

除气时间对 ZL114A 合金组织及性能的影响

刘凯¹, 康福伟¹, 刘洪汇², 张潇¹

(1. 哈尔滨理工大学材料科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040;

2. 中航工业哈尔滨东安发动机(集团)有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150066)

摘要: 为了研究 ZL114A 合金熔炼时熔体内的气体对合金组织及性能的影响, 采用金相显微镜、扫描电镜、拉伸实验等方法分别对不同除气时间 0min、10min 和 20min 后的 ZL114A 合金组织及性能进行观察和测试。结果表明: 在实验条件下, 随着除气时间的延长 ZL114A 合金试样气孔数量减少, 组织更加致密, 合金的性能得到了提高。在本实验条件下除气 20min 后的 ZL114A 合金性能最好, 与未除气的 ZL114 合金相比, 屈服强度提高了 6.14%, 抗拉强度提高了 9.17%, 伸长率提高了 72.81%, 断面收缩率提高了 163.9%, 优化出本实验条件下最佳除气时间为 20min。

关键词: ZL114A; 除气时间; 组织; 力学性能

Effects of Degassing Time on the Microstructure and Properties of ZL114A Alloy

LIU Kai¹, KANG Fu-wei¹, LIU Hong-hui², ZHANG Xiao¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150040, China. 2. Avic Harbin DongAn Engine (Group) Corporation LTD, Harbin 150066, China)

Abstract: In order to research the effects of gas content on the microstructure and properties of ZL114A alloy, the microstructure and properties of ZL114A at different degassing time of 0min, 10min and 20min were observed and tested by optical microscopy, scanning electron microscopy (SEM) and tensile testing. The results shown that with the increase of degassing time, the gas content in the ZL114A alloy decrease and the microstructure was more fine and close. In the tests, the properties of ZL114A with degassing time for 20min was best, compared with ZL114A without degassing, the yield strength was increased by 6.14%, the tensile strength was increased by 9.17%, the elongation was 72.81%, the reduction of area was increased by 163.9%. The optimized degassing processing was 20min.

Key words: ZL114A; degassing time; microstructure; mechanical properties

精炼是提高铝及铝合金质量的重要技术之一, 通过添加不同的精炼剂来除去铝及铝合金中气体、杂质及有害元素。目前, 常用的铝合金精炼剂从物态上主要分为三类: 固态精炼剂、液态精炼剂和气态精炼剂。其中, 气态精炼剂又分为惰性气体和活性气体两大类, 如氩气、氮气, 氯气、六氟化硫等^[1-2]。国内铝合金生产厂家大多采用氯化物精炼铝合金溶液, 但这种精炼方法的效果常受操作方式的影响, 而且精炼过程产生大量有毒气体, 污染环境, 腐蚀设备。相比之下, 采用旋转喷吹气体精炼铝合金溶液, 不但精炼效果好, 而且无污染, 得到了广泛应用^[3-4]。

ZL114A 合金是一种典型的铸造 Al-Si 铝合金, 主要用于生产各种形状复杂、薄壁、耐腐蚀、气密性要求高、或在较高温度下工作的产品, 在国民经济中应用最为广泛^[5-7]。本文主要研究利用旋转喷吹除气时间对 ZL114A 合金组织及性能的影响, 从而为优化合理的精炼工艺奠定基础。

1 实验材料及方法

实验材料为自制的 ZL114A 合金, 其成分如表 1 所示。除气所用的氩气纯度为 99.99%。铝合金

的熔炼炉为容量 350kg 的电阻炉，旋转喷吹设备型号为 XD-J-100BP 型除气精炼机，测氢仪设备型号为 NOTORPKYHS—A2 型铝熔体用氢气浓度检测仪；将不除气、除气 10min 和除气 20min 后的 ZL114A 合金浇注成标准拉伸试棒，然后进行 $530^{\circ}\text{C}\times 16\text{h}$ (60°C 水冷) 固溶处理，和 $165^{\circ}\text{C}\times 7\text{h}$ (空冷) 时效处理，以便进行组织和力学性能的测试。拉伸试样如图 1 所示。利用光学显微镜和 FEI sirion200 型扫描电镜观察合金组织，在 Instron 5500R 万能试验机上按照国标 GB228-2002 进行拉伸实验，拉伸速率为 4mm/min。

表 1 ZL114A 合金的化学成分

Table1 Chemical composition of ZL114A alloy						(w _B /%)
Mg	Si	Cu	Ti	Be	Zn	Al
0.7	6.25	0.15	0.18	0.07	0.08	余

