

Effects of Eutectic-Silicon Phase Addition on the Fracture of Aluminium Alloy

Min Wu¹, Bo Qu¹, Hong Liu²

¹Chongqing industrial college of occupation and technical, Chongqing, China

²Chongqing Instruments Materials Research Institute, Chongqing, China;

Email: gnc11512@126.com

Abstract: Fractured aluminium alloy was analysed by chemical analysis, hardness testing, metallographic examination, macro and micro-fractography. The result showed that the gathering of eutectic-silicon phase in the microstructure has increased the brittleness of the material, reduced the mechanical performance and caused the fracture.

Keywords: fracture; eutectic silicon phase; gathering

共晶体硅相对铝合金材料断裂的影响

吴旻¹, 屈波¹, 刘虹²

¹重庆工业职业技术学院, 重庆, 中国 401120;

²重庆仪表材料研究所, 重庆 中国 400700

Email: gnc11512@126.com

摘要: 采用金相检验、化学成分分析、硬度测定、以及断口宏、微观分析等方法, 对断裂的铝合金材料机件进行了分析, 实验表明, 显微组织中共晶体硅相的聚集增加了材料的脆性, 降低了材料的机械性能, 使铝合金材料在外力作用下造成断裂。旻

关键词: 断裂; 共晶硅; 聚集

1. 引言

某铝合金材料机件, 材质为铝合金, 铝合金牌号为 AC8C (日本牌号), 加工工艺为: 毛坯 (重力浇铸) → 热处理 (淬火) → 机加工。该机件在装机后运行过程中断裂, 我们对其断裂原因进行了分析。

2. 检验与结果

2.1 断口宏观分析

如图 1 所示, 断口位于整个机件上厚度最薄处, 断口表面基本垂直于机件的中轴。断口呈暗灰色, 无光泽, 其上的白亮处为擦伤。整个断口较平, 无明显的高低起伏, 断口表面较粗糙, 未见疲劳纹的存在, 可见该机件的断裂不是疲劳断裂。

2.2 断口微观分析

将断口部分用电子探针观察断口的微观形貌。



Figure 1 Macrograph of the fracture

图 1 机件断口的宏观形貌 (断口已被切开)

从断口微观形貌可观察到: 裂纹起源处及扩展区的形貌, 裂源位于断口上靠近内侧边缘处, 如图 1 中箭头所指位置。整个断口呈脆性断裂的形貌特征, 见图 2、图 3 所示。

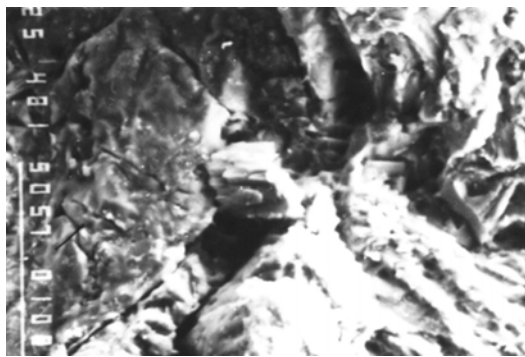


Figure 2 Crack initiation microscopy of the fracture
图 2 断裂源形貌 480×

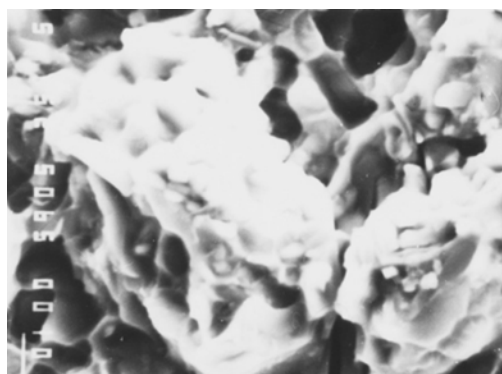


Figure 3 Microscopy of the crack expanding area of the fracture
图 3 断口上断裂扩展区形貌 1500×

2.3 化学成分分析

在机件上取样，经 ICP-发射光谱仪和 722 分光光度计分析，证明材料的化学成分符合标准规定，见表 1。

Table 1 The result of chemical composition

表 1 化学成分分析结果（质量分数） %

元素	Si	Fe	Cu	Mn	Mg
实测值	9.94	0.20	2.82	0.004	1.30
技术要求	8.5~10.5	<0.65	2.0~4.0	<0.5	0.5~1.5

元素	Zn	Ni	Ti	Pb	Sn	Cr
实测值	0.015	0.42	0.01	0.05	0.016	0.002
技术要求	<0.15	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

2.4 金相检验

将断口表面和垂直于断口表面的截面作为金相检验面，经化学浸蚀后在金相显微镜上观察、拍照。

从材料的金相组织可见，组织分布不均匀，共晶体硅相有沿着 α -固溶体晶界偏聚的现象，按照 GB3508-1983 中第四级别图评级为 6 级（验收技术条件要求为 1~4 级合格），不符合技术条件要求，见图 4、图 5。从垂直于断口表面的显微组织看，断裂明显是沿着共晶体硅相偏聚分布的晶界发生，见图 6。金相组织中的铁相为针状，评级为 1 级，符合技术条件要求，见图 7。机件断口附近的孔洞细小、分散，符合技术条件要求，见图 8。

2.5 硬度测试

在断口附近取样进行布氏硬度测试，结果 HB：137，135，139 不符合技术要求，验收技术条件要求为 HB120~130。硬度测试结果表明，机件材质硬度偏高，则脆性大。

