故磷化处理可以有效地提升 WE43 镁合金的耐蚀性,但合金的电化学过程未发生改变,均属于阴极控制的电化学过程。

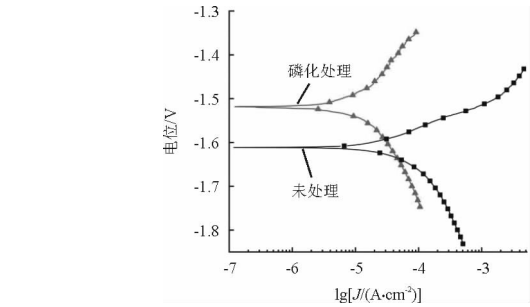
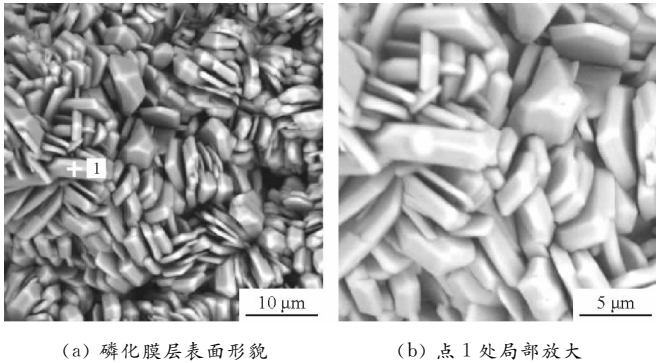


图 2 WE43 镁合金磷化膜及基体在 3.5% NaCl 溶液中动电位极化曲线

Fig.2 Potentiodynamic polarization curves of phosphating film and substrate of WE43 magnesium alloy in 3.5 % NaCl solution

表 3 磷化处理前后的动电位极化曲线测试的结果
Tab.3 The results of potentiodynamic polarization curve test before and after phosphating treatment

组别	自腐蚀电流密度/ ($\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$)	自腐蚀电位/ V_{SCE}	腐蚀速率/ ($\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$)
未处理	46.11	-1.61	1.01
磷化处理	28.59	-1.51	0.62

2.3 膜层表面形貌及物相分析

图 3 为采用 $2.47 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 的 ZnO 、 $1.22 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ 的 H_3PO_4 、 $2.38 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 的 NaF 、 $2.06 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 的 $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ 、 $7.56 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 的 NaNO_3 , 磷化时间为 30 min、温度为 65°C 、pH 值为 3.2, 磷化处理后 WE43 镁合金表面形貌。从图 3a 可以看出,经磷化处理后,锌系磷化膜各组织呈“片状结晶”,图 3b 为点 1 放大后的形貌图,表现为不同灰度的结晶均为不溶性磷酸盐结晶。为确定其元素成分,采用 EDS 对锌系磷化膜层中存在的元素种类进行分析,图 3c 为点 1 处 EDS 图谱,可见存在 Zn、O、P 的衍射峰, Zn 的含量较高。图 3d 为磷化膜层截面形貌,厚度约为

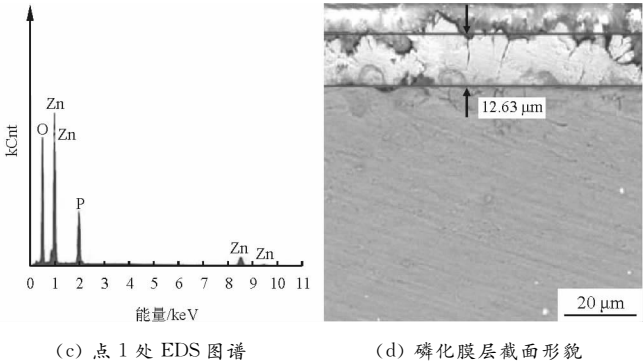


图 3 磷化膜层表面截面形貌及 EDS 图谱

Fig.3 The surface morphology and EDS spectrum of phosphating film

12.63 μm ,膜层与基体接合截面未见明显缺陷。

表 4 为磷化膜 EDS 元素测试结果,一般情况下磷化膜中除 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ 外,没有其他含锌的物质, Zn 和 P 的摩尔比约为 3 : 2,但在表 4 中看出其摩尔比小于 3 : 2,表明磷化膜有其他含锌的物质在磷化膜上生成。

表 4 WE43 镁合金磷化膜 EDS 分析结果
Tab.4 EDS analysis results of phosphating film on WE43 magnesium alloy

