



腐蚀环境与疲劳载荷作用下 AZ31 镁合金 声发射波形特征分析

贺秀丽¹, 梁红玉¹, 闫志峰², 白 瑞¹

(1. 太原工业学院 机械工程系, 太原 030008;
2. 太原理工大学 材料科学与工程学院, 太原 030024)

摘 要: 利用声发射技术对 AZ31 镁合金在不同环境(腐蚀、疲劳载荷)下进行实时监测分析, 研究表明: 腐蚀疲劳耦合作用下与疲劳载荷作用下相比, 镁合金声发射波形都表现出周期性、台阶性及瞬断突发型等特点, 但不同的是二者周期性波形形状不同, 腐蚀疲劳耦合作用下镁合金声发射周期性波形平均波幅降低 50%、波幅台阶性现象趋缓。这主要是由于周围腐蚀环境的存在有助于缓解疲劳损伤的累积。

关键词: AZ31 镁合金; 声发射波形; 腐蚀环境; 疲劳载荷

文章编号: 1004-0609(2021)-04-0826-10

中图分类号: TH142.3

文献标志码: A

引文格式: 贺秀丽, 梁红玉, 闫志峰, 等. 腐蚀环境与疲劳载荷作用下 AZ31 镁合金声发射波形特征分析[J]. 中国有色金属学报, 2021, 31(4): 826–835. DOI: 10.11817/j.ysxb.1004.0609.2021-37783

HE Xiu-li, LIANG Hong-yu, YAN Zhi-feng, et al. Characteristics analysis of acoustic emission waveform of AZ31 magnesium alloy under corrosive environment and fatigue loading[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2021, 31(4): 826–835. DOI: 10.11817/j.ysxb.1004.0609.2021-37783

作为目前密度最小的金属结构材料, 镁合金具有“轻质高强”等一系列优点, 广泛用于陆、海、空、天领域。且这些领域中的运载装备大多承受交变载荷, 对镁合金疲劳性能提出一定要求。但金属镁化学性质活泼, 耐蚀性差, 即使在空气中也很容易发生氧化反应, 腐蚀环境的叠加将更严重制约镁合金构件服役疲劳可靠性能^[1-3]。

迄今镁合金疲劳性能的评定方法主要有断裂力学实验法^[4-7]、有限元数值模拟法^[8-10]、红外热像法^[11-13]、X 射线成像法^[14]等。这些方法的局限性主要有: 不适用于对复杂构件的疲劳断裂评定、不适用腐蚀环境(尤其是液态)、光源价格昂贵、移动检测困难、成本高等。相比之下, 声发射技术是利用金属材料变形或裂纹扩展过程中的声能信息特征, 对材料变形、裂纹萌生及扩展(表面、内部)进行分

析, 具有无损、可透过腐蚀环境对材料进行在役无损监测等优点。

因此, 本文采用声发射技术对镁合金在腐蚀环境下的疲劳加载过程(腐蚀疲劳)进行实时监测分析, 探讨腐蚀环境与疲劳载荷对 AZ31 镁合金声发射波形特征的影响。本文研究将有助于丰富镁合金腐蚀疲劳声发射波形特征分析理论, 对未来镁合金构件的安全可靠应用具有重要意义。

1 实验

实验材料为厚度为 5 mm 的 AZ31 镁合金挤压板材, 其成分为(质量分数, %): Al、2.95; Zn、0.86; Mn、0.33; 余量为 Mg。其室温抗拉强度为 275 MPa, 屈服强度为 183.5 MPa, 断后伸长率为 22.7%。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51705350); 山西省高等学校科技创新项目(2019L0922); 山西省“1331 工程”协同创新中心建设计划经费资助项目(2017-07)

收稿日期: 2020-07-10; **修订日期:** 2020-12-04

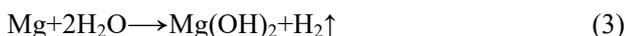
通信作者: 贺秀丽, 副教授, 博士; 电话: 15835122173; E-mail: good.168@126.com

疲劳实验设备为 SDS-100 电液伺服疲劳试验机并配备腐蚀箱, 疲劳加载频率 f 为 10 Hz, 应力比 r 为 0.1。实验环境为 3.5% NaCl 溶液(模拟海洋环境), 与空气(相对湿度 35%, 25 °C)对比分析。疲劳实验过程中采用 DS-5 系列全信息声发射信号分析仪对镁合金(腐蚀)疲劳实验过程进行实时监测分析。

2 结果与讨论

2.1 镁合金在腐蚀环境下的声发射波形特征

图 1(a)所示为 AZ31 镁合金在 3.5% NaCl(质量分数)溶液中静置一段时间后的声发射波形图。可以看出, 整个波形图是由常见的突发型(见图 1(b))和连续型(见图 1(c))两种波形相互交织构成。连续型声发射波形一般表示材料产生的塑性变形量较小, 突发型声发射波形的产生主要与缺陷(显微裂纹)的形成有关^[15]。如图 1(a)所示, 在试验初始阶段就立即出现了突发型波形。这可能是由于金属镁及镁合金化学性质活泼, 在全浸腐蚀试验过程中, 试样刚一接触 3.5% NaCl 溶液(质量分数)就会发生剧烈反应, 其阳极溶解、阴极析氢及总反应式如式(1)、(2)和(3)所示^[16-18]。



附着在试样表面的阳极反应主要腐蚀产物 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的形成和阴极析出氢气泡的破裂等都是主要声发射源^[19-20]。而 NaCl 溶液中 Cl^- 直径小, 穿透力强^[21], 可以与镁合金主要腐蚀产物 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 发生化学反应, 使其溶解 MgCl_2 ^[22], 从而加速推进腐蚀反应进程, 使试样表面很快发生腐蚀破坏。

图 2(a)所示为图 1(a)中初始阶段声发射波形(矩形区域)回放图, 如图 2(a)中横坐标进度条指示所示。图 2(b)所示为快速傅里叶变换 FFT(Fast Fourier Transform)频谱, 可以看出相应波形频率主要集中在 70~450 kHz 范围内, 主要峰值频率约为 150 kHz, 是腐蚀破坏的发生频率。图 2(c)所示为 AZ31 镁合金腐蚀试验过程中(如图中横坐标进度条指示所示)

