

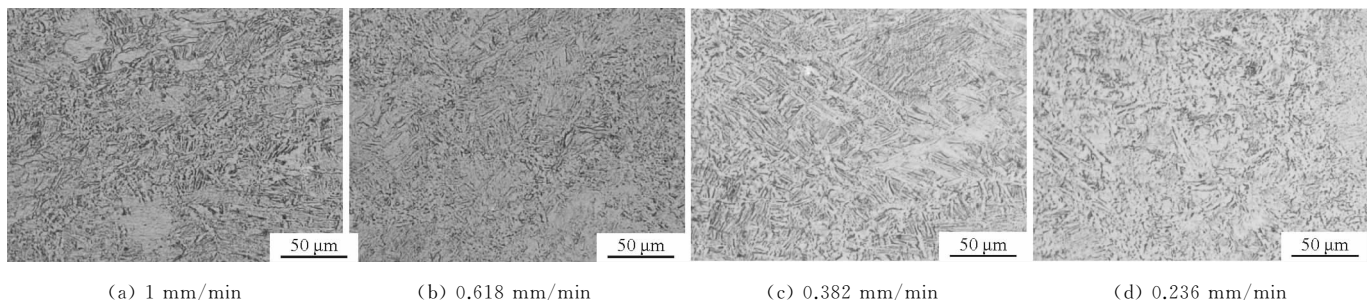


图 9 不同拉伸速率下变形温度为 1 093 K 的 TC4 合金高温拉伸金相组织

Fig.9 High temperature tensile metallographic structure of TC4 alloy at different tensile rates and temperature of 1 093 K

由图 9 可以看出,组织中的片状 α 相和晶界 α 相基本全部被细化和等轴化,且拉伸速率越低,等轴化程度越高。钛合金组织已经由原始的魏氏组织转化为典型的等轴组织。

3 结 论

(1)当拉伸速率不变时,随着变形温度升高,TC4 钛合金组织中的片状 α 相最先开始向等轴 α 相转变,随着温度的进一步升高,晶界被打碎,晶界 α 相也开始发生等轴化,组织由魏氏组织转化为等轴组织。

(2)当变形温度恒定时,拉伸速率越低,TC4 钛合金组织中片状 α 相和晶界 α 相的细化程度和等轴化程度越高,并且由魏氏组织向等轴组织转变。

参 考 文 献

- [1] BANERJEE D, WILLIAMS J C. Perspectives on titanium science and technology[J]. Acta Materialia, 2013, 61(3): 844-879.
- [2] 朱知寿. 我国航空用钛合金技术研究现状及发展[J]. 航空材料学报, 2014, 34(4): 44-50.
- [3] DING H, CAO Z Y, SHI Y M, et al. Heat treatment process of high-speed rolling small size Ti-6Al-4V alloys bar[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2015, 25(9): 2 396-2 402.
- [4] 赵永庆. 国内外钛合金研究的发展现状及趋势[J]. 中国材料进展, 2010, 29(5): 1-8.
- [5] LUO Y M, LIU J X, LI S K, et al. Effect of hot-rolling temperature on microstructure and dynamic mechanical properties of Ti-6Al-4V alloy[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2018, 47(5): 1 333-1 340.
- [6] 刘昆, 黄海广, 秦铁昌, 等. TC4 钛合金高温压缩变形行为与组织演变[J]. 特种铸造及有色合金, 2019, 39(9): 936-940.
- [7] 王付胜, 王艾伦, 陈亚军, 等. 航空 TC4 钛合金高温力学性能[J]. 热加工工艺, 2017, 46(10): 86-89.
- [8] 金和喜, 魏克湘, 李建明, 等. 航空用钛合金研究进展[J]. 中国有色金属学报, 2015, 25(2): 280-292.
- [9] 蔡云. TC4 钛合金高温拉伸力学性能研究和组织演变[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2009.
- [10] 冯亮, 曲恒磊, 赵永庆, 等. TC21 合金的高温变形行为[J]. 航空材料学报, 2004(4): 11-13.
- [11] 曾卫东, 胡鲜红, 俞汉清, 等. Ti-17 合金高温变形机理研究[J]. 材料工程, 1996(9): 27-30.

