

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2023.03.014

## 喷砂对45#钢表面耐蚀性的影响

赵金龙\*, 张华云

(中国空空导弹研究院, 河南 洛阳 471003)

**摘要:** 选取45#钢材料进行了喷砂试验, 试样分别采用40目、150目、220目、W40砂粒进行喷砂处理, 喷砂后进行镀锌、镀镉处理, 最后进行中性盐雾试验。研究了不同砂粒目数对基体表面的损伤及耐蚀性的影响。结果表明, 喷砂在增加试样表面积的同时, 会对基体表面造成不同程度的损伤, 砂粒粒径越大对试样表面的损伤越严重, 表面粗糙度值越大, 耐蚀性越差。采用不同目数砂粒喷砂的试样经镀锌处理, 48 h盐雾试验后试样表面均出现不同程度的腐蚀现象; 而经镀镉处理后, 360 h盐雾试验后试样未出现腐蚀现象。

**关键词:** 喷砂; 目数; 镀层; 耐蚀性

**中图分类号:** TQ153      **文献标识码:** A

## Effect of sandblasting on corrosion resistance of 45 # steel surface

Zhao Jinlong\*, Zhang Huayun

(China Airborne Missile Academy, Luoyang 471003, China)

**Abstract:** 45 # steel material was selected for sandblasting test. The samples were sandblasted with 40 mesh, 150 mesh, 220 mesh and W40 grit respectively, zinc and cadmium platings were carried out after sandblasting, and neutral salt spray corrosion test was carried out finally. The influence of different grit sizes on the damage and corrosion resistance of the substrate surface after sandblasting was studied. The results show that while sandblasting increasing the surface area of the sample, it will cause different degrees of damage to the substrate surface, the larger the sand particles are, the more serious damage to the sample surface and the worse corrosion resistance of the surface were produced. After sandblasting with four different mesh sizes and 48 h of salt spray test, the sample surface of zinc plating shows different degrees of corrosion, while cadmium plating with sandblasting shows no corrosion after 360 h of salt spray test.

**Keywords:** sandblasting; mesh number; plating; corrosion resistance

喷砂是通过把细小的磨料砂粒高速喷射到工件表面, 借助于砂粒的撞击和冲刷作用来优化表面性能的表面处理工艺<sup>[1]</sup>。实际生产中增加喷砂主要用于光学零件增强消光效果, 提高涂层附着力<sup>[2]</sup>、胶结结合力及去除表面残余物等<sup>[3-5]</sup>, 喷砂处理后的零件表面形貌主要受砂粒目数的影响<sup>[6]</sup>, 但对材料表面机械加工完整性损伤及耐蚀性的影响未见相关文献

介绍, 为此进行了如下工艺试验研究。

### 1 试验材料与方法

选取45#钢材料, 加工试样36件, 试样规格:  $\Phi 30 \times 8$  mm, 表面粗糙度  $R_a$  为1.6, 粗糙度值采用 Waveline W10粗糙度仪进行测量, 试样分组情况见表1, 砂粒标准及规格见表2。喷砂主要工艺参数:

收稿日期: 2022-12-31

修回日期: 2023-01-27

作者简介: 赵金龙(1989—), 男, 本科, 工程师, 主要从事金属材料热处理专业, e-mail: 13938814518@139.com

设备为GS-2012型专用喷砂机,喷砂压力0.3 MPa,喷嘴与试样表面距离150 mm~250 mm。第一组试样采用不同目数的砂粒进行喷砂处理,第二组、第三组试样采用不同目数的砂粒进行喷砂处理后,按照HB/Z 5068《电镀锌、电镀镉工艺》中规定分别进行镀锌和镀镉处理,镀层厚度8~12  $\mu\text{m}$ ,试样镀层厚度采用FISHER X射线荧光测厚仪进行测量。所有试样按照GJB150.11A进行中性盐雾试验,对比不同目数砂粒喷砂后对试样表面耐蚀性的影响,试验后按HB5192《镀层和化学覆盖层表面腐蚀等级评定方法》进行腐蚀程度判定。