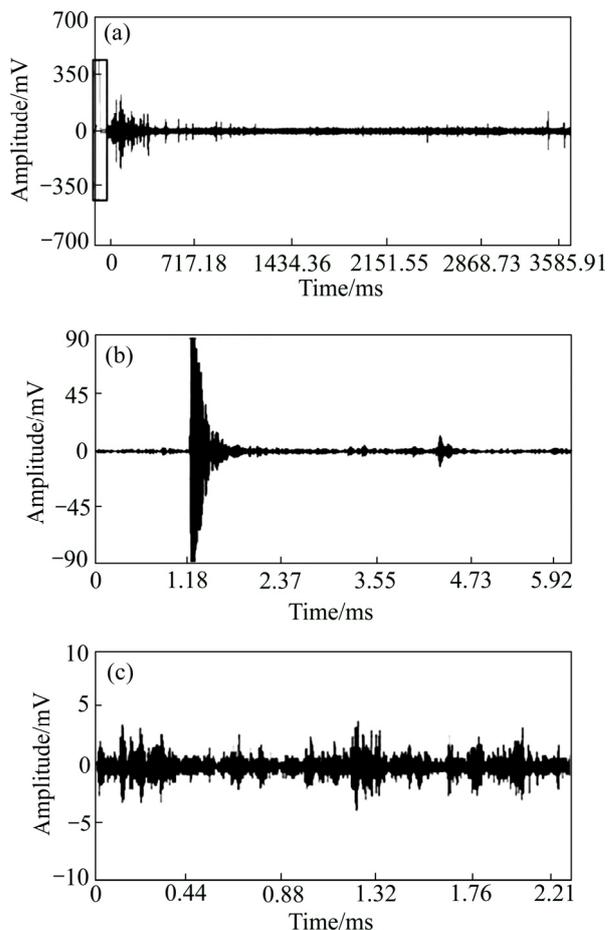


图 1 AZ31 镁合金在 3.5% NaCl 溶液中静置一段时间后的声发射波形图

Fig. 1 AE waveform of AZ31 magnesium alloy after etching in 3.5% NaCl solution for a period of time: (a) Overall waveform; (b) Burst type waveform; (c) Continuous waveform

声发射波形回放图, 图 2(d)所示为 FFT 频谱图, 可以看出, AZ31 镁合金腐蚀试验过程中声发射波形频率主要集中在 80~300 kHz 范围内, 峰值频率约为 180 kHz。

2.2 镁合金在空气中疲劳载荷作用下的声发射波形特征

图 3(a)所示为镁合金在空气中疲劳试验后的声发射整体波形图(σ_{\max} 为 140 MPa)。初步分析, 波形整体较平整, 仅在初始阶段和最后阶段有明显波峰出现。还可看出, 由于疲劳加载过程中存在各种噪音: 疲劳试验机产生的干扰、工装和夹具间的撞击

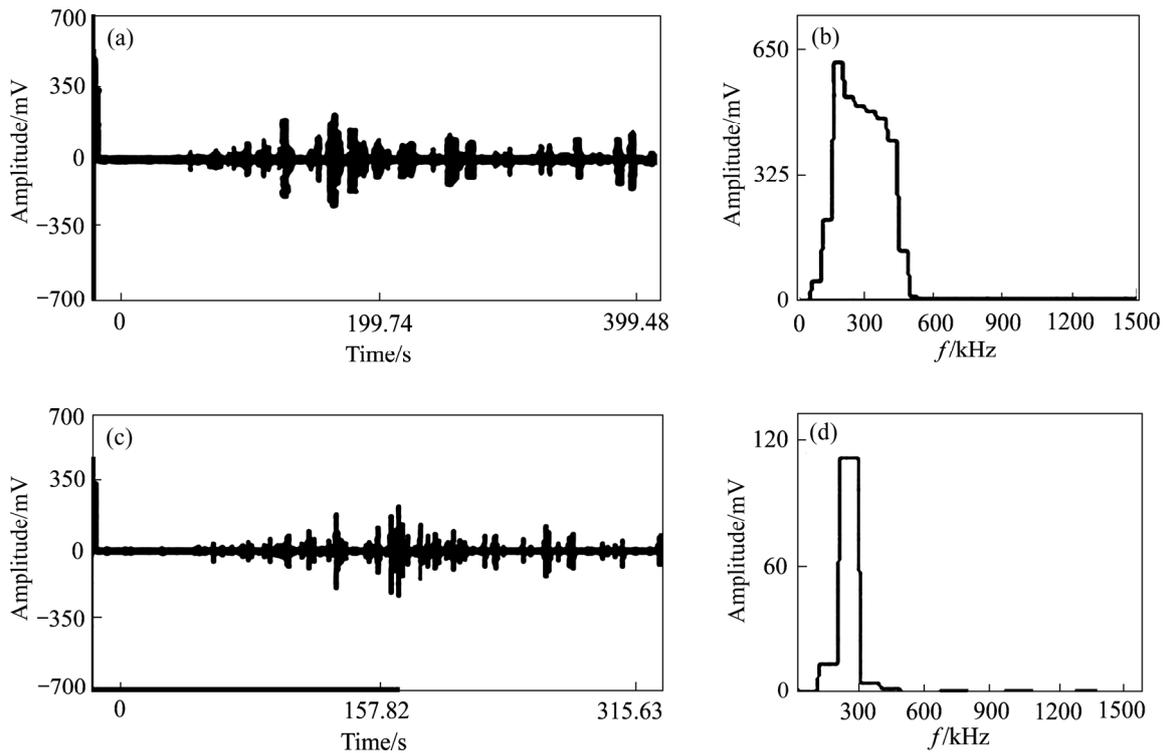


图2 AZ31 镁合金腐蚀试验初始和过程中(见横坐标进度条指示)声发射波形数据处理

Fig. 2 AE waveform data processing at initial stage and midst of AZ31 magnesium alloy corrosion test (see indicator on abscisic progress bar): (a) Playback of initial waveform; (b) FFT spectrum of Fig. 2(a); (c) Playback of midst waveform; (d) FFT spectrum of Fig. 2(c)