- [12] 刘昆, 黄海广, 秦铁昌, 等. 退火态 TC4 钛合金型材高温拉伸行为研究[J]. 特种铸造及有色合金, 2019, 39(8): 925-928.
- [13] 曲银化, 孙建科, 孟祥军. TC4 钛合金高温压缩变形行为的研究[J]. 材料开发与应用, 2006(2): 24-29.
- [14] HUANG C, LAI J K L, LEE C S. Deformation characteristics of Ti-24Al-14Nb-3V-0.5Mo alloy during hot compression[J]. Journal of Materials Processing Technology, 1998(1-3): 119-124.
- [15] 安希塘, 卞建春. Ti-6Al-4V 合金两相区 $\alpha \rightarrow \beta$ 等温转变动力学研究[J]. 稀有金属, 1989(1): 31-36.
- [16] RIDLEY N, WANG Z C. The effect of microstructure and deformation conditions on cavitation in superplastic materials[J]. Materials Science Forum, 1997, 233-234: 63-80.

(编辑: 刘晨辉)

新型镁海水燃料电池系统完成试验

近日,由中国科学院大连化学物理研究所(以下简称“大连化物所”)研制的镁海水燃料电池系统顺利完成了 3 000 m 深海试验,实现了新型镁海水燃料电池在深海装备上的首次实际应用。

新型镁海水燃料电池是直接利用海水,将镁的化学能转化为电能,具有能量密度高、安全性好、可全海深工作的特点,在深海着陆器、深海原位实验站等海洋装备领域具有很好的应用前景。

大连化物所方面称,该电池系统在突破了高利用率合金阳极制备技术、长寿命阴极制备技术、全海深浮力调节技术,组合能源管理技术等关键技术的基础上,开展此次深海海试工作。

在此次海上试验中,下潜装置由“鹿岭号”深海多位点着陆器、“海鹿号”漫游者潜水器、新型“镁海水燃料电池及组合能源系统”组成。镁海水燃料电池系统为着陆器和潜水器提供能源,实现多级高效充供电。镁海水燃料电池的最大下潜工作深度为 3 252 m,累计作业时间为 24.5 h,累计为系统供电达到了 3.4 kW · h,充分验证了新型镁海水燃料电池的深海供电能力及长时间放电稳定性。

(摘自中国有色网)

半固态流变压铸铝合金件疲劳性能研究

杨依珉 赵君文 巫国强 王海波

(西南交通大学材料科学与工程学院)

摘 要 对比研究了液态压铸和半固态流变压铸对 ZL114A 铝合金铸件疲劳性能的影响。结果表明,半固态流变压铸件相较于传统液态压铸件疲劳性能更好而且更稳定。液态压铸件的疲劳寿命主要受孔洞尺寸影响,孔洞尺寸越大,疲劳寿命越低。半固态压铸件的疲劳寿命主要受密度(孔隙率)影响,与密度成正比。半固态压铸 ZL114A 铝合金试样在密度大于 2.62 g/cm³ 时,疲劳性能表现良好。在 70 MPa 应力下,疲劳寿命可达 10⁷ 次。液态铸件裂纹萌生于大的气缩孔,半固态压铸件的裂纹萌生是于中心疏松多孔的综合作用结果。

关键词 ZL114A 铸造铝合金;半固态;疲劳性能;铸造缺陷

中图分类号 TG146.21;TG249.2 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.01.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Fatigue Behavior of Semi-solid Rheo-die Casting Aluminum Alloy Parts

Yang Yimin, Zhao Junwen, Wu Guoqiang, Wang Haibo

(School of Materials Science and Engineering, Southwest Jiaotong University)

Abstract: The effects of liquid die casting and semi-solid rheo-die casting on the fatigue behavior of ZL114A aluminum alloy parts were investigated. The results indicate that semi-solid rheo-die castings have better and more stable fatigue performance than traditional liquid die castings. The fatigue life of liquid die-casting parts is mainly affected by the size of holes. With increasing in the hole size, the fatigue life of the castings is decreased. The fatigue life of semi-solid die-casting parts is mainly affected by the density and proportional to the density. The semi-solid die-casting ZL114A aluminum alloy samples have a satisfied fatigue performance when the density is more than 2.62 g/cm³. At 70 MPa, the fatigue life can reach 10⁷ cycles. Cracks of liquid die-casting parts are mainly initiated from gas holes while those of semi-solid die-casting parts tend to be initiated from multiple shrinkages porosity.