元素	Zn	O	P
$w_B/\%$	44.45	40.39	15.16
$x_B/\%$	18.41	68.34	13.25

为进一步确定磷化膜的化学成分,通过 XRD 对镁合金磷化膜的化学组分进行分析,结果见图 4。可以看出,WE43 基体主要由 α -Mg 和 $Mg_{24}Y_5$ 、 $Mg_{41}Nd_5$ 和 $Mg_{12}Nd$ 组成,所制备的磷化膜主要由 $Zn_3(PO_4)_2$ 、 $Zn_2Mg(PO_4)_2$ 和单质 Zn 组成,其中 $Zn_3(PO_4)_2$ 被称为磷锌矿,是一种不溶性磷酸盐,即通常所说的磷化膜中的 H 相结晶。另外,单质 Zn 的存在是镁合金锌系磷化膜不同于其他系列磷化膜的一个重要特征。

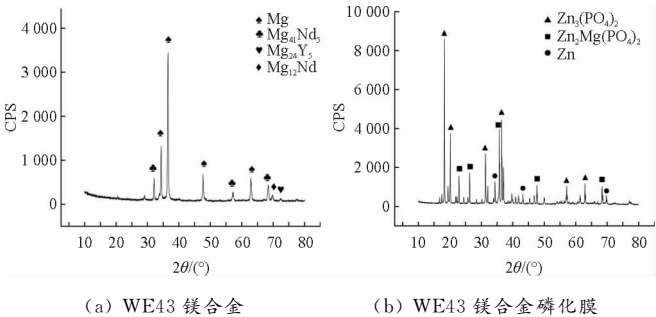


图 4 WE43 镁合金和 WE43 镁合金磷化膜 XRD 图谱
Fig.4 XRD pattern of WE43 magnesium alloy and phosphating film on WE43 magnesium alloy

2.4 成膜机理分析

WE43 镁合金主要由 α -Mg(-1.73 V) 和 $Mg_{24}Y_5$ (-1.6 V)、 $Mg_{41}Nd_5$ (-1.57 V) 和 $Mg_{12}Nd$ (-1.5 V) 组成^[24],其表面具有微观不均匀性,不同相具有不同的电极电位,因此当 WE43 镁合金浸入磷化液时,表面形成大量微型腐蚀电池,使基体表面发生溶解,具体反应式为:

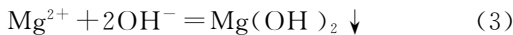
阳极反应:



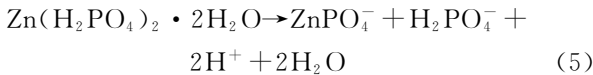
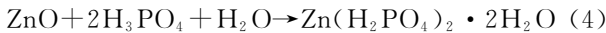
阴极反应:



生成腐蚀:



在磷化之前,磷化液体中 ZnO 和 H_3PO_4 发生化学反应生成可溶的 $Zn(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$, $Zn(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ 在溶液中以 Zn^{2+} 和 $H_2PO_4^-$ 的形式存在:



$ZnPO_4^-$ 存在以下可逆反应:



图 5 为 WE43 镁合金磷化膜形成机制示意图,在溶液一侧中不断形成 $Zn_3(PO_4)_2$ 晶核。当 WE43 镁合金浸入磷化液中后,其表面形成大量腐蚀微电池。反应初期阶段,发生式(1)和式(2)反应,由于金属表面发生氧化,从而破坏磷酸盐体系电离和水解平衡,导致溶液

中 H^+ 浓度降低,促使平衡向生成难溶磷酸盐的方向移动^[25]。随着反应继续进行,在微阴极区域 H_2 不断析出, H^+ 不断消耗,溶液中碱性增强,以至于难溶的磷酸锌盐在合金的微阴极区域沉积,并以其为中心不断向表面进行增长,最终形成连续均匀的锌系磷酸盐转化膜,磷化反应终止。

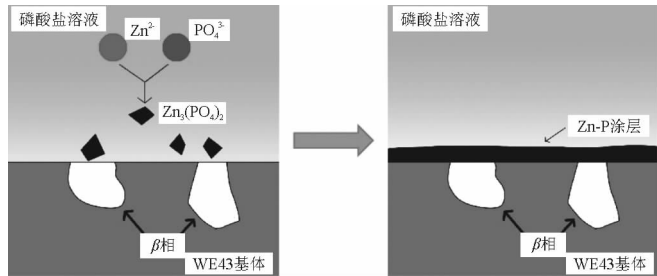


图 5 WE43 镁合金磷化膜形成机制示意图
Fig.5 Schematic diagram of phosphating film formation mechanism of WE43 magnesium alloy