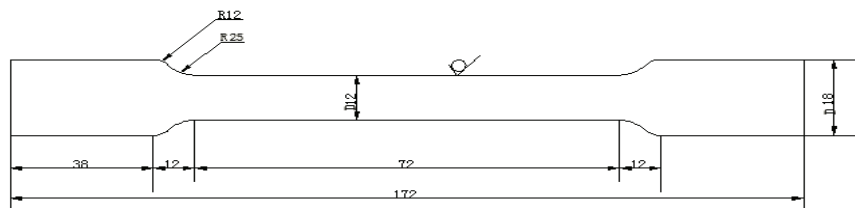


图 1 标准拉伸试样图

Fig.1 Schematic diagram of tensile sample

2 结果与分析

2.1 除气时间对 ZL114A 合金组织的影响

图 2 为不同除气时间对 ZL114A 合金的低倍组织影响，从图中可见，未除气的合金试样表面明显分布数量较多的气孔，如图 2a 所示；图 2b 是除气 10min 后的 ZL114A 合金试样气孔分布情况，可见与图 2a 相比气孔数量明显减少；而图 2c 是除气 20min 后的试样气孔分布情况，与图 2a 和图 2b 相比，试样上几乎没有气孔。可见随着除气时间的延长，ZL114A 合金中气孔数量明显减少，在 20min 时几乎没有气孔存在。

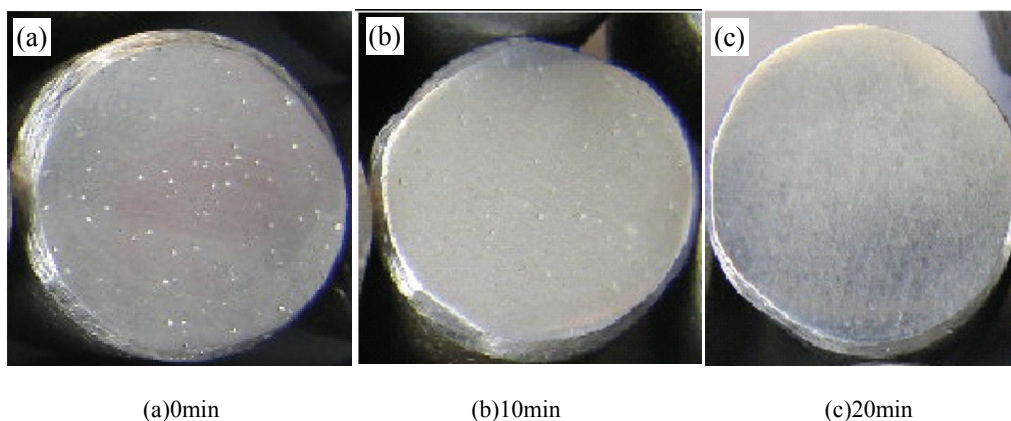


图 2 不同除气时间对 ZL114A 合金气孔数量的影响

Fig.2 Effect of degassing time on porosity of ZL114A alloy

为了进一步观察气孔数量变化情况，图 3 是图 2 三种实验条件下的金相组织照片，可见试样内部气孔数量的变化规律也是随着除气时间的延长而减少，除气时间 20min 时，几乎不存在气孔。