Key Words: ZL114A Casting Aluminum Alloy, Semisolid, Fatigue Behavior, Casting Defects

Al-Si 合金因其良好的铸造性能和力学性能,被广泛用于制造汽车、轨道交通及航空航天等领域的零部件,在其服役环境下可能会承受循环载荷作用,因此这类铝合金铸件的疲劳性能十分重要^[1~3]。但铝合金铸件疲劳性能受诸多因素影响,GERBE S 等^[4]发现铸造铝合金组织的二次枝晶臂间距(SDAS)值越大,疲劳性能越低。由于铝合金不可避免地存在铸造缺陷(如缩孔、气孔、氧化膜等),关于铝合金各种性能的研究众多。一般认为铸造缺陷的尺寸越大,铸件的疲劳性能越差。SENIW M E 等^[5]认为铸造缺陷的尺寸相近时,位置越接近于铸件表面,对铸件的疲劳性能损害越大。BEN A A 等^[6]发现复杂的缺陷形状对铸件疲劳性能影响更

大。

铝合金的铸造缺陷一般通过优化铸造工艺来消除。铝合金半固态成形技术材料利用率高、成形效率高,且可以生产出高性能且形状复杂的零件,能有效地降低生产成本^[7]。同时半固态压铸件的致密性好、组织均匀,且没有普通铸件中存在的粗大枝晶组织,拥有良好的力学性能^[8]。GAN Y X 等^[9]研究发现,半固态 A357 铝合金在 T6 热处理条件下比 T5 热处理条件下拥有更好的疲劳性能。BROCHU M 等^[10]研究表明,半固态铸件细小的晶粒提高了铸件强度。但关于成形方式、缺陷与铝合金疲劳性能的关系缺乏系统研究^[11,12]。本课题分别采用常规压铸及半固态压铸方法制备 ZL114A 铝

收稿日期:2020-08-04;修改稿收到日期:2020-09-16
基金项目:汽车高性能材料及成形技术四川省高校重点实验室开放课题资助项目(szj2017-019)
第一作者简介:杨依珉,男,1994 年出生,硕士研究生,成都(610031),E-mail:767029076@qq.com
通信作者:赵君文,男,1981 年出生,副教授,成都(610031),E-mail:swjtuzjw@home.swjtu.edu.cn
引用格式:杨依珉,赵君文,巫国强,等. 半固态流变压铸铝合金件疲劳性能研究[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(1):83-87.
YANG Y M, ZHAO J W, WU G Q, et al. Fatigue properties of semi-solid rheo-die casting aluminum alloy parts[J]. Special Casting & Non-ferrous Alloys, 2021, 41(1):83-87.

合金疲劳试样,通过高周疲劳试验对比不同工艺成形的铸件疲劳性能差异。对疲劳试样进行断口观察和分析,探索成形方式以及缺陷与压铸试样疲劳性能之间的关系,为研究高疲劳性能铝合金件压铸工艺提供参考。

1 试验材料与方法

ZL114A 铝合金成分见表 1。采用 EMS-05SM 型可控温型电磁搅拌炉进行浆料制备,压铸机为 DCC-280 卧式冷室压铸机。

表 1 ZL114A 合金的化学成分

Tab.1 Nominal chemical composition of ZL114A alloys %						
w _B						
Si	Mg	Ti	Fe	Mn	Zn	Al
7.35	0.503	0.136	0.116	0.013	0.017	余量

先在电磁搅拌炉中石墨坩埚里将约 8 kg 的 ZL114A 铝锭熔化,升温至 700 ℃,保温 30 min,然后向熔体中通入氩气精炼 10 min,除气扒渣后静置,在 670 ℃浇注压铸试样。在 605 ℃下进行电磁搅拌,频率为 5 Hz,时间为 60 s,功率为 3 kW,制备半固态浆料并压铸。压铸试样为圆形试样,具体尺寸见图 1。将制得的试样依 GB/T3075-2008 的要求进行机加工,将试样表面抛光至 Ra0.2,随后按数字编号,用排水法测量试样的密度。使用 PLG-100 高频共振疲劳机进行轴向疲劳试验^[13],应力比 R=0.1。设定 4 个应力水平(应力级),分别为 70、80、90、100 MPa,每个应力级取 6 根试样。采用 VHX-1000 超景深显微镜以及 Inspect F50 扫描电镜对疲劳试样断口进行分析,并在疲劳试样断口附近取一截面抛光、腐蚀后,进行金相组织观察和拍摄。通过超景深显微镜测定缺陷区域的周长和面积,以计算缺陷区域的平均等效直径,其计算公式为:

$$D = 2(A/\pi)^{1/2}$$
 (1)