摩擦、周围声音共振等,使疲劳试验声发射背景噪声信号较多。AZ31 镁合金在空气中疲劳载荷作用下声发射波形主要有突发型和连续型两种波形,分别如图 3(b)和(c)所示。其中,较明显的突发型波形波峰可以达到约 300 mV。进一步放大连续型波形分析,可以看出,这些连续型波形是由许多周期性波形特征组成,类似疲劳加载正弦波形规律,周期性波峰较低约为 80 mV,如图 3(d)和(e)。疲劳裂纹扩展往往发生在载荷接近最大值时,裂纹闭合往往发生在载荷降低或反向加载时。

图 4 所示为图 3(a)中波形初始阶段(矩形区域)回放图,可以看出,声发射试验刚开始(1s 以内)就会出现几个波峰,根据横坐标进度条显示,初始波形主要发生在 80~210 kHz 频率范围内,峰值频率约为 150 kHz 左右,如图 4(a)和(b)所示。经短暂(8 s)疲劳加载后,波幅会快速提高一个水平,由 50 mV 左右提高至约 100 mV(见图 4(c)),见横坐标进度条指示位置。之后,基础波幅均维持在这一水平。这

跟上文论述一致,是由于疲劳试验过程中周围噪音较多产生的。波幅提升时,波形主要发生在 75~300 kHz 频率范围内,峰值频率约为 160 kHz(见图 4(d))。

图 5 所示为疲劳试验过程中(a)及断裂瞬时(c)声发射波形图,如图中横坐标进度条指示所示。根据图 5(a),疲劳加载过程中波形主要发生在 70~400 kHz 频率范围内,峰值频率约为 180 kHz,如图 5(b)所示。断裂瞬时,疲劳变形损伤累积能量得以释放,产生突发型声发射波形信号(见图 5(c)),主要发生频率集中在 75~225 kHz 范围内,其中峰值频率约为 180 kHz(见图 5(d))。

与镁合金在腐蚀环境下的声发射波形特征图 1 和图 2 相比,镁合金在疲劳载荷作用下,声发射波形图波形较大,突发型波形出现次数增多,且由于加载周期性特点,使波形也具有周期性特征,如图 3 所示。另外,当镁合金在疲劳交变载荷作用下产生不可逆损伤时,声发射波幅将出现增大现象,波幅上升一个“台阶”,如图 4(c)所示,一直

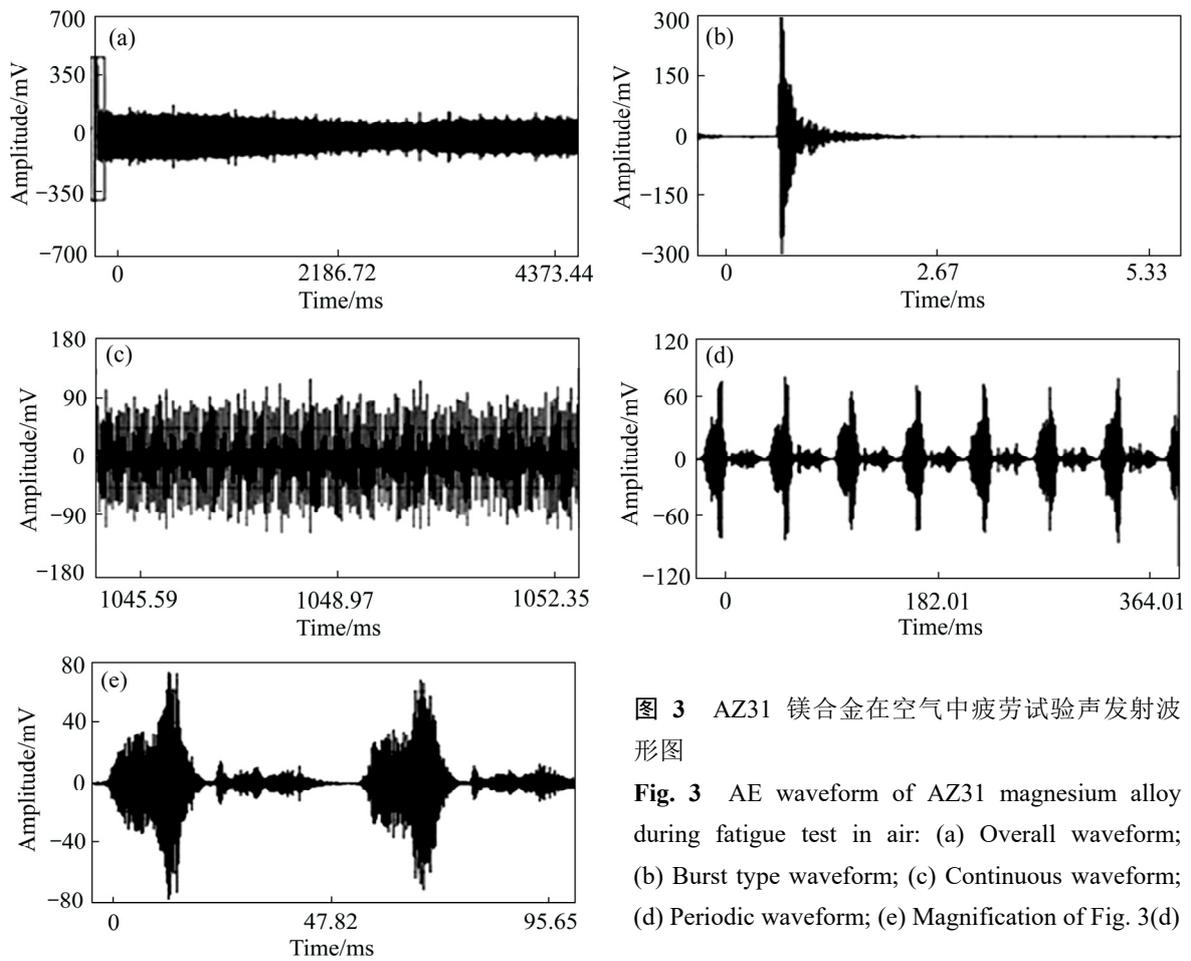


图 3 AZ31 镁合金在空气中疲劳试验声发射波形图
Fig. 3 AE waveform of AZ31 magnesium alloy during fatigue test in air: (a) Overall waveform; (b) Burst type waveform; (c) Continuous waveform; (d) Periodic waveform; (e) Magnification of Fig. 3(d)