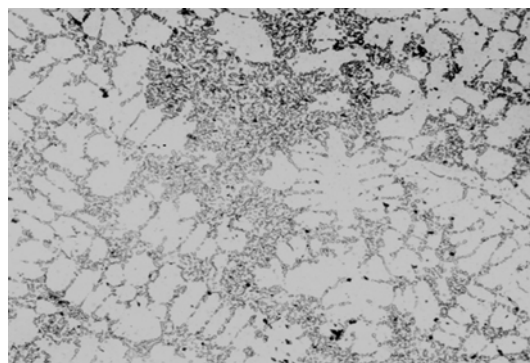


Figure 4 Metallographic structure near the fracture
图 4 断口处的金相组织 100×

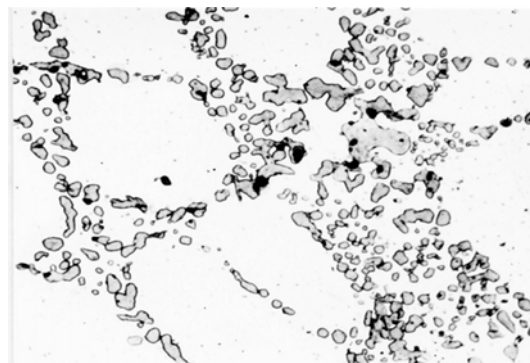


Figure 5 Eutectic-silicon phase in the metallographic structure

图 5 金相组织中共晶体硅相的形态 500×

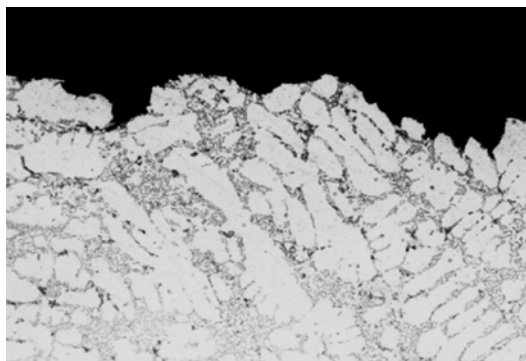


Figure 6 Section of the fracture

图 6 断口的剖面 100×



Figure 7 Irony phase in the etallographic structure

图 7 金相组织中的铁相（黑色针状为铁相） 500×

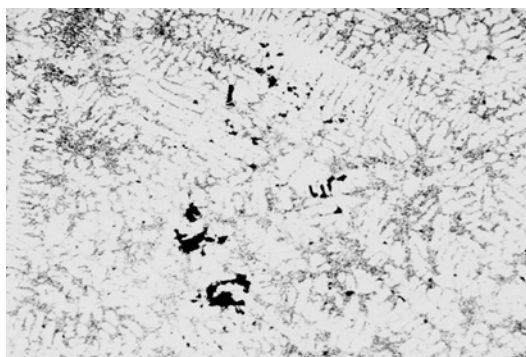


Figure 8 Holes on the fracture

图 8 断口上的孔洞 50×

3. 分析与讨论

1) 从以上分析结果来看, 材料的化学成分正常, 金相组织中的铁相夹杂和孔洞均正常。

2) 该机件的材质属于铝硅铜镁系铸造铝合金^[1], 从金相及硬度检验结果来看, 该机件材料主要的缺陷在于金相组织中共晶体硅相分布不均匀, 存在较严重的沿晶界偏聚现象, 评级结果不符合验收技术条件的要求, 且硬度测试结果也显示机件材料的 HB 硬度高于技术条件要求。共晶硅的偏聚破坏了材料的连续性, 使材料的硬度偏高、脆性增大, 机械性能下降, 当机件工作时在外力作用下就容易在共晶硅偏聚的区域产生应力集中而萌生裂纹, 从图 6 中可清楚地看到, 断裂是沿着聚集分布于晶界上的共晶体硅相发生的, 这证明了共晶体硅相聚集处是材料中的薄弱环节^[2,3]。

3) 共晶体硅相的聚集、长大程度主要与铸造和熔炼浇注过程中的浇注温度、冷却速度等因素有关, 冷速越快则组织越细。其次共晶硅在淬火加热时溶解度不大, 但在高温作用下会球化、聚集和长大, 淬火加热温度越高, 保温时间越长, 这种变化越明显^[4,5]。

4 结论

由于机件材料金相组织中共晶体硅相的聚集, 导致其硬度偏高、脆性增大, 机械性能下降, 在正常运行过程中发生断裂。

为得到良好机械性能, 应严格控制工艺过程, 提高冷却速度, 防止共晶硅严重聚集和长大。

References (参考文献)

- [1] Gao Y X, Yi J Z, Lee P D, et al. The effect of porosity on the fatigue life of cast aluminium-silicon alloys [J]. *Fatigue Fract Engng Mater Struct*, 2004, 27: 559-570.
- [2] Couper M J, Neeson A E, Griffith J R. Casting defects and the fatigue life of an aluminum casting alloy [J]. *Fatigue Fract Engng Mater Struct*, 1990, 13: 213-227.
- [3] SKALLERUD B, IVELAND T, HARKEGARD G. Fatigue life assessment of aluminum alloys with casting defects [J]. *Eng Fract Mech*, 1993, 44: 857-874.
- [4] AMMAR H R, SAMUEL A M, SAMUEL F H. Porosity and the fatigue behavior of hypoeutectic and hypereutectic aluminum-silicon casting alloys [J]. *International Journal of Fatigue*, 2008, 30(6): 1024-1035.
- [5] WANG Q G, APELIAN D, LADOS D A. Fatigue behavior of A356-T6 aluminum cast alloys. Part I. Effect of casting defects [J]. *Journal of Light Metals*, 2001, 1: 73-84.