式中,D 为平均等效直径;A 为面积。

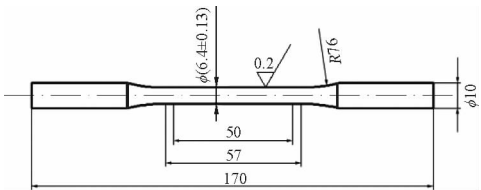


图 1 疲劳试验用压铸试样尺寸

Fig.1 Dimension of die-casting specimens for fatigue test

2 试验结果与讨论

2.1 ZL114A 铝合金压铸试样的疲劳性能

液态和半固态压铸试样的疲劳试验结果分别见图 2 和图 3。可以看出,两组数据在各应力级上均有较大的离散度。但对比可以发现,半固态压铸试样总体上的

离散程度明显小于液态压铸试样。液态压铸试样的疲劳寿命在 80 MPa 和 90 MPa 时呈现了极大的离散度。在 100 MPa 时,可以明显看出,液态压铸试样的疲劳寿命明显低于半固态压铸试样的 400 000 次。在其他应力级对比不明显的情况下,这能够在一定程度上反映出半固态压铸试样的疲劳强度优于液态压铸试样。

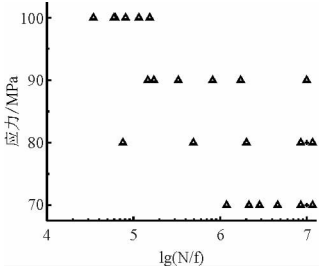


图 2 液态压铸试样
疲劳试验结果

Fig.2 Fatigue test results
of liquid die casting samples

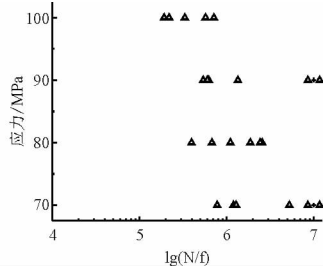


图 3 半固态压铸试样
疲劳试验结果

Fig.3 Fatigue test results of
semi-solid die-casting samples

两批试样的密度与裂纹源缺陷尺寸的关系见图 4。可以看出,液态压铸试样的密度相较于半固态压铸试样更为离散,液态压铸试样的密度区间为 2.563~2.631 g/cm³,半固态压铸试样的密度区间为 2.588~2.659 g/cm³。液态压铸试样的平均密度为 2.598 g/cm³,半固态压铸试样的平均密度为 2.616 g/cm³。两批试样的裂纹源缺陷平均等效直径均波动较大,但半固态压铸试样总体偏低。

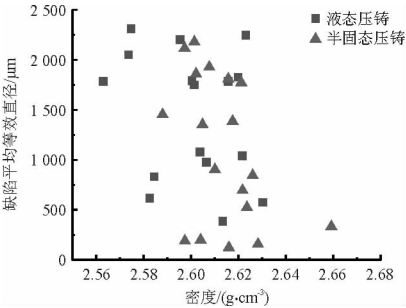


图 4 疲劳试样密度与裂纹源缺陷平均等效直径的关系

Fig.4 Relationship between the density of fatigue samples and the average equivalent diameter of defects at crack sources

2.2 ZL114A 铝合金压铸试样密度对疲劳性能的影响

两批试样的疲劳寿命与试样密度的关系见图 5 和图 6。从图 6 可以看出,半固态压铸试样在密度大于 2.62 g/cm³时,各应力下均表现出较好的疲劳性能。在 70 MPa 应力时,疲劳寿命可达 10⁷ 次。液态压铸试样密度与疲劳寿命在各应力级的相关性均很弱,而半固态压铸试样的 4 个应力级均呈现出极强的正相关,对各应力级下数据分别进行线性拟合,拟合方程为 S=aρ+C,其中,S 为疲劳寿命;ρ 为铸件密度;a 和 C 为拟合系数;r 为线性相关系数。r² 越接近 1,表明变量之间的相

关程度越高,其线性拟合结果见表 2。

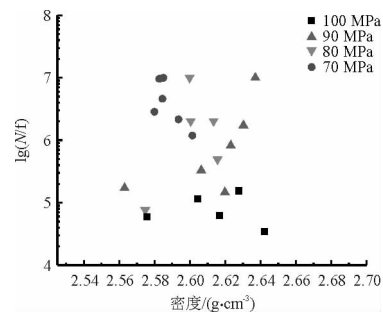


图 5 液态压铸试样密度与疲劳寿命的关系
Fig.5 Relation between density and fatigue life of liquid die casting samples