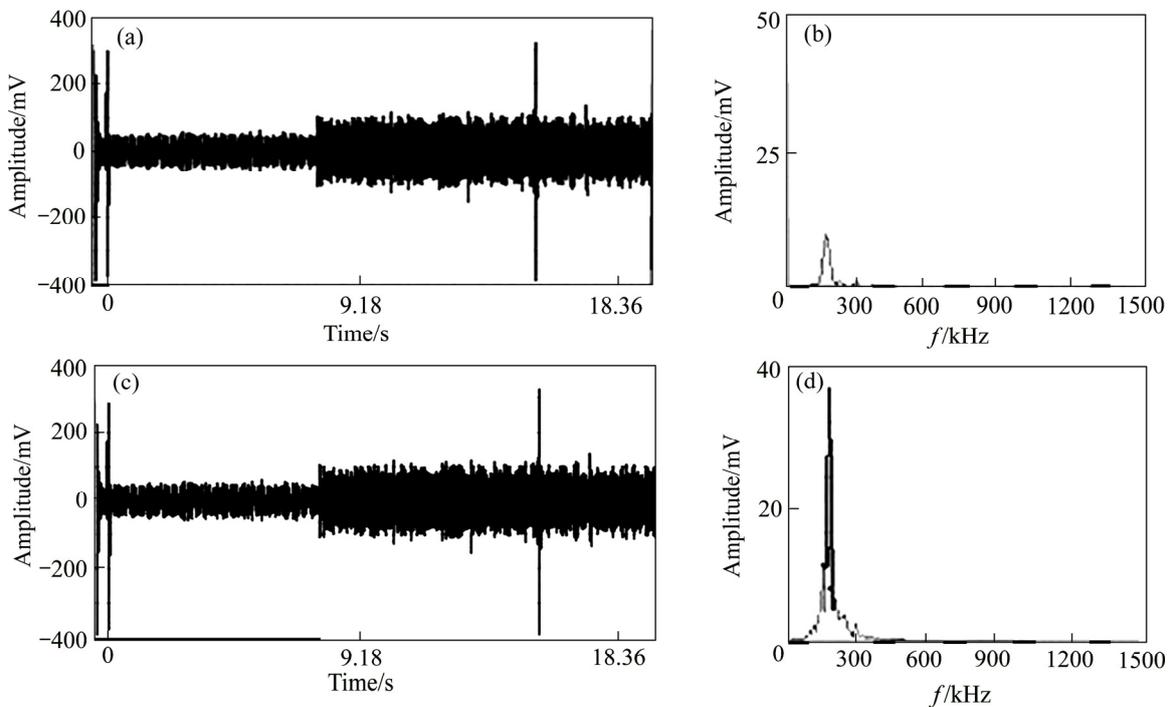


图 4 AZ31 镁合金疲劳试验过程初始阶段(见横坐标进度条指示)声发射波形数据处理

Fig. 4 AE waveform data processing at initial stage of AZ31 magnesium alloy during fatigue test (see indicator on abscisic progress bar): (a) Playback of initial waveform; (b) FFT spectrum of Fig. 4(a); (c) Playback of rising amplitude waveform; (d) FFT spectrum of Fig. 4(c)

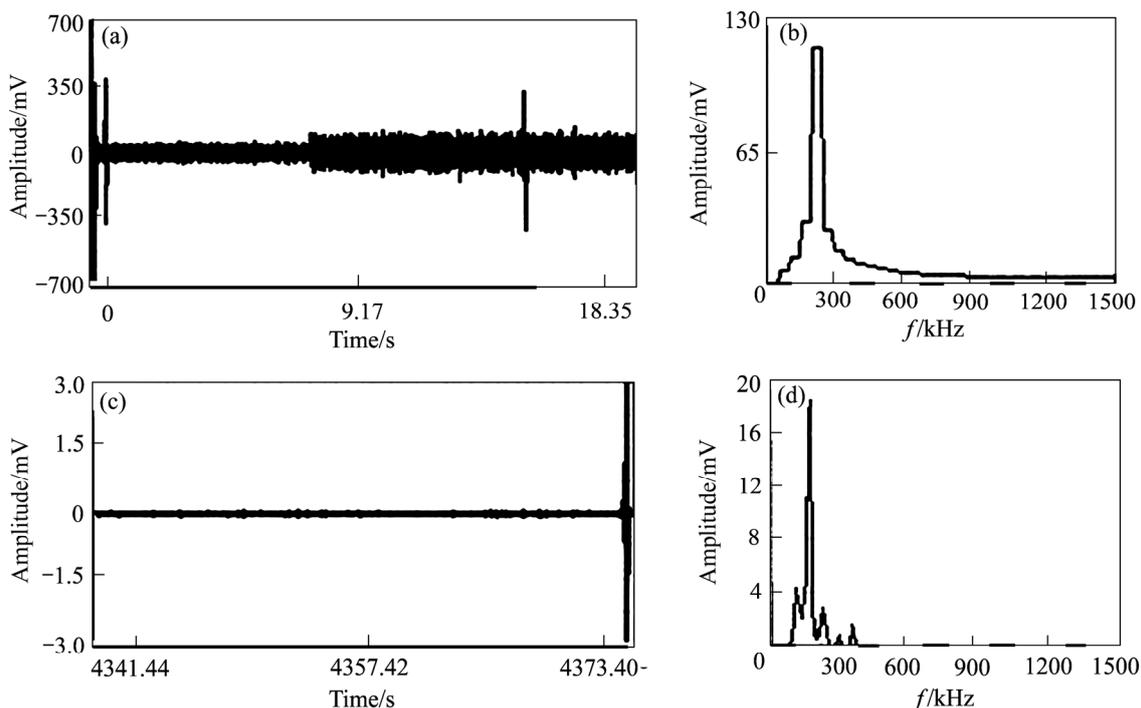


图5 AZ31 镁合金疲劳试验过程中和断裂时(见横坐标进度条指示)声发射波峰数据处理

Fig. 5 AE waveform data processing at midst stage and fracture of AZ31 magnesium alloy during fatigue test (see indicator on abscisic progress bar): (a) Playback of midst waveform; (b) FFT spectrum of Fig. 5(a); (c) Playback of fracture waveform; (d) FFT spectrum of Fig. 5(c)

