

碱性抛光工艺中铝制品表面光泽度的表征

潘梦雅¹,徐善坤¹,岑豫皖²,李晓东¹,张创优¹,张千峰¹

(1.安徽工业大学分子工程与应用化学研究所,安徽 马鞍山 243002;2.国家机床产品质量监督检测中心,安徽 马鞍山 243100)

摘要:以光泽度作为铝合金制品表面粗糙度的评价指标之一,进行碱性化学抛光实验。采用光泽度仪测试铝合金表面的光泽度,并通过原子力显微镜测试其粗糙度。实验结果表明铝合金表面光泽度越高,其表面粗糙度则越低,其中在抛光基础液加入钼酸铵 40 g/L 的条件下,5052 铝合金光泽度可达 299 Gs,对应的表面粗糙度为 6.395 nm。

关键词:铝合金;粗糙度;光泽度;原子力显微镜

中国分类号:O 612.3 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-7872.2017.03.009

Glossiness Charaterization of Aluminum Product Surface in the Alkaline Chemical Polishing Processes

PAN Mengya¹, XU Shankun¹, CEN Yuwan², LI Xiaodong¹, ZHANG Chuangyou¹, ZHANG Qianfeng¹

(1. Institute of Molecular Engineering and Applied Chemistry, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, China; 2. National Machine Quality Supervision and Inspection Center, Ma'anshan 243100, China)

Abstract: Taking glossiness as one of evaluation index of surface roughness for aluminum alloy products, alkaline chemical polishing experiments were carried out. The glossiness of the surface of the aluminum alloy was tested by using a gloss meter and its roughness was measured by an atomic force microscopy. The experimental results showed that the higher the surface gloss of aluminum alloy, the lower the surface roughness. 5052 aluminum alloy glossiness could reach 299 Gs, and the corresponding surface roughness was 6.395 nm, while 40 g/L of ammonium molybdate was added to the polishing base liquid.

Key words: aluminum alloys; roughness; glossiness; atomic force microscope

表面光泽度是构成材料表面视觉特征的重要参数之一,可用以表征材料表面性质的主要特征,其数值大小可以说明材料的表面视觉效果好坏和表面质量优劣^[1],目前主要应用于木材、树脂、汽车涂漆等材料表面质量的判别^[2-3]。金属表面光泽度主要反映金属材料表面的光学性质,当制品所选材料一定时,微观几何不平整度就成为影响光泽度的重要因素之一,而微观几何不平整度可以由表面粗糙度和表面峰密度表示,且板材表面粗糙度与峰密度越大,则光泽度越小。因此,可以通过光泽度大小来初步评判板材表面粗糙度与表面峰密度,进而通过评估抛光后板材表面的平整度来评价抛光效果优劣^[4-6]。而铝合金表面质量大多通过红外反射、扫描电子显微镜、原子力显微镜等测试手段测试其反射率、表面微观形貌及粗糙度来表征,但这些方法存在延时性、效果单一、测试费用高、或不适合广泛应用等缺点^[7]。本文采用光泽度仪对铝板表面粗糙度进行测试,以探索对铝板表面抛光效果进行快速表征的有效方法。

收稿日期:2017-03-29

基金项目:校企产学研联合科技攻关项目

作者简介:潘梦雅(1995—),女,安徽六安人,硕士生,研究方向为材料化学。

通信作者:张千峰(1966—),男,安徽和县人,教授,博士生导师,研究方向为应用材料化学。

1 测试仪器及样品

实验主要使用仪器为AG60型镜像光泽度仪(单位为Gs,示值误差小于(± 1.2)Gs,投射角度为 60° ,标准板和校验板光泽度分别为94.0,51.1Gs);CSPM400型原子力显微镜;实验用板材为6061与5052铝板。

2 实验与测试方法

2.1 实验原理

光泽度仪通过将电能转换成光能,为测试提供所需要的光源,光源射出一束光经过光源滤片,再由聚光透镜聚集射向入射透镜,然后变成一束平行光,射到样品表面。经过样品表面反射到接受透镜,由接收函数修正滤光片修正后进入接收光阑,再形成图像。随后由接收器接受转化为光泽度仪显示器上的数字,其具体形成过程见图1^[8]。