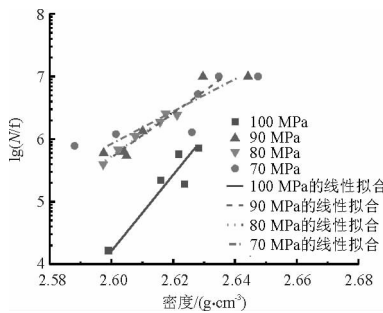


图 6 半固态压铸试样密度与疲劳寿命的关系
Fig.6 Relation between density and fatigue life of semi-solid die casting samples

表 2 半固态压铸件各应力下密度与疲劳寿命回归分析结果

Tab.2 Linear regression analysis of density and fatigue life of semi-solid die castings at various stress levels

应力水平/MPa	a	C	相关系数(r^2)
70	0.039	2.371	0.861
80	0.028	2.437	0.971
90	0.028	2.438	0.907
100	0.016	2.531	0.886

结合图 6 和表 2 可以看到,半固态压铸试样表现为密度越大疲劳性能越好,而密度的大小在一定程度上能反映压铸试样的致密程度。随着应力增大,其线性回归方程的斜率变小,可能原因为高应力下,材料本身的性能更多地影响了试样的疲劳性能^[10]。

2.3 ZL114A 铝合金压铸试样缺陷对疲劳性能的影响

两批试样的疲劳寿命与裂纹源缺陷尺寸的关系见图 7 和图 8。可以看出,液态压铸试样表现为裂纹源缺陷的尺寸越小,试样的疲劳性能越好,而半固态压铸试样随缺陷尺寸的变化规律却不明显,仅在 80 MPa 时表现为缺陷尺寸越小,试样的疲劳性能越好。

两批试样典型宏观疲劳断口形貌见图 9。近断口截面缺陷见图 10。从图 9a 可以看出,液态压铸试样的断口除了中心疏松区域以外裂纹扩展区以及瞬断区出现了大量的气孔。从图 10a 也可以看出,近断口截面有大量气孔弥散分布,同时存在尺寸较大的气缩孔。从图

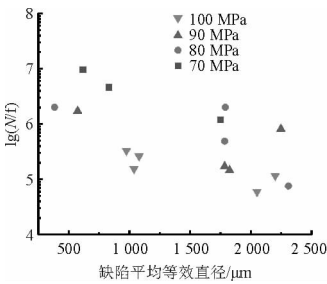


图 7 液态压铸试样裂纹源缺陷平均等效直径和疲劳寿命
Fig.7 The average equivalent diameter of defects at crack sources and fatigue life for liquid die-casting samples

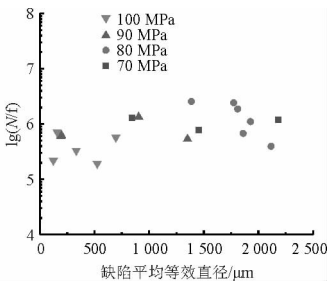


图 8 半固态压铸试样裂纹源缺陷平均等效直径和疲劳寿命
Fig.8 The average equivalent diameter of defects at crack sources and fatigue life for semi-solid die-casting samples

9b 可以看出,半固态压铸件的断口形貌除中间大孔外,孔洞很少,且靠近心部,而图 10b 也反映孔洞集中在中部这一规律。值得注意的是,与图 9b 断口形貌上的中间大孔相比,断面上的孔要小得多。因此推测孔洞在三维上可能是互通或位置非常接近的,这样裂纹源孔洞在初始扩展阶段合并周围的小孔最终形成一个大孔裂纹源。

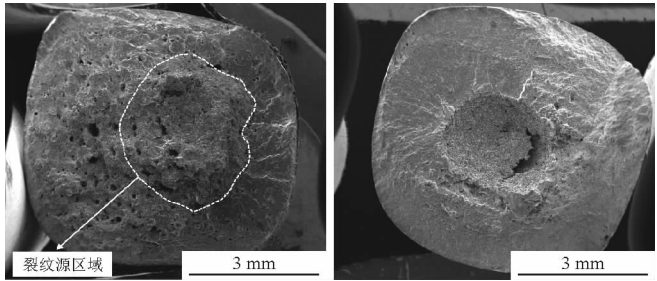


图 9 不同工艺疲劳试样典型断口形貌
Fig.9 Typical fracture morphology of fatigue samples with different processes