表1 试样分组情况

Tab. 1 Sample grouping

组别	喷砂试样数量/个				电镀
	40目	150目	220目	W40	
第一组	3	3	3	3	/
第二组	3	3	3	3	镀锌
第三组	3	3	3	3	镀镉

表2 砂粒规格及特性

Tab. 2 Standard and specifications of sand

砂粒材质	标准号	规格	尺寸/ $\mu\text{m}$
棕刚玉	GB/T3043—2000	40目	500~425
		150目	105~74
		220目	74~53
		W40	40~20

## 2 试验结果

### 2.1 分别采用不同目数的砂粒进行喷砂

试样采用40目、150目、220目、W40砂粒进行喷砂处理后的表面状态见图1,经粗糙度仪测量后,表面粗糙度 $R_a$ 分别为3.7、1.0、0.8、0.5。

4 h盐雾试验后,试样表面均出现了严重腐蚀,见图2。从图2中可以看出,采用4种砂粒喷砂的试样表面腐蚀状况没有明显区别,已被深度腐蚀,表面覆盖大量松散的腐蚀产物,呈突起状,腐蚀产物比较密实<sup>[7]</sup>,表面腐蚀等级约9级。

### 2.2 采用不同目数的砂粒喷砂后进行镀锌

分别采用40目、150目、220目、W40砂粒喷砂后试样按HB/Z 5068—92《电镀锌、电镀镉工艺》镀锌后,试样表面状态见图3。锌镀层平均厚度分别为8.56  $\mu\text{m}$ 、8.88  $\mu\text{m}$ 、8.96  $\mu\text{m}$ 、11.13  $\mu\text{m}$ 。