延续至试样断裂,可将其称为“台阶性”。最后,当疲劳损伤累积到一定程度,试样不足以承受累积应变或强度将发生断裂,断裂瞬时疲劳损伤长期累积的能量得以瞬间释放,因此,将产生很明显的声发射突发型波形特征,如图5所示。这与腐蚀环境下镁合金波形特征不同,镁合金在腐蚀环境中的试验是试样静置于腐蚀环境中发生自然侵蚀,没有周期性、台阶性及突然断裂造成能量瞬时释放等特征。

2.3 镁合金在腐蚀疲劳耦合环境下的声发射波形特征

图6(a)所示为镁合金在3.5% NaCl溶液中开展疲劳试验(腐蚀疲劳, σ_{\max} 为120 MPa)后的声发射波形图。可以看出,整个波形图同样是由突发型(见图6(b))和连续型(如图6(c))两种波形构成。此外,还可以看到明显的周期性波形图(见图6(d)和(e)),与疲劳加载正弦波形吻合(见图3(d)和(e))。

将图6(a)中AZ31镁合金腐蚀疲劳试验过程初

始声发射波峰进一步放大处理,如图7所示。可以看出初始波峰主要有两个,根据时间历程指示(横坐标进度条),可以看出第一个波峰发生频率主要集中在75~450 kHz,其峰值频率约为150 kHz,如图7(a)和(b)所示。第二个波峰与第一个波形间隔时间很短,仅为4 s左右(如横坐标进度条指示所示),发生峰值频率主要集中在225 kHz,如图7(c)和(d)所示。对初期波形进一步放大回放分析,如图7(c)中矩形区域,放大回放后如图7(e)所示。可以看出,腐蚀疲劳实验经过一小段时间(10 s左右)后,如横坐标进度条指示所示,波幅整体提高一定幅度,转变阶段波形峰值频率主要集中在约160 kHz(见图7(f))。波幅整体提高这一现象是与腐蚀环境下AZ31镁合金波形特征又一不同点。

再选取AZ31镁合金腐蚀疲劳试验中间及断裂瞬时声发射波形数据进一步处理,如图8所示。根据图8(a)中横坐标进度条指示可以看出,疲劳试验过程中,偶尔也会出现突发型声发射波形,图8(a)箭头所示,此时声发射波形发生在80~430 kHz频

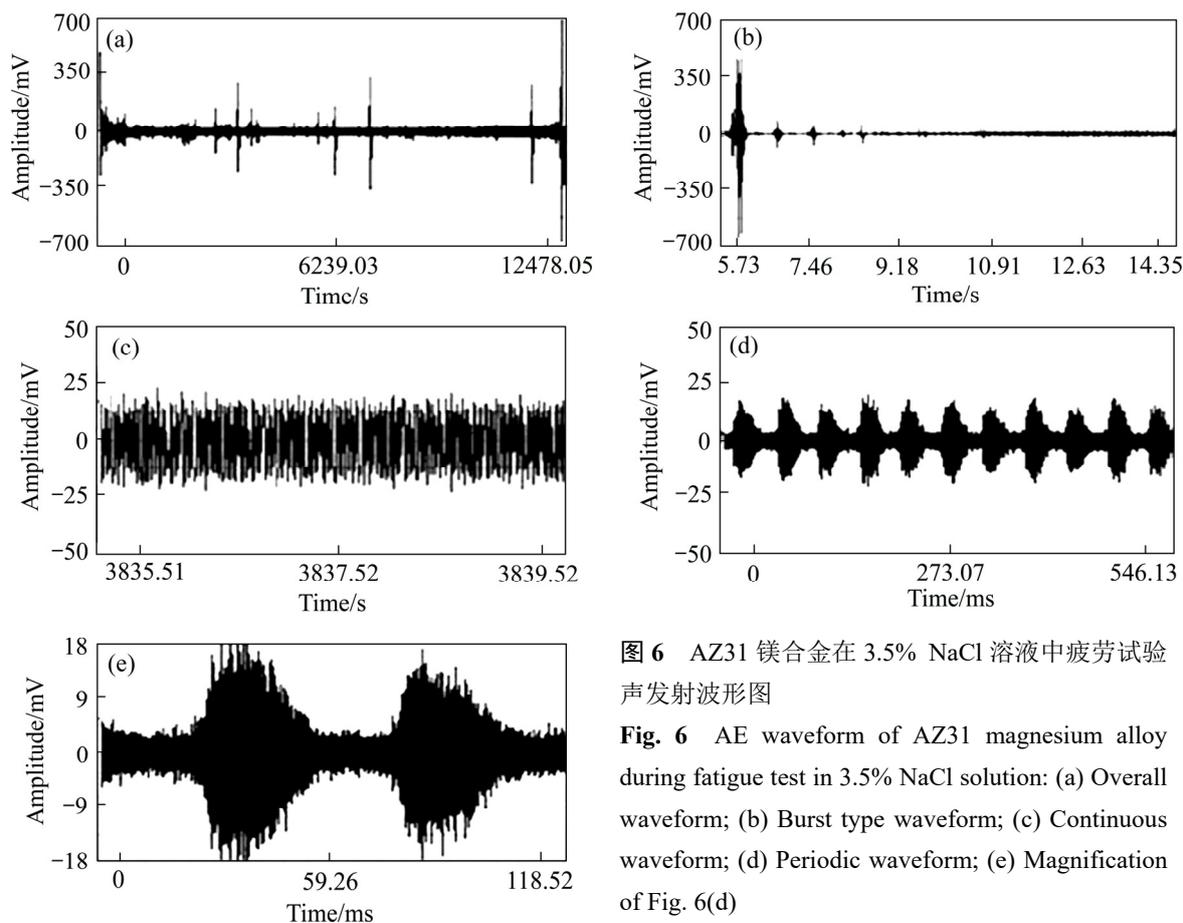


图6 AZ31 镁合金在 3.5% NaCl 溶液中疲劳试验声发射波形图

Fig. 6 AE waveform of AZ31 magnesium alloy during fatigue test in 3.5% NaCl solution: (a) Overall waveform; (b) Burst type waveform; (c) Continuous waveform; (d) Periodic waveform; (e) Magnification of Fig. 6(d)