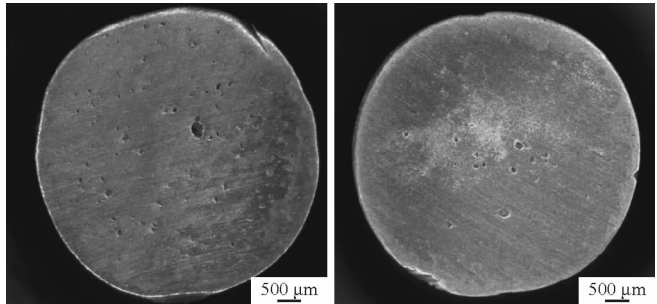


图 10 不同工艺疲劳试样近断口截面缺陷图
Fig.10 Defects of near-fracture cross-sections of fatigue samples with different processes

液态下铝合金的充型相对不稳定,易形成紊流,从而卷集空气进入金属液中,若不能及时排出则会留下气孔,同时,金属浆料在制备和转移的过程中会溶解一定氢气,在铸型型腔中凝固时又会析出,这种形式产生的

气孔多在整个截面呈弥散分布^[14]。位于裂纹扩展区的大量气孔,在一定程度上会加速裂纹扩展,导致铸件的疲劳性能下降。同时液态温度下,金属在凝固过程中,温度变化更大,铸件最后凝固的部位更容易出现较大的缩孔和缩松。半固态温度下铝合金浆料的粘度显著提高,充型方式则为平稳的层流充填,充型过程减少了空气的卷入,同时更低的温度也降低了氢气的溶解和浆料的收缩^[15],使得半固态试样的缺陷主要集中在最后凝固的试样截面中心部位,且尺寸比液态压铸试样更小,见图10b。

由图5和图6可知,液态压铸试样密度和疲劳强度的相关性很弱,而半固态压铸试样的疲劳强度受密度影响显著。密度的大小在一定程度上反映压铸试样的致密程度,密度越高试样的孔隙率越低。对比图10a和图10b可以看出,液态压铸试样近断口截面的缺陷表现为中心存在尺寸较大的气缩孔,细小孔洞在整个截面呈弥

散分布。缺陷尺寸的大小是影响铸件疲劳性能的重要因素。缺陷的尺寸越大,造成的应力集中也越大,更易于萌发裂纹。这种尺寸较大的孔洞是损害液态压铸试样的疲劳性能的主要因素而非整体的孔隙率。半固态压铸试样则是尺寸相近的孔洞集中在中心部位,这些孔洞在三维上可能连通,裂纹萌发为微孔的综合作用,因此密度能在一定程度上反映半固态试样的疲劳强度。

图11为不同工艺试样近断口截面的组织形貌。从图11a和图11b可以看出,液态压铸试样存在大量孔洞,有的直径甚至大于200 μm ,这与图9a断口形貌相对应。图9a中近断口截面弥散分布的细小孔洞的平均等效直径为73.6~138.3 μm 。有研究指出,未处于疲劳源区的孔洞,对于铸件疲劳性能的影响存在临界尺寸,平均等效直径大于60 μm 的孔洞在裂纹扩展区形成的应力集中会加速裂纹的扩展,降低试样的疲劳性能,而且孔洞的形状越不规则损害越大^[16]。

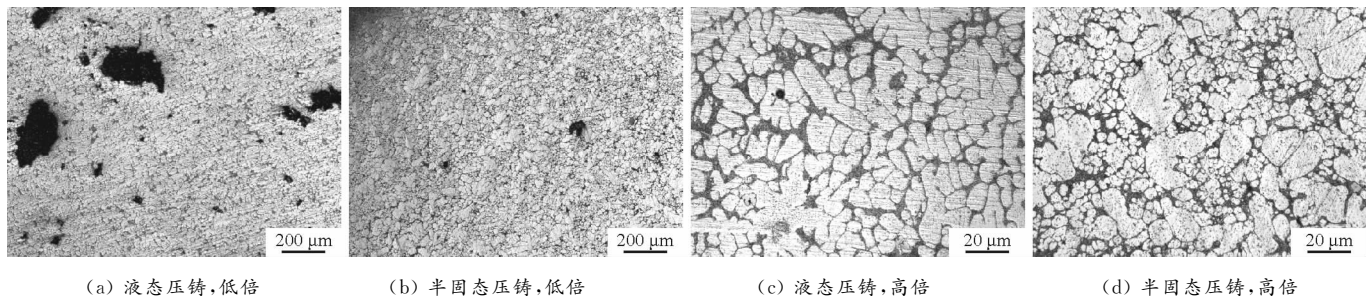


图11 不同工艺疲劳试样近断口组织形貌

Fig.11 Metallographic images of near-fracture of fatigue samples with different processes

