

# 微量 Ag 对 CP276 合金性能和组织的影响

The Effect of Small Additions of Silver on the Tensile Property and Microstructure of Al-Li (CP276) Alloy

洛阳船舶材料研究所 黄晖

中南工业大学 郑子樵 尹登峰

Huang Hui (Luoyang Ship Material Research Institute)

Zheng Ziqiao Yin Dengfeng (Central South University of Technology)

**[摘要]** 研究添加不同含量的 Ag 对 CP276 合金的拉伸性能和时效组织的影响。对拉伸强度、延伸率测试及透射电镜观察表明: 0.11wt% Ag 的加入可促进  $T_1$  相析出, 使合金强度值升高; 0.38wt% Ag 的加入可在时效前期生成富 Ag、Mg 的稳定的 GP 区, 从而降低合金中 Cu 的固溶度, 阻碍  $T_1$  相析出, 时效后期, GP 区分解, 生成大量  $T_1$  相, 使合金强度值显著升高。

**关键词:** Al-Li 合金 Ag 时效 拉伸性能 显微结构

**[Abstract]** The effect of change in Ag contents on the tensile property and ageing microstructure of Al-Li (CP276) alloy has been studied. Adding 0.11wt% Ag to the alloy promote the precipitation of  $T_1$  phase and improve the peak strength. The GP zones containing Ag and Mg appear in the earlier ageing stage in the alloy containing 0.38wt% Ag, decreasing the solubility of Cu in the alloy, preventing the precipitation of  $T_1$  phase and reducing the strength; in the further ageing stage, GP zones are dissolved,  $T_1$  phase precipitated enmously and the peak strength is improved.

**Keywords:** Al-Li alloy (CP276) silver ageing tensile property microstructure

## 1 前言

早期的研究表明<sup>[1]</sup>, 在一些工业铝合金中添加少量 Ag 能促进沉淀相析出, 从而提高这些合金的时效硬化能力。最近, 由美国 Mattin Marietta 公司开发的 049 合金也因为添加少量 Ag、Mg 而使其具有高于其它 Al-Li 合金的超高强度。Pickens 等人指出 049 合金在 T6、T8 时效态时的主要强化相是  $T_1$  相<sup>[2]</sup>, Ag 和 Mg 共同加入后, 促进了  $T_1$  相细化、弥散析出, 从而使该合金的峰值强度达到 700MPa。049 合金板材中 Cu 含量高达 6.3wt%, 所以其密度较高 (大于 2.7g/cm<sup>3</sup>), 这不利于航空航天结构件的减重要求。本文研究了低 Cu 高 Li 铝锂合金 (CP276) 中 Ag 的作用机理, 为开发性能更加优异的铝锂合金打下基础。

## 2 实验方法

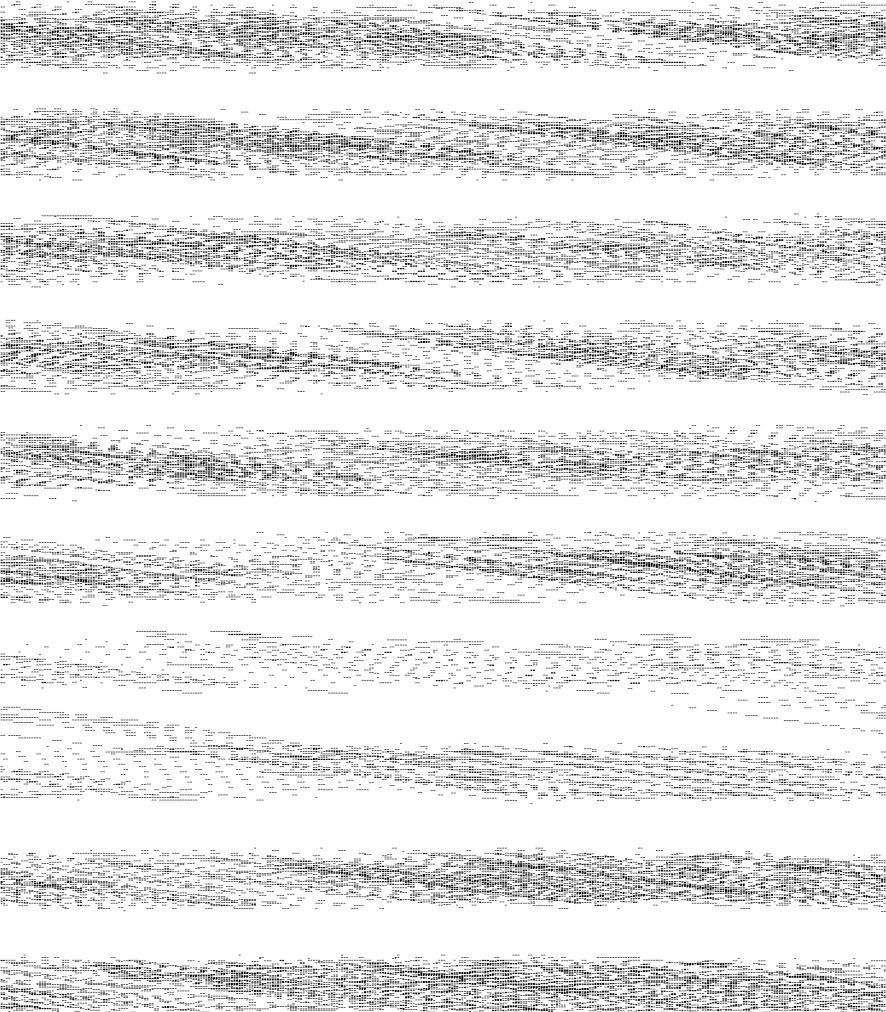
本实验中采用了三种成分的合金试样, 其化学成分

分析结果列于表 1。合金 A 属于 CP276 合金的正常成分范围, 合金 B 中加入 0.11wt% Ag, 合金 C 中加入 0.38wt% Ag。合金在熔剂保护下熔炼, 氩气保护下浇注。铸锭经 500℃/24h 均匀化处理后轧制成板材。对板材试样进行如下热处理工艺: 530℃/0.5h 固溶→冷水淬火→6% 轧制预变形→4h 自然时效→160℃人工时效。拉伸试验在 WD-10A 型电子拉伸机上进行, TEM 观察在 H800 透射电镜上进行。

## 3 实验结果

### 3.1 室温拉伸性能

室温拉伸性能结果如图 1 所示。由图可知, 随时效时间增加, 合金 A、B 强度逐渐增大, 大约在 28h 时效后达到峰值。A 合金的峰值拉伸强度为 575MPa, B 合金的峰值拉伸强度为 585MPa。C 合金时效硬化速率较 A、B 合金慢, 大约在 66h 后达到峰值强度, 其峰值拉伸强度为 595MPa。以上结果说明, 添加 0.11wt% Ag 提高了



11-11-11

区(溶解C<sub>60</sub>在面CP  
在溶解区基本溶解后,在  
合,形成稳定的络合物,因

出不利影响较小。

O<sub>2</sub>与Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的复合氧化物在Y  
的复合氧化物为颗粒尺寸形  
在表面形成一层致密的氧化

析出,提高合金强度。

入0.38wt%在CP2在合金中加  
(略) 参考文献  
定C<sub>60</sub>在合金中形成稳定的