

Effect of Process Parameters on Microstructure and Properties of 5754 Aluminum Alloy

Jiqiang Chen¹, Qingsong Dai^{1,2}, Gaofeng Sang¹, Mingwei Zhao¹

¹Guangxi Liuzhou Yin Hai Aluminum Co., Ltd., Liuzhou Guangxi

²School of Materials Science and Engineering, Central South University, Changsha Hunan

Email: 244034502@qq.com

Received: Feb. 28th, 2018; accepted: Mar. 19th, 2018; published: Mar. 26th, 2018

Abstract

Taking the 5754 aluminum alloy for automobile as the research object, the effect of cold rolling deformation, heat holding time and heat holding temperature on the properties and microstructure of alloy were studied. The results show that the work hardening of 5754 alloy sheet is significant. With the increasing of cold rolling deformation, the tensile strength and yield strength of alloy plates increase gradually, while the elongation decreases. And the annealing time on the mechanical properties of 5754 aluminum alloy is less sensitive than the annealing temperature.

Keywords

5754 Aluminum Alloy, Cold Rolling Deformation, Annealing Technics, Microstructures and Properties

工艺参数对5754铝合金组织和性能的影响

陈纪强¹, 戴青松^{1,2}, 桑高锋¹, 赵明伟¹

¹广西柳州银海铝业股份有限公司, 广西 柳州

²中南大学材料科学与工程学院, 湖南 长沙

Email: 244034502@qq.com

收稿日期: 2018年2月28日; 录用日期: 2018年3月19日; 发布日期: 2018年3月26日

摘要

以5754铝合金为研究对象, 研究了变形量、退火温度、退火时间等因素对5754合金板材组织和性能的影响。

文章引用: 陈纪强, 戴青松, 桑高锋, 赵明伟. 工艺参数对 5754 铝合金组织和性能的影响[J]. 材料科学, 2018, 8(3): 137-143. DOI: 10.12677/ms.2018.83017

影响。结果表明, 5754合金板材加工硬化现象显著, 随着变形量的增加, 其抗拉强度和屈服强度不断增大, 而延伸率则逐渐降低, 且5754合金板材退火时间对力学性能的影响小于退火温度。

关键词

5754铝合金, 冷变形, 退火工艺, 组织性能

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

5754 铝合金是典型的 5xxx 系铝合金, 具有中等强度、良好的焊接性能、耐腐蚀性能以及成形性能等特点, 被广泛应用于汽车、船舶、航空、航天等领域[1] [2]。Al-Mg 系合金属于热处理不可强化的铝合金, 主要由 Mg 原子的固溶强化和细晶强化来决定。5754 铝合金板材生产时, 铸锭经过热轧和冷轧后, 要进行退火处理, 而退火工艺是最终决定板材成品性能的关键[3]。本文系统地研究了冷变形量、退火温度以及退火时间对 5754 铝合金组织与性能的影响。

2. 实验材料与方法

2.1. 实验材料

实验材料为 6 mm 厚 5754 铝合金热轧坯料, 其化学成分如表 1 所示。

2.2. 实验方法

对热轧坯料进行冷轧, 冷轧加工率分别为 15%、30%、45%、60%、75%, 再将不同冷轧加工率的板材进行退火处理, 退火温度分别为 160℃、180℃、200℃、220℃、240℃、260℃和 280℃, 退火时间分别为 2 h、3 h 和 4 h。

在 MTS809 材料试验机上分别测试 5754 合金不同冷轧加工率和不同退火制度时的室温拉伸性能; 在 OLYMPUS 金相显微镜下观察不同状态下经打磨、抛光以及使用 Keller 试剂浸蚀的 5754 金相试样的显微组织。

3. 实验结果

3.1. 冷变形量对 5754 合金的影响

热轧坯料经不同加工率冷轧后的力学性能如图 1 所示。从图 1 可知, 随着冷变形量的增大, 合金的抗拉强度和屈服强度不断增加, 而延伸率则逐渐降低。冷变形量为 15%时, 5754 合金板材的抗拉强度和屈服强度为 226 MPa 和 256 MPa, 延伸率为 9%。当冷变形量增加到 45%时, 5754 合金板材的抗拉强度和屈服强度为 270 MPa 和 306 MPa, 延伸率为 5%。5754 合金板材的抗拉强度和屈服强度分别增加了 44 MPa 和 50 MPa, 延伸率则下降了 4%。当冷变形量继续增加到 75%时, 5754 合金板材的抗拉强度和屈服强度为 346 MPa 和 357 MPa, 延伸率为 3%。5754 合金板材的抗拉强度和屈服强度分别增加了 76 MPa 和 51 MPa, 延伸率则下降了 2%。

3.2. 退火温度对 5754 合金的影响

从图 2、图 3 可以看出,冷变形量相同的 5754 合金板材,随着退火温度的升高,其抗拉强度和屈服强度均降低,延伸率则升高,且这种变化趋势随变形量的增大而更趋显著。冷变形量在 15%~30%之间的板材,其力学性能变化较平缓,而变形量在 45%~75%之间的板材,其力学性能变化较大。5754 合金板