2.2 抛光实验工艺与流程

不同铝合金需要不同的抛光工艺,6061铝合金的抛光工艺与基础液配方为:抛光时间30s,抛光温度 50°C ,氢氧化钠250g/L、硝酸钠150g/L、硅酸钠15g/L、氟化钾13g/L;5052铝合金抛光工艺与基础液配方为:抛光时间10s,抛光温度 65°C ,氢氧化钠250g/L、硝酸钠150g/L、硅酸钠10g/L、氟化钾10g/L;所需溶解试剂均为蒸馏水。抛光实验流程如图2所示。

2.3 光泽度测试

采用型号为AG60的镜像光泽度仪对板材的中心和四角五个点进行光泽度测试,并取五次测试结果的平均值作为所测铝板的光泽度,光泽度数值保留三位数字^[9]。

2.4 表面形貌测试

利用CSPM400型原子力显微镜(AFM)测试经不同抛光液处理后的铝板的表面形貌,观察分析铝板表面的凹凸情况与粗糙度 R_a 值,测试面积为 $5\,000\text{nm} \times 5\,000\text{nm}$ 。

3 结果与讨论

3.1 基础液对光泽度的影响

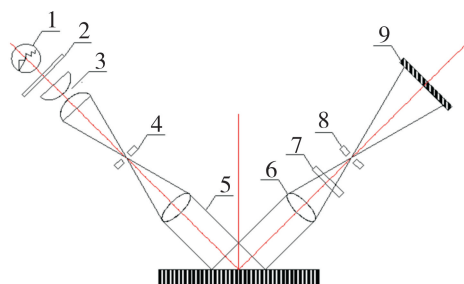
抛光基础液配方与工艺如前文所述,分别对6061与5052铝合金进行抛光实验,并测试抛光前后铝合金表面光泽度,实验结果见表1。

由表1可知,抛光处理后铝合金表面光泽度较抛光前有较大提高,主要是因为抛光液中含有腐蚀剂、光亮剂等组分,共同作用使得铝板平整、光亮,光泽度上升^[10-11]。

3.2 钼酸铵对光泽度的影响

抛光基础液中加入40g/L钼酸铵,分别对6061与5052铝合金进行抛光实验,并测试抛光前后铝合金表面光泽度,实验结果见表2。

由表2可知,钼酸铵有利于抛光后铝合金表面光泽度的提升,在低温的条件下,钼酸铵可以在铝合金表面形成具有一定黏性的钝化膜,对凹陷处起到保护作用,使得铝合金表面凸出处的溶解速度显著大于凹陷



1.光源; 2.光源光谱修正滤光片; 3.聚光透镜;
4.光源光阑; 5.入射透镜; 6.接收透镜;
7.接收函数修正滤光片; 8.接收光阑; 9.接收器

图1 光泽度仪光路示意图

Fig. 1 Optical path diagram of gloss meter

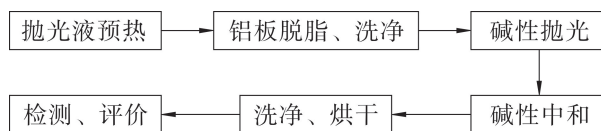


图2 抛光实验流程

Fig. 2 Process of polishing experiment

表1 基础液对光泽度的影响

Tab. 1 Influence of basic liquid on gloss

| 铝合金品种 | 光泽度/Gs | |
|-------|--------|-----|
| | 抛光前 | 抛光后 |
| 6061 | 75.9 | 235 |
| 5052 | 70.9 | 202 |

处,使铝合金表面平整,光泽度上升^[12]。

3.3 硫脲对抛光效果的影响

抛光基础液中加入 20 g/L 硫脲,分别对 6061 与 5052 铝合金进行抛光实验,并测试抛光前后铝合金表面光泽度,实验结果见表 3。

由表 3 可知,硫脲作用效果与硫脲相似,有利于抛光后铝合金表面光泽度的提升^[12];而 5052 铝合金抛光后光泽度较低可能是所选铝板抛光前光泽度较低,表面粗糙度较高。

3.4 原子力显微镜测试(AFM)

对于上述不同配方及工艺抛光后的铝制品,采用 CSPM400 原子力显微镜对其表面形貌进行测试,结果见图 3,4。其中图 3 为对 6061 铝板抛光后的结果,图 4 为对 5021 抛光结果。

