双峰时效对 7075合金组织与性能的影响

陈小明　宋仁国　何　源　赵　坚　李红霞
(浙江工业大学机械制造及自动化教育部重点实验室,杭州　310014)

文　摘　采用洛氏硬度计、显微硬度计、光学显微镜 (OM)、电子拉伸试验机等技术对 7075铝合金时效行为、力学性能及显微组织进行了系统研究。结果表明,7075合金的硬度及强度都具有时效双峰特征。两个时效峰的硬度和强度相差很小,在较低温度下时效第二峰的强度、硬度、塑性、韧性较高。

关键词　7075合金,双峰时效,组织,性能

Effects of Double-Peak Aging on Microstructure and Properties of 7075 Alloy

Chen Xiaoming　Song Renguo　He Yuan　Zhao Jian　Li Hongxia
(Key Laboratory of Mechanical Manufacture and Automation of Ministry of Education,
Zhejiang University of Technology, Hangzhou　310014)

Abstract　The aging behavior, mechanical properties and microstructure of 7075 aluminum alloys after overlong aging were studied by means of Rochwell hardometer, microhardness tester, optical microscope (OM) and electronic tensile machine. The results show that the hardness, strength properties all have double peaks with almost the same values of hardness and strength. At lower temperature, the strength, hardness, plasticity and ductility of the alloy at the second ageing peak are higher than those at the first one.

Key words　7075 alloy, Double-peak aging, Microstructure, Property

0　引言

20世纪 80年代末,阎大京等[1]在对 7475合金进行长时间时效发现了硬度、强度随着时效时间变化出现双峰现象。20世纪 90年代中期,宋仁国等[2]在研究 7175合金时也发现类似现象,并进行了进一步研究。结果表明第二时效峰的应力腐蚀 (SCC)敏感性比第一时效峰低得多。这种经过超长时效且强度、硬度出现双峰的工艺,称为双峰时效工艺[3]。显然,双峰时效工艺为解决 7475和 7175合金强度与 SCC性之间的矛盾提供了新的思路。本文研究了 7075合金长时间时效特征、力学性能及组织,以期为 7000系合金的研究与应用提供理论参考。

1　实验

1.1　材料

美国 ALCOA公司加工生产的 75 mm厚的 7075铝合金板材,其化学成分见表 1。

表 1　7075合金的化学成分

Tab. 1　Chemical composition of 7075 alloy

%(质量分数)

Zn	Mg	Cu	Ti	Mn	Cr	Fe	Si	Al
6.02	2.20	1.56	0.20	0.30	0.25	0.50	0.40	余量

1.2　热处理

热处理试样尺寸为 10 mm ×10 mm ×10 mm,采用空气炉进行固溶处理,固溶制度为 743 K/120 min,室温水淬,淬火转移在 5 s以内。然后分别在 393、413 K下进行超长时效。

1.3　硬度测试

(1)洛氏硬度测试:将截取的试样经过热处理后依次用 200#～1 200#砂纸打磨,试样表面去除氧化膜后在 HR-150型洛氏硬度计上测试硬度,测定 5个值取平均值。

(2)显微硬度测试:将 393 K时效温度下的欠时效 (10 h)、峰时效 (32 h)、过时效 (75 h)、第二峰时效

收稿日期:2009-02-25;修回日期:2009-04-10
基金项目:国家自然科学基金资助项目(50771093)资助
作者简介:陈小明,1983年出生,硕士研究生,主要研究方向为 7xxx系铝合金研究。E-mail: xiaoming840@163.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(128 h)状态下的试样经过 200#～1 200#砂纸预磨后进行机械抛光,在北京万泰机电技术开发公司生产的 HMV - 1T显微硬度及图像分析系统上测试基体的显微硬度,测试载荷为 200 g。

1.4 拉伸实验

拉伸试验按照 GB/T16865—1997《变形铝、镁及合金加工制品拉伸试验用试样》执行,标距为 30 mm,试样长轴垂直于轧制方向,在日本岛津 AG - 10TA型万能材料试验机上进行,测定 3个试样取平均值。