率范围内, 其峰值频率约为 300 kHz(见图 8(b))。根据文献[15], 疲劳试验过程中会出现二次裂纹不断萌生扩展。疲劳断裂时(如横坐标进度条指示所示), 长时间累积疲劳损伤(塑性变形)瞬间得以释放, 从而出现强烈的声发射信号, 如图 8(c)箭头所示, 主要发生频率集中在 80~225 kHz 范围内, 其中峰值频率约为 125 kHz(见图 8(d))。

综上所述, 与镁合金在腐蚀环境下、疲劳载荷作用下的声发射波形特征进行对比分析, 镁合金在腐蚀疲劳耦合环境下的声发射波形兼具了两种条件下的特征。如 3.2 小节所描述, 镁合金在腐蚀疲劳耦合环境作用下与疲劳载荷作用下一样, 波形具有周期性特点, 且波幅具有台阶性, 断裂瞬时能量释放出现突发型波形特征, 但又有不同。

1) 周期性波形形状不同。镁合金在腐蚀疲劳耦合环境作用下周期性波形(见图 6(d)和(e))与疲劳载荷作用下的周期性波形(见图 3(d)和(e))不同, 后者每个周期性波形尾部都会出现波幅较大的波形(突发型), 这可能是由于疲劳载荷周期性加载使得疲劳

塑性损伤的也具有周期性特点, 塑性变形越大, 声发射信号越强。而腐蚀环境的加入使得塑性变形损伤稍有松弛, 缓冲了声发射周期性突发型波形特征的产生。

2) 周期性波形平均波幅也不同。镁合金在疲劳载荷作用下的周期性波形幅度约为 30 mV, 而镁合金在腐蚀疲劳耦合环境作用下周期性波形幅度约为 14 mV(见图 6(d)和(e)), 降幅约 50%。这同样是由于腐蚀环境的存在使得试样疲劳塑性累积损伤得以缓解。

3) 波幅台阶性现象趋缓。镁合金在腐蚀疲劳耦合环境作用下的波幅台阶性也不像疲劳载荷作用下波幅台阶性那么明显(陡直), 在“迈上”台阶之前, 会有一段爬坡现象, 即波幅是逐渐升高的(见图 7(e)), 而不是像单独疲劳载荷作用时波幅瞬间升高(见图 4(c))。这也是得益于周围腐蚀环境, 因为台阶性的出现是由于疲劳塑性损伤累积到了一定程度, 而腐蚀环境的存在则可以缓解塑性损伤累积的能量, 从而避免突然“迈上”台阶现象的出现。

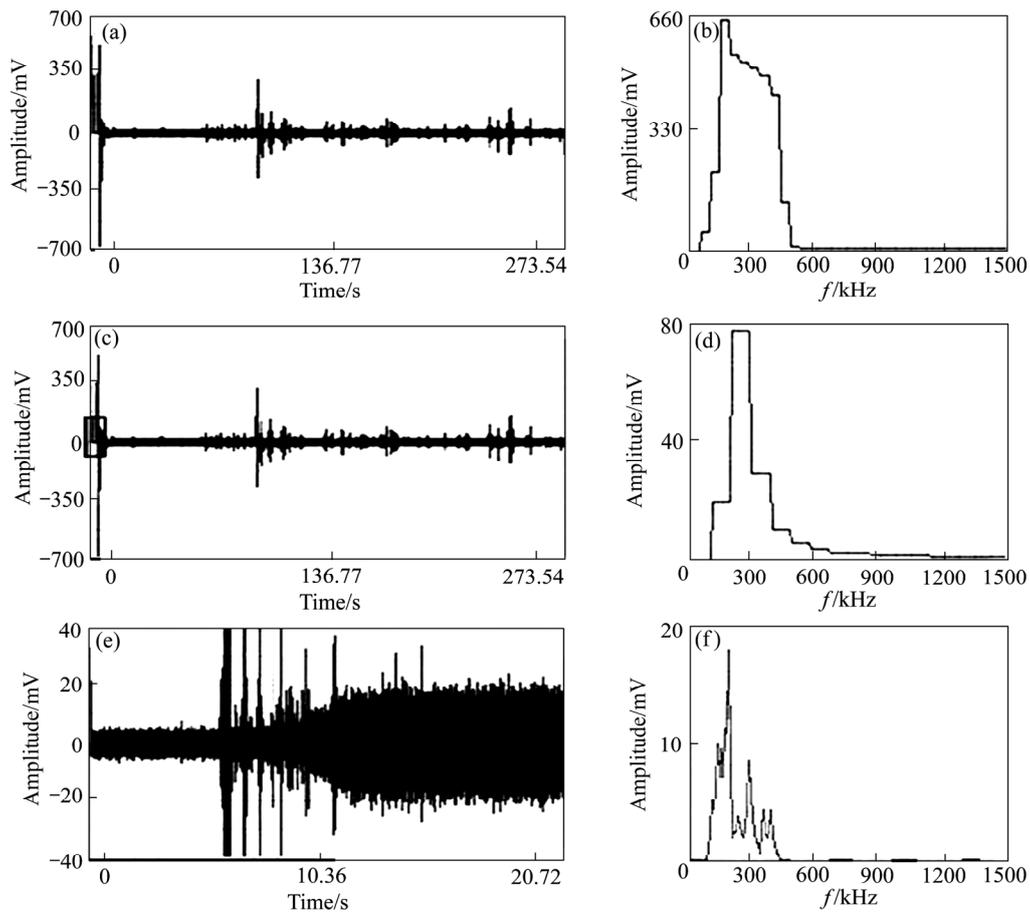


图7 AZ31 镁合金腐蚀疲劳试验过程初始阶段(见横坐标进度条指示)声发射波形数据处理

Fig. 7 AE waveform data processing at initial stage of AZ31 magnesium alloy during corrosion fatigue test (see indicator on abscisic progress bar): (a) Playback of initial waveform; (b) FFT spectrum of Fig. 7(a); (c) Playback of second burst waveform; (d) FFT spectrum of Fig. 7(d); (e) Playback of rising amplitude waveform; (f) FFT spectrum of Fig. 7(e)