从图11c和图11d可以看出,高倍下液态压铸试样的组织主要为粗大的枝晶组织。半固态压铸试样的组织除去少量粗大的初生 α -Al晶粒,更多的是细小而圆整的颗粒状晶粒^[17]。晶界会对疲劳裂纹的第一阶段的扩展造成阻碍,位错滑移距离为晶粒尺寸,细小的晶粒会加大位错运动间距,减小交互作用力,这样宏观应力较小,改善了疲劳性能^[18]。这也可以解释图7和图8中一些试样虽然缺陷区域尺寸相近,但半固态压铸件表现出了更好的疲劳性能的原因。

3 结 论

(1)与液态压铸相比,半固态压铸的ZL114A铝合金试样疲劳性能总体更高并且更加稳定。半固态压铸ZL114A铝合金试样在密度大于2.62 g/cm³时,疲劳性能表现良好,在70 MPa应力下,疲劳寿命可达10⁷次。

(2)半固态压铸试样的疲劳寿命与密度成正比。试样密度越高,试样的疲劳寿命越高。液态压铸试样的疲劳寿命主要受孔洞尺寸影响,孔洞尺寸越大,疲劳寿命越低。

(3)液态压铸试样整个截面均有孔洞,裂纹萌生于大的气缩孔,半固态压铸试样的孔洞集中在中心附近,裂纹萌生源倾向于中心缩松多孔的综合作用。

参 考 文 献

- [1] 刘政,陈涛.坩埚半径对电磁搅拌制备半固态A356浆料电磁场分布的影响[J].特种铸造及有色合金,2017,37(9):961-965.
- [2] 范湘,杨弋涛.半固态压铸过共晶铝硅合金的组织与性能[J].特种铸造及有色合金,2014,34(2):171-175.
- [3] 孙永忠,邢书明,张琳,等.铝合金半固态熔体流变压铸的气孔缺陷与防止[J].特种铸造及有色合金,2007(S1):372-373.
- [4] GERBE S, TENKAMP J, SCHERBRING S, et al. Microstructural influences on the fatigue crack initiation and propagation mechanisms in hypo-eutectic Al-Si cast alloys[J]. Procedia Structural Integrity, 2019, 23: 511-516.
- [5] SENIW M E, CONLEY J G, FINE M E. The effect of microscopic inclusion locations and silicon segregation on fatigue lifetimes of aluminum alloy A356 castings[J]. Materials Science and Engineering, 2000, A285(1): 43-48.
- [6] BENAHEMO A A, NASR A, BAHLOUL A, et al. The impact of defect morphology, defect size, and SDAS on the HCF response of A356-T6 alloy[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2017, 92 (1-4): 113-125.

采用 Ce_2O_3 制备的 Al-Ti-C-Ce 合金的组织及细化性能

宋 伟¹ 王圣波²

(1.宝鸡石油机械有限责任公司热工分公司; 2.海南职业技术学院工业与信息学院)

摘 要 采用氟盐法按 $w(\text{Ti}):w(\text{C})=15:1$ 比例,加入 1% 的 Ce 制备了 Al-4.5Ti-0.3C-1Ce 中间合金,应用 OM、SEM、EDAX 及 EPMA 等手段分析了中间合金的成分、组织及细化特性。结果表明,由于 Ce 的加入,改善了 TiAl_3 、TiC 的形态和分布,细化了 TiC 粒子,使生成的 TiC 与 TiAl_3 相分布均匀,稀土 Ce 和 TiAl_3 反应生成 $\text{Ti}_2\text{Al}_{20}\text{Ce}$ 相,主要富集在白色块状的 TiAl_3 相上;Al-4.5Ti-0.3C-1Ce 合金细化剂对纯铝的细化效果显著,当 Ti 添加量为 0.015% 时,纯铝的晶粒尺寸达 $70\text{ }\mu\text{m}$,细化效果最优。

关键词 Ce_2O_3 ;晶粒细化剂;Al-Ti-C-Ce 中间合金;TiC;稀土

中图分类号 TG146.21 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.01.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Microstructure and Its Refinement Capacity of Al-Ti-C-Ce Master Alloys Prepared by Ce_2O_3