3 结 论

(1)在 WE43 镁合金表面成功制备耐蚀性能较好的锌系磷化膜,处理时磷化液配方为: 2.47×10^{-2} mol/L ZnO 、 1.22×10^{-1} mol/L H_3PO_4 、 2.38×10^{-2} mol/L NaF 、 2.06×10^{-2} mol/L $Na_2C_4H_4O_6$ 、 7.56×10^{-2} mol/L $NaNO_3$;磷化处理最佳工艺参数:磷化时间为 30 min、温度为 65 $^{\circ}C$ 、pH 值为 3.2。

(2)经磷化处理,在 WE43 表面生成厚度约为 12.63 μm 的锌系磷化膜,该膜层主要由“片状结晶”构成,磷化膜主要由 $Zn_3(PO_4)_2$ 、 $Zn_2Mg(PO_4)_2$ 和单质 Zn 组成。

(3)经磷化处理,其腐蚀电流密度由未处理的 4.611×10^{-5} A/cm² 下降至 2.859×10^{-5} A/cm²,与基体相比降低了 38%,腐蚀速率由未处理的 1.01 mm/a 下降至 0.62 mm/a,与基体相比降低了 38.61%,该工艺处理后制备的锌系磷化膜能有效隔绝基体,起到腐蚀防护作用。

参 考 文 献

- [1] 肖旅,侯正全,吴国华,等. 高强韧稀土镁合金大型复杂铸件制造技术研究现状及展望[J]. 特种铸造及有色合金, 2021, 41(7): 793-801.
- [2] 吴国华,陈玉狮,丁文江. 镁合金在航空航天领域研究应用现状与展望[J]. 载人航天, 2016, 22(3):281-292.
- [3] ABDELGAWAD M, USMAN C A, SHUNMUGASAMY V C, et al. Corrosion behavior of Mg-Zn-Zr-RE alloys under physiological environment-Impact on mechanical integrity and biocompatibility-Science direct[J]. Journal of Magnesium and Alloys, 2022, 10(6): 1 542-1 572.
- [4] 张连腾,陈乐平,周全. Sr、Y 复合变质对 Mg-9Al-3Si 合金凝固组