图 3 和图 4 中白色与黑色区域分别表示凸出与凹陷部分,图 3(a)~(c),图 4(a)~(c)的表面粗糙度 R_a 分别为 112.002, 22.689, 16.110 nm 和 183.615, 6.395, 101.367 nm。从铝板表面形貌可以看出,不同实验条件下,铝板表面的凹凸程度存在较大差别。基础液抛光的铝板所测光泽度数值较小,表面凹凸程度较高;抛光液中加入添加剂有助于铝合金光泽度的提升,对应的原子力显微镜图中凹凸部分减少。用基础液+40 g/L 钼酸铵抛光的 5052 铝合金表面最为光滑、平整,表面平坦,仅存在少量的凸出部分,与光泽度测试结果一致。

表 2 钼酸铵对光泽度的影响

Tab. 2 Influence of ammonium molybdate on gloss

| 铝合金品种 | 光泽度/Gs | |
|-------|--------|-----|
| | 抛光前 | 抛光后 |
| 6061 | 73.0 | 272 |
| 5052 | 65.9 | 299 |

表 3 硫脲对光泽度的影响

Tab. 3 Influence of thiourea on gloss

| 铝合金品种 | 光泽度/Gs | |
|-------|--------|-----|
| | 抛光前 | 抛光后 |
| 6061 | 86.8 | 274 |
| 5052 | 42.8 | 239 |

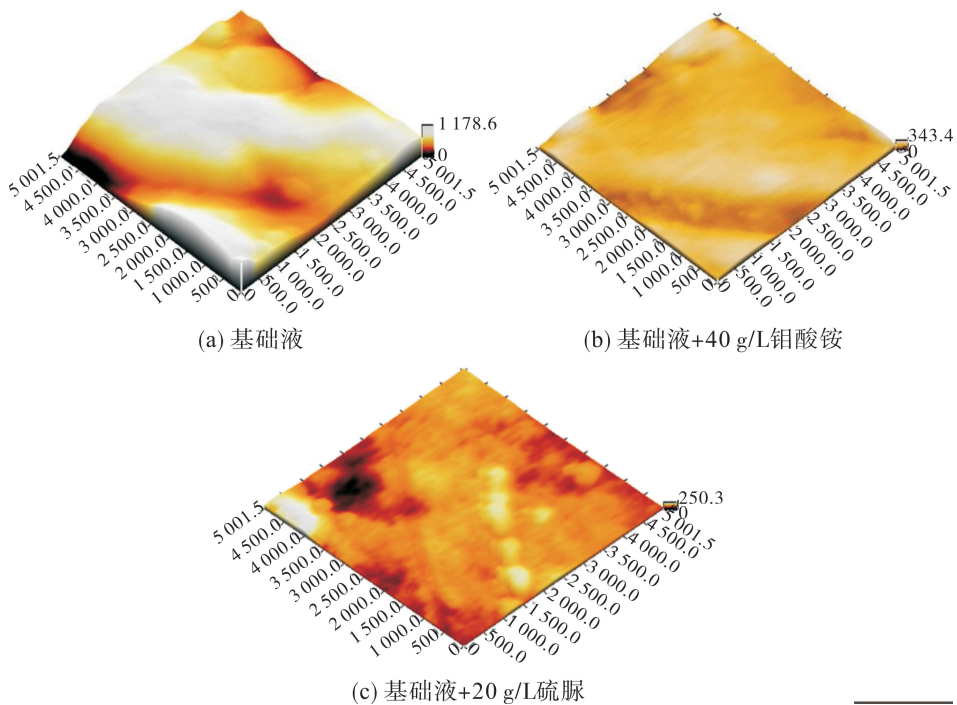


图 3 6061 铝合金表面(单位, nm)

Fig. 3 Surface topography of 6061 aluminum alloy(unit, nm)