Song Wei¹, Wang Shengbo²

(1.Thermal Industry Branch of Baoji Oilfield Machinery Co., Ltd.;

2.The Department of Industry and Information Engineering, Vocational Technology College of Hainan)

Abstract: Al-Ti-C-Ce master alloy was prepared by villiaumite based on ratio of $w(\text{Ti}):w(\text{C})=15:1$. The microstructure and grain-refining performance of Al-Ti-C-Ce mater alloy were investigated using optical microscopy (OM), SEM, and the chemical composition of the selected areas were tested by EDAX and EPMA. The results indicate that the shape and distribution of TiAl_3 and TiC are improved, and the TiC particles are refined, leading to the homogeneous distribution of TiAl_3 and TiC phases. TiAl_3 can react with rare-earth Ce to form $\text{Ti}_2\text{Al}_{20}\text{Ce}$ compound, concentrating on the block white TiAl_3 phase. The refinement effect of Al-4.5Ti-0.3C-1Ce refiner on the pure Al is remarkable, which is optimal after adding 0.015% Ti, where the grain size reaches $70\text{ }\mu\text{m}$.

Key Words: Ce_2O_3 , Grain Refiner, Al-Ti-C-Ce Master Alloy, TiC, Rare Earth

收稿日期:2020-08-25;修改稿收到日期:2020-09-03

基金项目:海南省高等学校教育教学改革研究重点资助项目(Hnjg2017ZD-23)

第一作者简介:宋伟,男,1984 年出生,工程师,陕西宝鸡(721000),E-mail:songwei-weiwei@163.com

通信作者:王圣波,男,1984 年出生,高级工程师,海口(570100),E-mail:345153915@qq.com

引用格式:宋伟,王圣波.采用 Ce_2O_3 制备的 Al-Ti-C-Ce 合金的组织及细化性能[J].特种铸造及有色合金,2021,41(1):87-92.

SONG W, WANG S B. Microstructure and its refinement capacity of Al-Ti-C-Ce master alloys prepared by Ce_2O_3 [J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(1):87-92.

[7] JIAO Y N, ZHANG Y F, MA S Q, et al. Effects of microstructural heterogeneity on fatigue properties of cast aluminum alloys[J]. Journal of Central South University, 2020, 27(3): 674-697.

[8] 郭洪民,刘斌,杨湘杰.高强铝合金流变成形的研究现状与展望[J].特种铸造及有色合金,2018,38(6):612-615.

[9] GAN Y X, OVERFELT R A. Fatigue property of semisolid A357 aluminum alloy under different heat treatment conditions[J]. Journal of Materials science, 2006, 41(22): 7 537-7 544.

[10] BROCHU M, VERREMAN Y, AJERSCH F, et al. High cycle fatigue strength of permanent mold and rheocast aluminum 357 alloy[J]. International Journal of Fatigue, 2010, 32(8): 1 233-1 242.

[11] 陆文龙,姜银方,郑志文,等.不同比压下流变挤压铸造 ZL111 铝合金的性能与组织[J].特种铸造及有色合金,2015,35(5):460-462.

[12] HU Z, WU S. Tensile, fatigue, and corrosion fatigue behavior of high performance die cast aluminum alloy[J]. Journal of Materials Research, 2015, 30(6): 833-840.

[13] 周永江,厉沙沙,洪润洲,等.Fe 元素对 ZL114A 合金疲劳行为的影响[J].特种铸造及有色合金,2014,34(11):1 232-1 234.

[14] 莫德锋,何国求,胡正飞,等.孔洞对铸造铝合金疲劳性能的影响[J].材料工程,2010(7):96-100.

[15] 林绍义.半固态流变成形 AZ91D 汽车零件裂纹萌生和扩展[J].特种铸造及有色合金,2019,39(8):854-858.

[16] 万谦,赵海东,葛继龙.微观孔洞对铝合金压铸件疲劳性能的影响[J].中国有色金属学报,2015(3):22-28.

[17] 赵君文,郭安,徐超,等.弱电磁搅拌制备 Al-Zn-Mg-Cu 大体积铝合金半固态浆料[J].中国有色金属学报,2016,26(12):2 499-2 505.

[18] ROTELLA A, NADOT Y, RICHARD S, et al. Fatigue life of cast Al component[J]. Procedia Engineering, 2015, 133:211-222.

(编辑:张正贺)