1.5 组织观察

用混合酸腐蚀后观察显微组织,混合酸成分为:2.5% HNO_3 + 1.5% HCl + 1.0% HF + 95% H_2O,腐蚀时间 30 s左右。

2 结果及分析

2.1 时效对合金硬度的影响

2.1.1 洛氏硬度

图 1为 7075合金洛氏硬度的测试结果。由图 1可见,7075合金的硬度值在两种温度下都是随着时效时间的延长,先增大到峰值后减小到最小值,再增大到第二峰后缓慢减小。两种温度下均存在“双峰”现象。从整体上看,两个时效峰的硬度值相差很小。393 K下,第一峰位约在 32 h,第二峰位约在 128 h;413 K下,第一峰位约在 20 h,第二峰位约在 78 h。

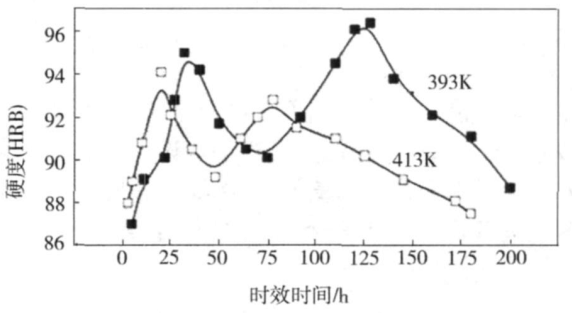

图 1 7075合金不同时效温度下的时效硬化曲线

Fig 1 Curves of aging hardening at different temperature for 7075 alloy

2.1.2 显微硬度压痕

图 2是 393 K下时效 10、32、75及 128 h状态下的基体的显微硬度压痕。由图 2可见,压痕的大小顺序为:75 h > 10 h > 32 h > 128 h。显然,32 h和 128 h所对应的位置是硬度的两个峰。因此,这就进一步证明了 7075合金时效过程中存在双峰硬化现象。

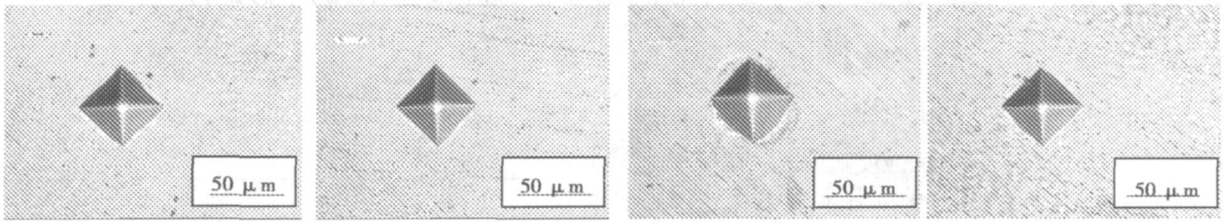

图 2 7075合金不同时效时间的显微硬度压痕

Fig 2 Microhardness indentation for samples at different aging time for 7075 alloy

2.2 时效对合金力学性能的影响

7075合金两种温度下不同时效时间的力学性能测试结果见表 2。由表 2可见,合金的强度存在两个峰:393 K时效合金的强度峰位分别在 32和 128 h;413 K时效合金的两个峰分别在 20和 78 h。这和洛氏硬度及显微硬度测试结果一致。随着时效时间的延长,合金的延伸率先减小后增大,后再减小。合金的延伸率虽然不存在双峰现象,但是合金在第二峰时的延伸率比第一峰大。延伸率是反应塑性的,延伸率越大,则塑性越好;而塑性又和韧性密切相关,第二峰具有较好的延伸率和韧性。

图 3是 393 K下不同时效时间的合金显微组织。由图 3可见,欠时效下的合金组织中析出的第二相很少;峰时效下合金组织中析出的第二相比较多;过时效下合金组织的析出的第二相又变少,而且聚集成较大的颗粒;第二峰时效下合金组织中又重新析出第二相,而且颗粒细小,分布比较均匀。组织中比较粗大的黑色颗粒,应该是合金中的杂质。阎大京等[1]人研究表明,峰时效的强化主要靠 GP区;第二峰的强化主要靠 η′($MgZn_2$)相和少量的 GP区。主要原因是随着时效时间的延长合金组织中出现了相变[4~6]:α(过饱和固溶体)→GP区→亚稳定相 η′($MgZn_2$)→平衡相 η($MgZn_2$)。因此 32 h的合金组织中析出的第二相很可能是 GP区。128 h的合金组织中重新析出

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net