Table 1. Chemical composition of 5754 aluminum alloy (mass fraction %)

表 1. 5754 铝合金化学成分 (质量分数%)

| Fe | Si | Cu | Mg | Mn | Zn | Cr | Ti | Al |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 0.201 | 0.105 | 0.009 | 2.735 | 0.148 | 0.029 | 0.024 | 0.015 | Bal |

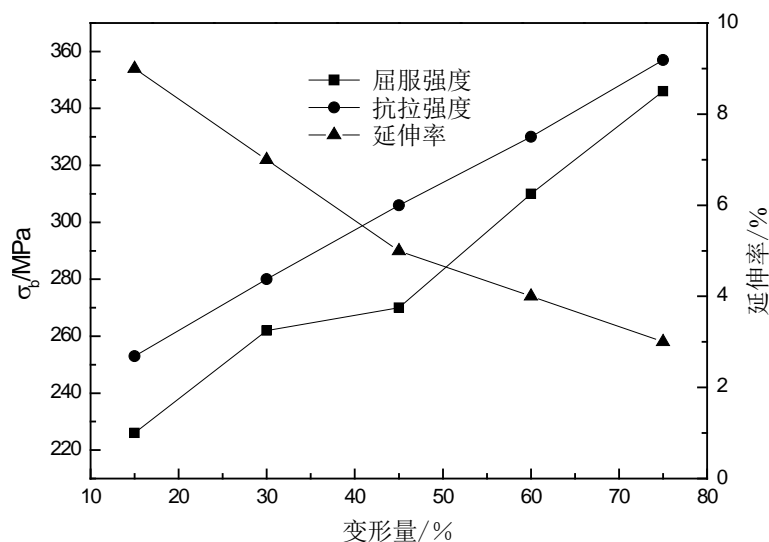


Figure 1. Effect of cold rolling deformation on mechanical property of 5754 alloy

图 1. 5754 合金冷变形量对性能的影响

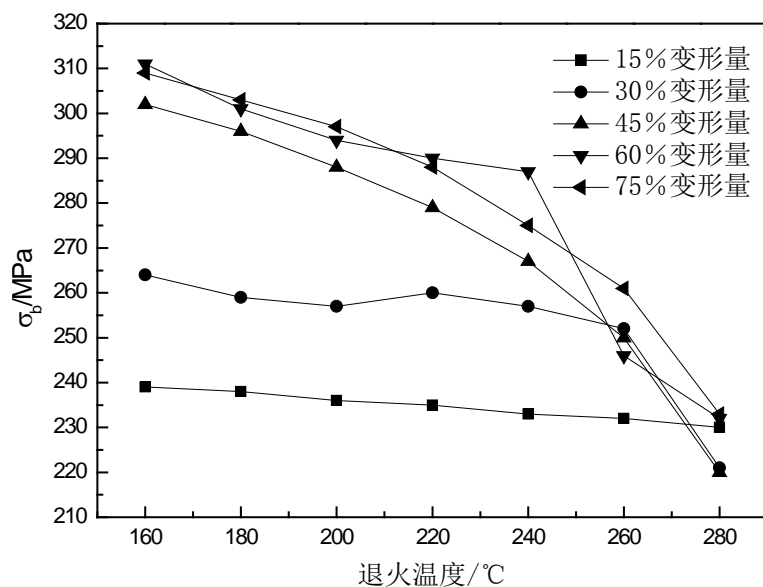


Figure 2. Effect of different annealing temperatures on tensile strength of 5754 alloy at different processing rates

图 2. 不同退火温度对不同变形量下 5754 合金抗拉强度的影响

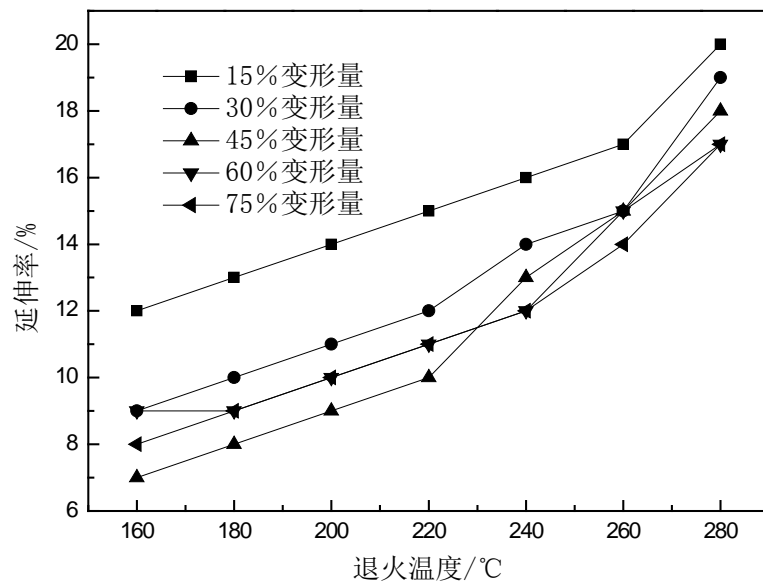


Figure 3. Effect of different annealing temperatures on elongation of 5754 alloy at different processing rates