采用不同砂粒喷砂试样经镀锌处理和48 h盐雾

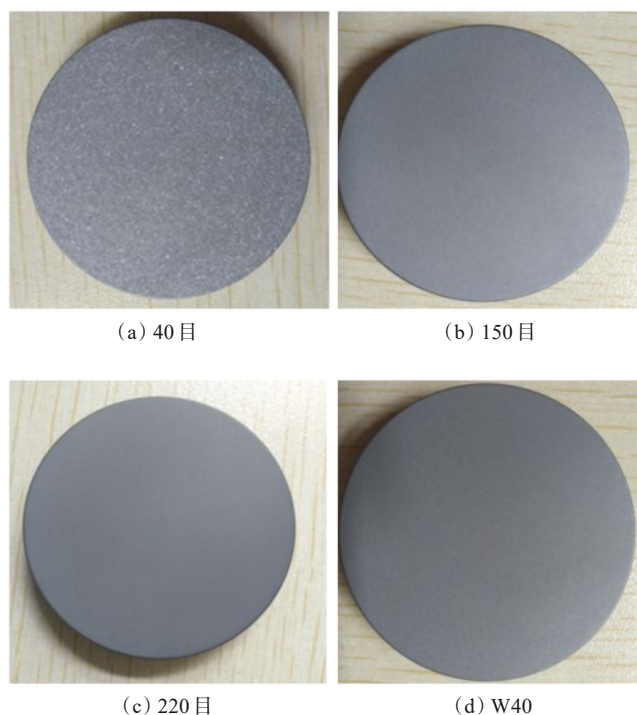


图1 采用不同目数的砂粒喷砂的试样表面状态

Fig.1 The surface state of the samples with different mesh sandblasting

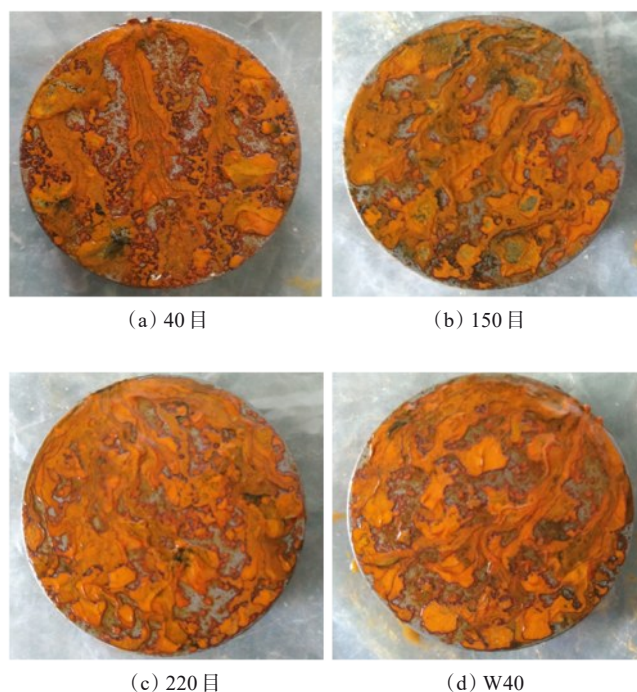


图2 4 h盐雾试验后不同目数砂粒喷砂试样的表面状态

Fig.2 The surface state of the samples with different mesh sandblasting and 4 h spray test

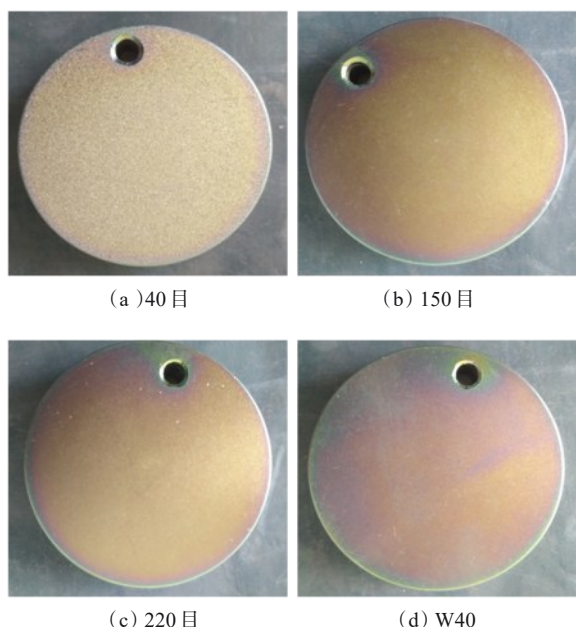


图 3 不同目数砂粒喷砂试样经镀锌处理后表面状态

Fig.3 The surface state of the samples with different mesh sandblasting and following galvanized treatment

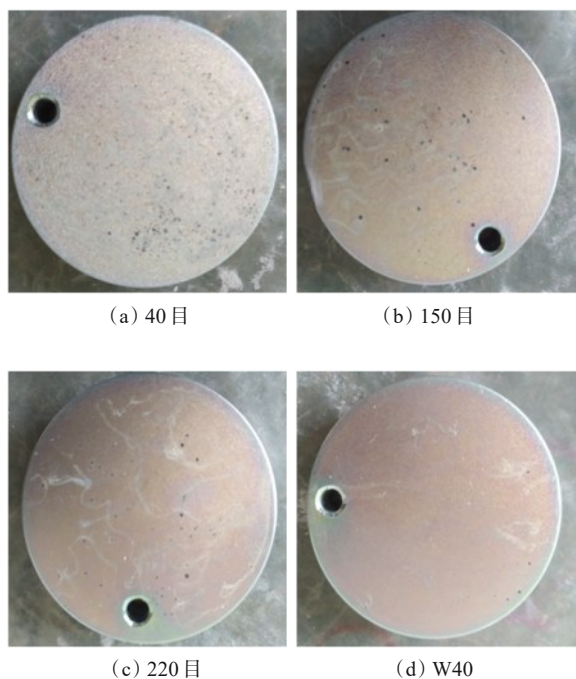


图 4 不同目数砂粒喷砂试样经镀锌处理和 48 h 盐雾试验后的表面状态

Fig.4 The surface state of the samples with different mesh sandblasting followed by galvanized treatment and 48 h spray test