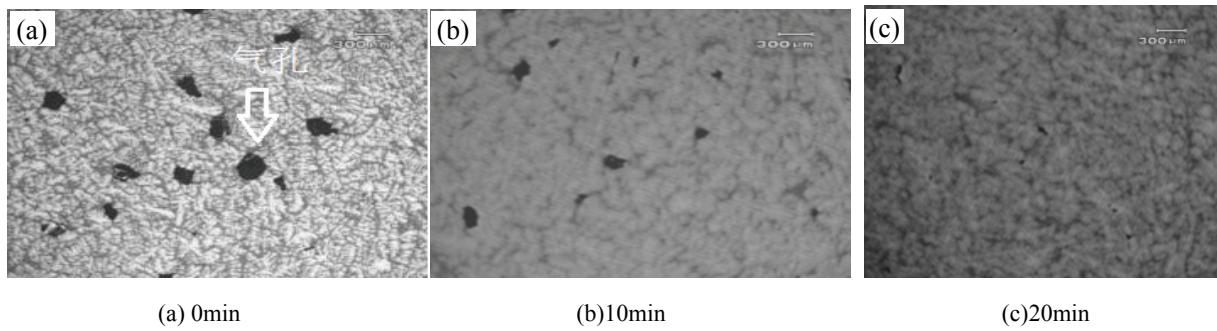


图3 不同除气时间试样的金相组织照片

Fig.3 Optical microstructures of ZL114A alloy for different degassing time

2.2 除气时间对 ZL114A 合金力学性能的影响

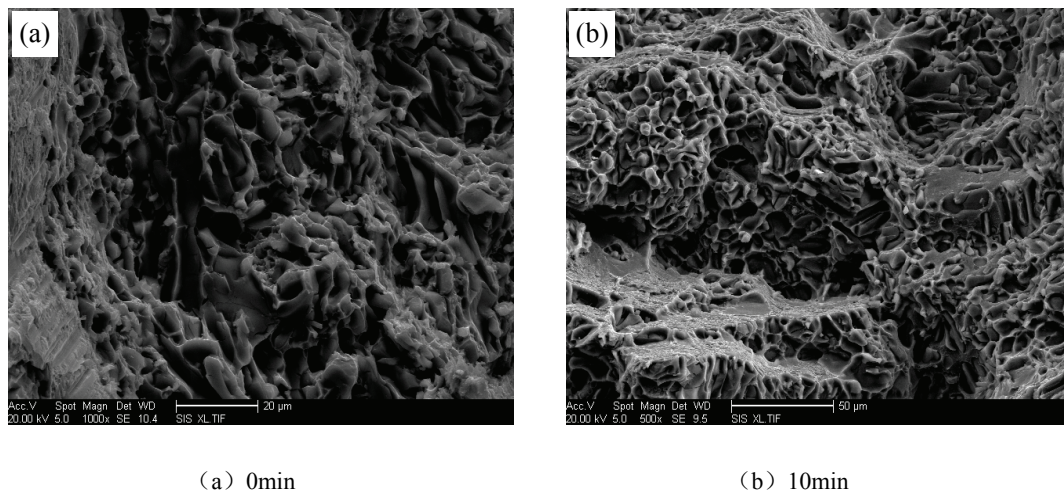
不同除气时间对 ZL114A 合金力学性能影响如表 2 所示,可见除气 20min 的合金力学性能最好,这与上节中的结果一致。除气 20min 的 ZL114A 合金与未除气的合金相比,抗拉强度提高了 9.17%,屈服强度提高了 6.14%,伸长率提高了 72.81%,断面收缩率提高了 163.9%。

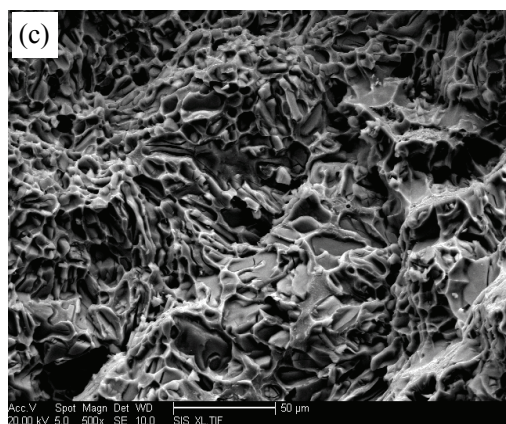
表 2 不同除气时间对 ZL114A 合金力学性能的影响

Table 2 Effect of degassing time on mechanical properties of ZL114A alloy

除气时间 (min)	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A_5 /%	Z /%
0	300	285	2.17	1.8
10	300	291.7	2.67	2.2
20	327.5	302.5	3.75	4.75

图 4 是除气不同时间试样拉伸断口形貌。从图中可见,图 4a 上断口有少量韧窝和大量准解理面,断口为准解理断裂。图 4b 可看断口韧窝数量增多,准解理面数量减少,趋向于穿晶和沿晶的混合断裂。图 4c 断口表面韧窝数量最多,存在少量的准解理面,表现为以韧窝为主的韧性断裂。根据以上分析,ZL114A 合金随着除气时间的延长,气孔等缺陷的减少,其断裂方式从准解理断裂向韧性断裂转变。





(c) 20min

图4 不同除气时间拉伸试样断口形貌

Fig.4 Fractographs of ZL114A alloy at different degassing time

3 结论

- (1) 在 0~20min 内, 随着除气时间的延长, ZL114A 合金由于气体析出造成的气孔数量越少。
- (2) 在 0~20min 内, 随着除气时间的延长, ZL114A 合金力学性能得到显著提高, 屈服强度提高了 6.14%, 抗拉强度提高了 9.17%, 伸长率提高了 72.81%, 断面收缩率提高了 163.9%。
- (3) 断口分析表明, 随着除气时间的延长, 断裂方式从准解理断裂向韧性断裂转变。

参考文献:

- [1] 洪润洲, 周永江, 姚惟斌, 熊艳才, ZL114A 合金旋转喷吹精炼工艺研究[J].材料工程, 2007, 3: 46-48
- [2] 巫瑞智, 倪红军. 铝熔体吹气除氢净化技术[J].铸造技术, 2003, 24 (3): 166-167.
- [3] .杜旭初, 洪润洲, 郑邦峰, 樊振中, 王玉灵.ZL114A 合金旋转喷吹精炼工艺研究[J].特种铸造及有色合金, 2013, 33 (7): 686-688.
- [4] 王莹莹, 边秀房, 孙益民, 等.旋转喷吹氩气在 Al-Si 合金熔体净化中的应用[J].特种铸造及有色合金, 2008 (S): 137-139.
- [5] JIANG Long-tao, WU Gao-hui, YANG Wen-shu, ZHAO Yong-gang, LIU Shan-shan. Effect of heat treatment on microstructure and dimensional stability of ZL114A aluminum alloy[J].Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 2010(20):2124-2128.
- [6] 潘复生, 张丁非等编著. 铝合金及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [7] 赵淑荣, 金青林, 刘斌. 变质处理对 ZL114A 合金组织和性能的影响[J]. 热加工工艺, 2010, 39 (13): 71-74.