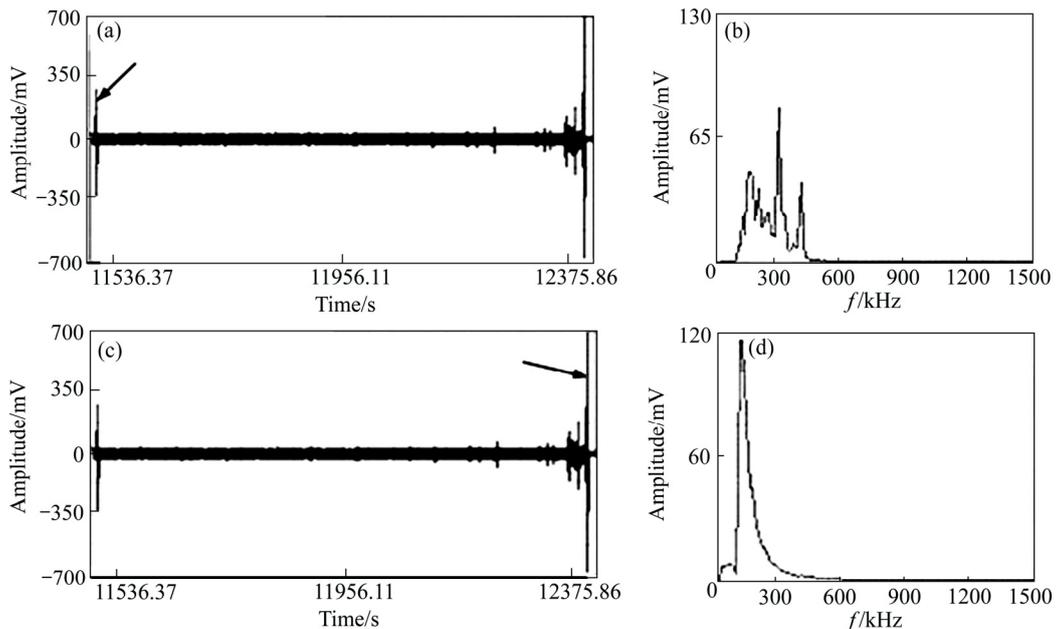


图8 AZ31 镁合金腐蚀疲劳试验过程中和断裂时(见横坐标进度条指示)声发射波峰数据处理

Fig. 8 AE waveform data processing at midst stage and fracture of AZ31 magnesium alloy during corrosion fatigue test (see indicator on abscisic progress bar): (a) Playback of midst waveform; (b) FFT spectrum of Fig. 8(a); (c) Playback of fracture waveform; (d) FFT spectrum of Fig. 8(c)

3 结论

1) 腐蚀环境下镁合金会产生明显声发射波形特征, 且相对平整。阳极产物、阴极析出氢气气泡破裂等都是主要的声发射源。NaCl 溶液中的 Cl^- 可以加速推进阳极溶解及腐蚀反应的发生。

2) 与腐蚀环境作用下不同, 疲劳载荷作用下镁合金声发射波形具有周期性、台阶性及瞬断突发型特点。

3) 腐蚀疲劳耦合作用下镁合金声发射波形与疲劳载荷作用下相比同样具有周期性、台阶性及瞬断突发型特点。但周期性波形形状不同、周期性波形平均波幅也降低了 50%、波幅台阶性现象也趋缓, 这些都是由于周围腐蚀环境的存在, 使试样疲劳累积损伤得以缓解。

REFERENCES

- [1] 雷黎, 闫然, 陈守刚, 等. 植酸 pH 值对 AZ31 镁合金水滑石/植酸复合膜的影响[J]. 中国有色金属学报, 2019, 29(6): 1178–1186.
LEI Li, YAN Ran, CHEN Shou-gang, et al. Effect of pH value of phytic acid on hydrotalcite/phytic acid film on AZ31 magnesium alloy[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2019, 29(6): 1178–1186.
- [2] 关晓楠, 江静华, 陈建清, 等. 表面纳米化对铜镁合金电化学腐蚀行为的影响[J]. 中国有色金属学报, 2017, 27(3): 477–485.
GUAN Xiao-nan, JIANG Jing-hua, CHEN Jian-qing, et al. Effect of surface nanocrystallization on electrochemical corrosion behaviours of Cu-Mg alloy[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2017, 27(3): 477–485.
- [3] 贺玉卿, 彭超群, 王日初, 等. 挤压对 Mg-10Li-5Al-0.02Zr 合金腐蚀行为的影响[J]. 中国有色金属学报, 2019, 29(5): 896–905.
HE Yu-qing, PENG Chao-qun, WANG Ri-chu, et al. Effect of extrusion on corrosion behavior of Mg-10Li-5Al-0.02Zr alloy[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2019, 29(5): 896–905.
- [4] ÖLER K. Consideration of mean-stress effects on fatigue life of welded magnesium joints by the application of the Smith-Watson-Topper and reference radius concepts[J]. International Journal of Fatigue, 2013, 49: 1–17.
- [5] PADMANABAN G, BALASUBRAMANIAN V, REDDY G M. Fatigue crack growth behaviour of pulsed current gas tungsten arc, friction stir and laser beam welded AZ31B magnesium alloy joints[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2011, 211(7): 1224–1233.
- [6] XU Nan, BAO Ye-feng. Enhanced mechanical properties of tungsten inert gas welded AZ31 magnesium alloy joint using two-pass friction stir processing with rapid cooling[J]. Materials Science and Engineering A, 2016, 655: 292–299.
- [7] BOLCHOUN A, SONSINO C M, KAUFMANN H. Multiaxial random fatigue of magnesium laserbeam-welded joints-experimental results and numerical fatigue life evaluation[J]. Procedia Engineering, 2015, 101: 61–68.
- [8] 杨新岐, 许海生, 耿立艳, 等. 局部法评定铝合金 3A21 角接接头疲劳性能[J]. 机械强度, 2005, 27(6): 830–834.
YANG Xin-qi, XU Hai-sheng, GENG Li-yan, et al. Fatigue assessment of aluminum alloy 3A21 gusset welded joints by local approach[J]. Journal of Mechanical Strength, 2005, 27(6): 830–834.
- [9] 王文先, 贺秀丽, 张红霞, 等. 基于 CDM 法 AZ31B 镁合金焊接接头疲劳评定[J]. 焊接学报, 2010, 31(10): 13–16.
WANG Wen-xian, HE Xiu-li, ZHANG Hong-xia, et al. Fatigue assessment of welded joints of AZ31B magnesium alloy by using critical distance method[J]. Transactions of the Welding Institution, 2010, 31(10): 13–16.
- [10] YAN Zhi-feng, HE Xiu-li, WANG Wen-xian, et al. Fatigue assessment of welded joints in AZ31B magnesium alloy by a critical plane method[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2014, 43(11): 2669–2674.
- [11] YAN Zhi-feng, ZHANG Hong-xia, WANG Wen-xian, et al. Temperature evolution mechanism of AZ31B magnesium alloy during high-cycle fatigue process[J]. Theoretical and Applied Fracture Mechanics, 2014, 70: 30–38.
- [12] YAN Zhi-feng, ZHANG Hong-xia, WANG Wen-xian, et al. Temperature evolution in a magnesium alloy during static and cyclic loading[J]. Materials Science and Technology, 2014, 30(10): 1129–1234.
- [13] YAN Zhi-feng, ZHANG Hong-xia, WANG Wen-xian, et al. Temperature evolution and fatigue life evaluation of AZ31B