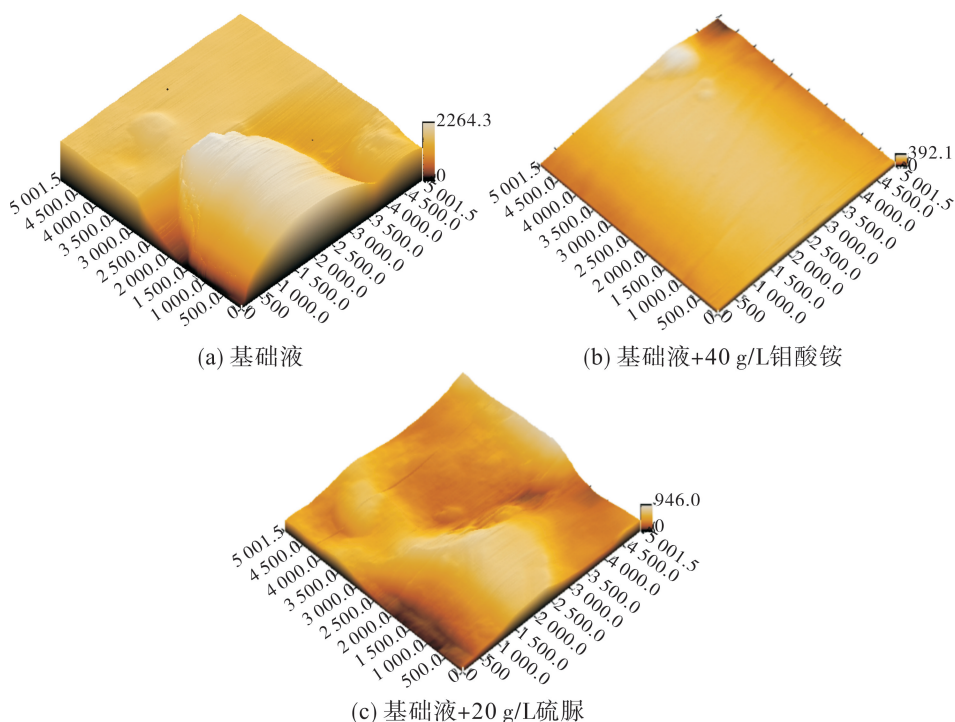


图4 5052铝合金表面形貌(单位,nm)

Fig. 4 Surface topography of 5052 aluminum alloy (unit, nm)

4 结 论

以碱性化学抛光体系进行铝合金抛光实验,探究不同抛光液下铝合金表面光泽度与抛光效果的关系。实验结果表明:光泽度可以用于铝合金表面抛光效果的表征,抛光后铝合金表面光泽度越高,测试所得的粗糙度越低;6061铝合金抛光后其光泽度可达274 Gs,对应的表面粗糙度为16.110 nm;5052铝合金光泽度可达299 Gs,对应的表面粗糙度为6.395 nm。因此,在实际应用工业生产中,光泽度数值的大小可以表示铝合金表面抛光效果的优劣,光泽度可应用于铝合金表面质量的表征。

参考文献:

- [1] 刘亚娜,杨忠,吕斌,等. 木材表面光泽度的近红外漫反射光谱技术快速测定研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(3):648-651.
- [2] 宋振彪,孙志坚,胡慧林,等. ABS树脂光泽度测试方法研究Ⅱ[J]. 塑料工业, 2014, 42(2):107-110.
- [3] 何拓,罗建举. 20种红木类木材颜色和光泽度研究[J]. 林业科技开发, 2016, 1(2):44-48.
- [4] 廖大政,王纳新,庞虹. 汽车面漆涂层光泽度测量不确定度的评估[J]. 汽车工艺与材料, 2016, (11):13-14.
- [5] 赵诚,单芳. 不锈钢冷轧带钢表面光洁度的控制[J]. 山西冶金, 2003, 25(4):43-45.
- [6] 张清东,张勃洋,李瑞,等. 镀锡钢板表面光泽度轧制转印控制[J]. 机械工程学报, 2016, 52(14):48-57.
- [7] 张艳红,张生万,吴菊花. 红外反射光谱法在金属表面光洁度表征中的应用[J]. 分析科学学报, 2010, 26(2):232-234.
- [8] 曹同章. 塑料镜面光泽测试的研究[J]. 中国塑料, 1997(2):69-74.
- [9] 中华人民共和国轻工业部. 塑料镜面光泽试验方法:GB/T 8807—1988[S]. 北京:中国标准出版社, 1988.
- [10] 郭忠诚. 铝和铝合金的碱性抛光及着色工艺研究[J]. 电镀与涂饰, 1994, 13(3):34-37.
- [11] 周荣明,严惠根. 铝和铝合金碱性化学抛光液及工艺的研究[J]. 上海大学学报(自然科学版), 2000, 6(4):371-374.
- [12] 诸荣孙. 铝合金碱性抛光液及其工艺条件[J]. 中南工业大学学报, 2001, 32(2):154-156.

责任编辑:丁吉海