试验后其表面均出现腐蚀现象,见图 4。

由图 4 可知,采用 40 目砂粒喷砂后的试样表面镀层严重腐蚀,表观腐蚀等级约 5 级,采用 150 目、220 目砂粒喷砂后的试样表面镀层明显腐蚀,表观腐蚀等级约 4 级,采用 W40 砂粒喷砂后的试样表面边缘处镀层轻微腐蚀,腐蚀等级约 1 级,锌镀层耐蚀性达不到 HB/Z 5035—92 中规定出现白色腐蚀产物的最短时间不低于 72 h 的要求。

96 h 盐雾试验后,试样表面腐蚀产物与 48 h 盐雾试样相比有不同程度增加,见图 5。由图 5 可知,采用 40 目砂粒喷砂的试样经镀锌处理后表面腐蚀最严重,表观腐蚀等级约 6 级,随着砂粒目数的增加,试样表面腐蚀程度逐渐降低,采用 W40 砂粒喷砂的试样经镀锌处理后表面轻微腐蚀,腐蚀等级约 2 级。

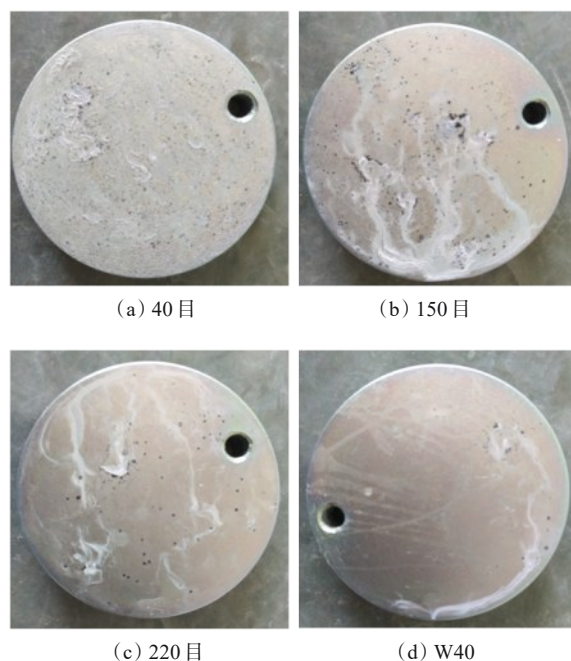


图 5 不同目数砂粒喷砂试样经镀锌处理和 96 h 盐雾试验后的表面状态

Fig.5 The surface state of the samples with different mesh sandblasting followed by galvanized treatment and 96 h spray test

### 2.3 采用不同目数的砂粒喷砂后进行镀镉

分别采用 40 目、150 目、220 目、W40 砂粒喷砂后的试样按 HB/Z 5068—92《电镀锌、电镀镉工艺》镀镉后,试样表面状态见图 6,360 h 盐雾试验后其表



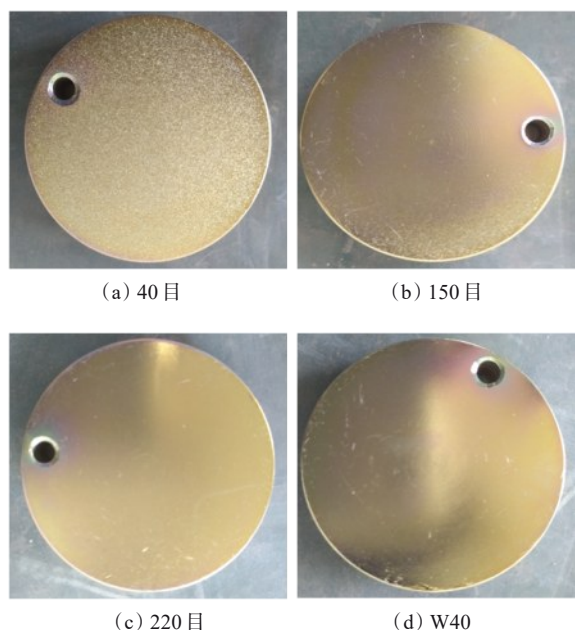


图6 不同目数砂粒喷砂试样经镀镉处理后的表面状态

Fig.6 The surface state of the samples with different mesh sandblasting and following cadmium treatment