- 织及力学性能影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2019, 39(11): 1 268-1 272.
- [5] 龚沛, 曹学军, 宁韶奇, 等. 不同环境对 AZ61 镁合金大气腐蚀的影响[J]. 中国表面工程, 2015(5): 129-134.
- [6] BOTTA W J, PEREIRA G S, KOGA G Y, et al. Corrosion resistance of WE43 Mg alloy in sodium chloride solution[J]. Materials Chemistry and Physics, 2021, 272:124 930.
- [7] 刘玉项, 朱胜, 韩冰源. 金属镁电化学腐蚀阳极析氢行为研究进展[J]. 材料工程, 2020, 48(10): 17-27.
- [8] 李鑫, 张弛, 王俊升, 等. 镁合金腐蚀行为与防护技术研究进展[J]. 航空制造技术, 2021, 64(19): 59-70.
- [9] WANG L, XIAO X, YIN X, et al. Preparation of robust, self-cleaning and anti-corrosion superhydrophobic Ca-P/chitosan (CS) composite coating on AZ31 magnesium alloy[J]. Surface and Coatings Technology, 2022, 432: 128 074.
- [10] CHEN Q, ZHENG Y, DONG S, et al. Effects of fluoride ions as electrolyte additives for a PEO/Ni-P composite coating onto Mg alloy AZ31B [J]. Surface & Coatings Technology, 2021, 417: 126 883.
- [11] LI J, BIAN Y, TU X, et al. Influence of surface roughness of substrate on corrosion behavior of MAO coated ZM5 Mg alloy[J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2022, 910: 116 206.
- [12] 王晓波, 全风美, 朱生发, 等. 镁合金表面磁控溅射-微弧氧化制备 Al_2O_3 膜层的组织结构及性能[J]. 材料热处理学报, 2018, 39(9): 99-104.
- [13] ZHANG Y, WANG Q, YE R, et al. Plasma electrolytic oxidation of cold spray kinetically metallized CNT-Al coating on AZ91-Mg alloy: Evaluation of mechanical and surficial characteristics[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2022, 892: 162 094.
- [14] 崔焱, 刘光, 贾利, 等. AZ80 镁合金表面冷喷涂 316L 涂层的微观组织及性能[J]. 材料热处理学报, 2019, 40(5): 130-138.
- [15] 崔学军, 白成波, 朱一波, 等. $Mn(NO_3)_2/Na_2MoO_4$ 对 AZ31B 镁合金表面磷化膜微观形貌及耐蚀性的影响[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2014, 34(5): 477-482.
- [16] ZHANG C, ZHANG S, LIU X, et al. Microstructure and corrosion properties of calcium phosphate coating on magnesium alloy prepared by hydrothermal treatment at various pH values[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2018, 47(10): 2 993-2 999.
- [17] WANG Y, YOU Z P, MA K, et al. Corrosion resistance of a superhydrophobic calcium carbonate coating on magnesium alloy by ultrasonic cavitation-assisted chemical conversion[J]. Corrosion Science, 2023, 211: 110 841.
- [18] IQBAL F, ALI A, NAVEED M, et al. Hydrothermal deposition of high strength biocompatible magnesium phosphate coating through in situ conversion of AZ91D-3Ca magnesium substrate[J]. Surface and Coatings Technology, 2023, 457: 129 301.
- [19] ANAWATI A, HIDAYATI E, LABIBAH H. Characteristics of magnesium phosphate coatings formed on AZ31 Mg alloy by plasma electrolytic oxidation with improved current efficiency[J]. Materials Science and Engineering, 2021, B272: 115 354.
- [20] ZHOU P, YANG L, HOU Y, et al. Grain refinement promotes the formation of phosphate conversion coating on Mg alloy AZ91D with high corrosion resistance and low electrical contact resistance [J]. Corrosion Communications, 2021(1): 47-57.
- [21] ZHANG C Y, LIU B, YU B X, et al. Influence of surface pretreatment on phosphate conversion coating on AZ91 Mg alloy[J]. Surface and Coatings Technology, 2019, 359: 414-425.
- [22] JITHU J, RAJESH K R, AMRUTH R S, et al. Investigation on the corrosion behavior of lanthanum phosphate coatings on AZ31 Mg alloy obtained through chemical conversion technique[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2019, 784: 1 162-1 174.
- [23] LIU H L, GU J Y, TONG Z P, et al. Improving stress corrosion cracking resistance of AZ31 magnesium alloy in Hanks solution via phosphate conversion with laser shock peening pretreatment[J]. Materials Today Communications, 2022, 31: 103 678.
- [24] CAIN T, BLAND L G, BIRBILIS N, et al. A compilation of corrosion potentials for magnesium alloys[J]. Corrosion, 2014, 70(10): 1 043-1 051.
- [25] SONG G, ATRENS A, WU X, et al. Corrosion behaviour of AZ21, AZ501 and AZ91 in sodium chloride[J]. Corrosion Science, 1998, 40(10): 1 769-1 791.

(编辑:张正贺)

美迈科技采用“3D 打印+铸造技术” 试制新能源汽车铝合金副车架

近日,3D 打印技术研发商——湖州美迈科技有限公司(简称“美迈科技”),采用 3D 打印结合铸造技术和专用铝合金材料,试制出新能源汽车副车架成品,有望为副车架的研发生产带来变革。

据介绍,美迈科技此次试制的副车架,拥有高度功能集成,多连接点可用于安装控制臂、支柱和稳定器、电驱动装置以及将部件连接固定在车身上。值得一提的是,在压铸工艺中,通过集成到铸造过程中的中空型材创造了一个封闭的空腔,与上壳体的拓扑优化设计相结合,满足了所有强度、刚度和 NVH 的要求。TOP-HAT 的整体设计则避免了复杂的连接过程,减少各种单一部件的生产组装工序,降低产品的生产成本。

该试制的副车架采用无模化快速制造,在试制之前,就基于先进的 3D 砂型打印技术和专业的 RWP 铸造模拟软件进行浇注系统设计、充型、凝固。完成以上工作后进行砂型拆分、打印,进行合箱浇注,可以有效缩短工期,最终得到副车架铸件。另外,采用 3D 打印铸造的方式可以不受成形方式的束缚,研发过程中可以多次更改设计、快速制样。

(摘自压铸周刊)