- magnesium alloy based on infrared thermography[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2013, 23(7): 1942–1948.
- [14] 吴圣川, 胡雅楠, 付亚楠, 等. 铝合金焊缝疲劳开裂的原位同步辐射 X 射线成像[J]. 焊接学报, 2015, 36(12): 5–8. WU Sheng-chuan, HU Ya-nan, FU Ya-nan, et al. Study on fatigue cracking of welded aluminum alloys via in situ synchrotron radiation X-ray microtomography[J]. Transactions of the Welding Institution, 2015, 36(12): 5–8.
- [15] 杨明纬. 声发射检测[M]. 北京: 机械工业出版社, 2020. YANG Ming-wei. Acoustic emission technology[M]. Beijing: China Machine Press, 2020.
- [16] PARDO A, MERINO M C, COY A E, et al. Corrosion behavior of magnesium/aluminium alloys in 3.5% NaCl [J]. Corrosion Science, 2008, 50: 823–834.
- [17] MAKAR GL, KRUGER J. Corrosion of magnesium[J]. International Materials Reviews, 1993, 38: 138–153.
- [18] 周 苗, 刘楚明, 高永浩, 等. 含铜 AZ31 镁合金的腐蚀行为[J]. 中国有色金属学报, 2019, 29(1): 18–26. ZHOU Miao, LIU Chu-ming, GAO Yong-hao, et al. Corrosion behavior of Cu-containing AZ31 magnesium alloy[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2019, 29(1): 18–26.
- [19] SMANIO V, FREGONESE M, KITTEL J, et al. Wet hydrogen sulfide cracking of steel monitoring by acoustic emission: Discrimination of AE sources[J]. Journal of Materials Science, 2010, 45(20): 5534–5542.
- [20] 范 舟, 胡 敏, 张 坤, 等. 声发射在线监测酸性环境下油气管材腐蚀研究综述[J]. 表面技术, 2019, 48(4): 245–252. FAN Zhou, HU Min, ZHANG Shen, et al. Review of on-line monitoring of oil and gas pipelines corrosion in acidic environment by acoustic emission technology[J]. Surface Technology, 2019, 48(4): 245–252.
- [21] 冯 艳, 张晓玲, 吴剑波, 等. 8-羟基喹啉对空气电池用 AP65 镁阳极腐蚀及放电性能的影响[J]. 中国有色金属学报, 2019, 29(12): 2738–2746. FENG Yan, ZHANG Xiao-ling, WU Jian-bo, et al. Effects of 8-hydroxyquinoline on corrosion and discharge performance of AP65 alloy as anode for Mg-air battery[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2019, 29(12): 2738–2746.
- [22] AMBAT R, AUNG N, ZHOU W. Evaluation of microstructural effects on corrosion behaviour of AZ91D magnesium alloy[J]. Corrosion Science, 2000, 42: 1433–1455.

Characteristics analysis of acoustic emission waveform of AZ31 magnesium alloy under corrosive environment and fatigue loading

HE Xiu-li¹, LIANG Hong-yu¹, YAN Zhi-feng², BAI Rui¹

(1. Department of Mechanical Engineering, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan 030008, China;

2. College of Material Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: AE technology, which is known for nondestructive and in-service monitoring through corrosive environment, was used to monitor the AZ31 magnesium alloy under different environment (corrosion, fatigue loading) real-timely. The results show that, under the coupled action of corrosion fatigue, compared with that under fatigue loading only, the AE waveforms displays some characteristics, such as cyclicity, steps and transient breaking. But their shapes are different. Due to the presence of the ambient corrosive environment, which helps to mitigate the accumulation of fatigue damage, the average amplitude of periodic waveform under the coupled action reduces by 50%, and the step characteristic becomes slow.

Key words: AZ31 magnesium alloy; acoustic emission waveform; corrosive environment; fatigue loading

Foundation item: Project(51705350) supported by National Natural Science Foundation of China; Project (2019L0922) supported by Scientific and Technological Innovation Programs of Higher Education Institutions in Shanxi, China; Project(2017-07) supported by the Fund for Shanxi “1331 project” Collaborative Innovation Center, China

Received date: 2020-07-10; **Accepted date:** 2020-12-04

Corresponding author: HE Xiu-li; Tel: +86-15835122173; E-mail: good.168@126.com

(编辑 王 超)