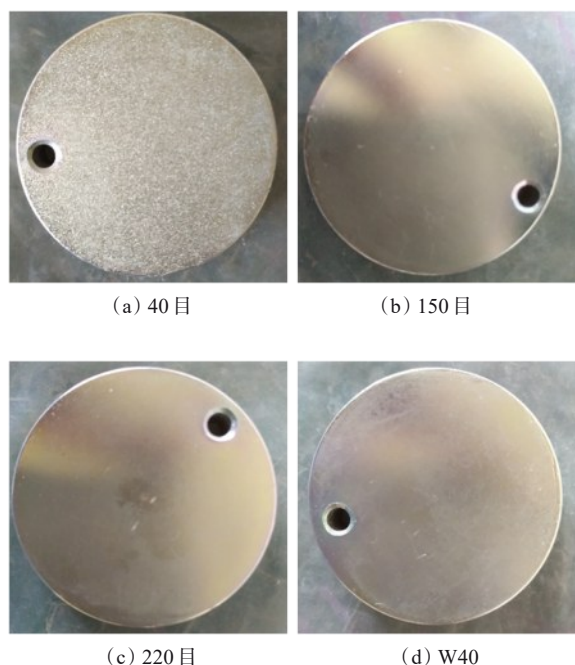


图7 不同目数砂粒喷砂试样经镀镉处理和360 h盐雾试验后的表面状态

Fig.7 The surface state of the samples with different mesh sandblasting followed by cadmium treatment and 360 h spray test

面状态见图7。由图6可知,镉镀层平均厚度分别为 $8.74\ \mu\text{m}$ 、 $9.28\ \mu\text{m}$ 、 $9.43\ \mu\text{m}$ 、 $11.32\ \mu\text{m}$ 。由图7可知,试样表面均未出现腐蚀产物,镀镉层耐蚀性可以达到HB/Z 5036—92中规定360 h不得出现红色腐蚀产物的要求。

### 3 结果分析

#### 3.1 不同砂粒喷砂后对45#钢表面完整性影响分析

采用40目、150目、220目、W40砂粒对45#钢试样表面进行喷砂处理后50倍显微镜下观察试样喷砂表面形貌,结果见图8。由图8可以清晰看到采用40目砂粒喷砂后的试样表面损伤最严重,粗糙度值最大,呈粗大不均的蜂窝状,采用W40砂粒喷砂后的试样表面损伤最小,粗糙度值最小,呈细小均匀的蜂窝状。砂粒目数越小,粒径越大,砂粒的冲击能力增大,被冲击的局部位置变形面积与深度均越大,故粗糙度值较大<sup>[7-9]</sup>,因此砂粒粒径越大对材料基体表面的损伤越大,导致表面耐蚀性越差。但由于45#钢基体耐蚀性差,盐雾试验中腐蚀速率较大,因此不同目数砂粒喷砂的试样均在4 h后全面腐蚀,表面形貌没有明显区别。

#### 3.2 不同砂粒喷砂后对试件表面镀层影响分析

喷砂过程实际上是一个塑性加工过程<sup>[10-11]</sup>,从喷砂面形成机理可以看出,其它工艺参数一定的情况下,砂粒目数越小,砂粒粒径越大,试样镀前的表面粗糙度值越大,越不容易形成无孔隙的镀覆层,即使增加镀层的厚度,也难以获得无孔隙的镀覆层,因此镀层厚度相同时,基体喷砂的砂粒粒径越小,耐蚀性越好。此外,试样表面的粗糙度值越大,镀覆表面的真实面积与计算面积之间的偏差就越大,当与粗糙度值小的试样在同样的电流下电镀相同时间后,前者表面镀覆层平均厚度明显小于后者。综上分析,随着砂粒粒径的增大,试件表面镀层的孔隙率增大,镀层平均厚度降低,耐蚀性随之降低。镀锌是保护钢铁腐蚀最经济有效的方法<sup>[12]</sup>,利用了锌的牺牲阳极的保护作用提高碳钢镀锌零件的耐腐蚀性能,延长镀锌钢铁零件的使用寿命<sup>[13-18]</sup>,在中性大气腐蚀环境中对钢铁基体有较好的防护作用<sup>[19-22]</sup>。镀镉层在海洋和高温大气环境中,属于阳极性镀层,不仅能起到机械保护的作用,还能起到电化学保护的作用,其保护性能比锌好<sup>[20-21]</sup>,耐蚀性也比镀锌层好,经360 h盐雾试验后可以满足膜层质量要求,而镀锌

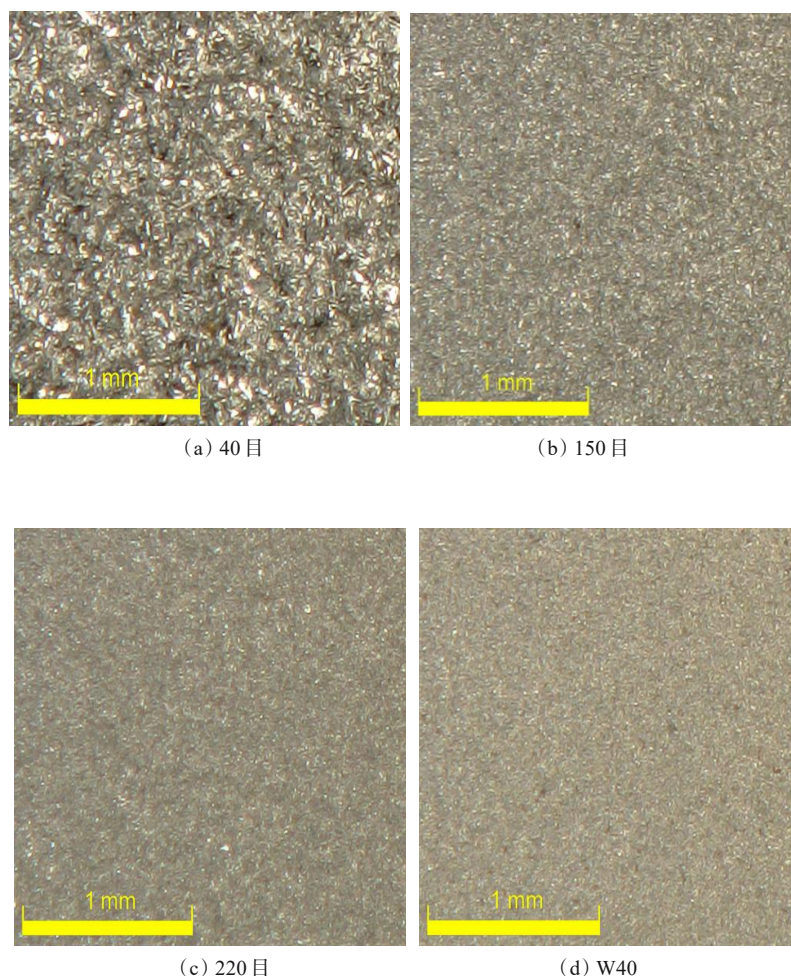


图 8 采用不同砂粒喷砂后的试样表面形貌

Fig.8 The surface state of the sample with different mesh sandblasting

层不能满足要求。

#### 4 结论

(1) 喷砂对材料基体表面有一定损伤,砂粒粒径越大对材料基体表面的损伤越严重,表面粗糙度值越大,耐蚀性越差。

(2) 分别采用 40 目、150 目、220 目、W40 砂粒喷砂的 45#钢试样进行镀锌后,镀锌层耐蚀性较差,经 48 h 盐雾试验后表面出现不同程度的腐蚀现象,随着时间延长至 96 h 后表面腐蚀逐渐加重,且砂粒目数越低粒径越大,试样表面锌镀层腐蚀越严重。

(3) 分别采用 40 目、150 目、220 目、W40 砂粒喷砂的 45#钢试样进行镀镉后,镀镉层耐蚀性较好,经 360 h 盐雾试验后表面均未出现腐蚀现象,砂粒目数

对镉镀层表面耐蚀性无明显影响。

#### 参考文献

- [1] 汪余博,戴京涛,苏洪波,等. 喷砂工艺对粘接耐久性能的影响及评价研究[J]. 中国胶粘剂, 2021, 30(5): 60-64.
- [2] 李忠敏,薛磊,杨海波. 喷砂工艺在船舶涂装后阶段生产中的应用[J]. 江苏科技信息, 2021, 30:42-47.
- [3] 刘耀洲. 喷砂(抛丸)工艺对建筑钢结构表面的影响[J]. 中外建筑, 2009, 5: 243-244.
- [4] 都昌林,易春龙. 钢桥面无尘喷砂除锈设备及施工工艺[J]. 表面技术, 2004, 2: 46-47.
- [5] 龙袁,郝玉林,刁鑫林,等. 喷砂工艺对 22MnB5 热成形钢涂装性能的影响[J]. 电镀与涂饰, 2022, 41(8): 561-565.
- [6] Rudawska A, Danczak I, Muller, et al. The effect of sand-

- blasting on surface properties for adhesion[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2016, 70: 176-190.
- [7] 田旭, 李顺新, 裴锋, 等. Q235 钢和镀锌钢在南昌大气环境中的腐蚀行为[J]. 热加工技术, 2022, 51(6): 32-38.
- [8] 魏英华, 袁晓光, 安敏, 等. 喷砂处理对 8Cr4Mo4V 钢表面状态的影响[J]. 航空制造技术, 2019, 62(21): 40-46.
- [9] 李红艳. 喷砂粒径对农业机械涂装膜层性能的影响[J]. 电镀与精饰, 2019, 41(7): 36-37.
- [10] 肖刚, 胡秋, 周立. 铝型材表面喷砂预处理及其对阳极氧化膜性能的影响[J]. 铝合金加工技术, 2001, 29(8): 38-40.
- [11] 缪小吉, 宋璐, 卢阳阳, 等. 喷砂预处理对 20CrMnMo 钢气体渗碳效率及渗层特性的影响[J]. 材料热处理学报, 2021, 42(5): 124-128.
- [12] 刘栓, 孙虎元, 范汇吉, 等. 镀锌钢腐蚀行为的研究进展. 材料保护[J], 2012, 12: 42-45.
- [13] 陈亚. 现代实用电镀技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004: 239-240.
- [14] 肖革, 杨晓波, 向可友, 等. 电镀锌及热浸镀锌钢板磷化工艺新进展[J]. 电镀与精饰, 2021, 43(9): 31-32.
- [15] 陈心欣, 付益平, 刘秀珍, 等. 电镀锌工艺盐雾试验研究[J]. 环境技术, 2021(增刊): 33-36.
- [16] 唐春华. 锌及锌合金板材的磷化工艺[J]. 材料保护, 2000, 33(11): 26-35.
- [17] 唐春华. 金属表面磷化技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 3-4.
- [18] 吴悔, 吴长军, 刘亚, 等. 表面预氧化温度对球墨铸铁热浸镀锌层组织的影响[J]. 材料保护, 2022, 55(3): 7-13.
- [19] 杨志业, 胡遐林, 王进军, 等. 民用飞机镀锌镍工艺研究[J]. 材料保护, 2022, 55(3): 98-101.
- [20] 毛喆, 胡剑锋, 黄红武, 等. 对镀镉层防护不当的常见现象及防控措施[J]. 电镀与精饰, 2021, 43(2): 47-50.
- [21] 万冰华, 费敬银, 王磊, 等. 钢铁基体电镀锌合金的研究现状[J]. 电镀与精饰, 2010, 32(6): 19-20.
- [22] 章葆澄. 电镀工艺学[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1993: 77.