图 3. 不同退火温度对不同变形量下 5754 合金延伸率的影响

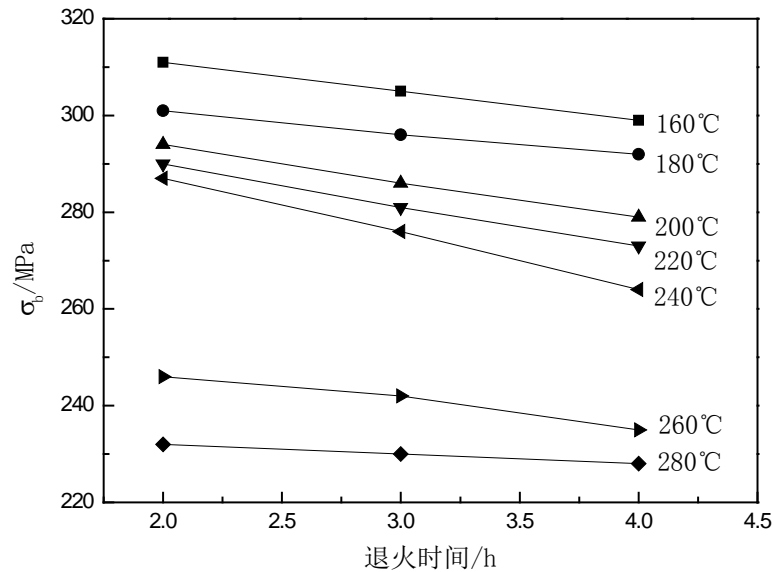


Figure 4. Effect of different annealing temperatures on tensile strength of 5754 alloy at different processing rates

图 4. 不同退火温度对不同变形量下 5754 合金抗拉强度的影响

材冷变形储能结构是晶格畸变和各种晶格缺陷，如点缺陷、位错、亚晶界等，随着退火温度的升高，板材发生回复与再结晶，金属内部的自由能量增加，使得板材抗拉强度和屈服强度均降低，延伸率则升高。变形量越大的板材，晶格畸变能越高，板材的储能也越多，使合金再结晶温度降低，所以同一退火温度时变形量越大的板材变化趋势更大[4]。

3.3. 退火时间对 5754 合金的影响

选取变形量为 60% 时进行不同退火时间的板材，退火时间分别选定为 2、3、4 h。从图 4、图 5 可以

看出，随着退火时间的增加，5754 合金板材的抗拉强度和屈服强度逐渐降低，延伸率则不断增加，但变化幅度很小，相对于退火温度而言，退火时间对 5754 合金板材力学性能的影响较小，退火时间为 2 h 时基本就能得到足够稳定的性能。

5754 合金板材在退火过程中主要发生回复与再结晶，且低温时回复起主要作用。回复是合金内部点缺陷和位错运动形成亚晶组织，随着退火温度和退火时间的增加，亚晶逐渐长大，呈现出明显的亚晶晶界[5]。如图 6 所示为 60% 变形量，退火温度为 280℃，保温 2 h 的显微组织，晶粒发生了明显的回复，个别部分还发生了再结晶。

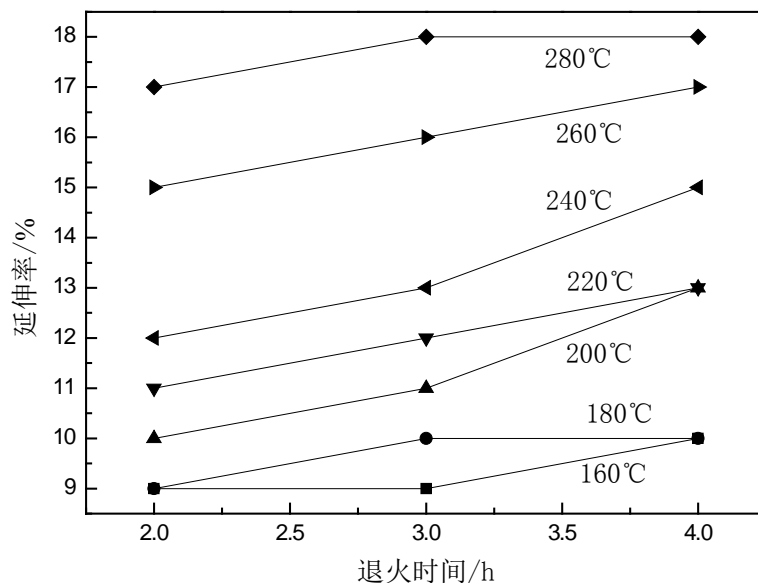


Figure 5. Effect of different annealing temperatures on elongation of 5754 alloy at different processing rates

图 5. 不同退火温度对不同变形量下 5754 合金延伸率的影响

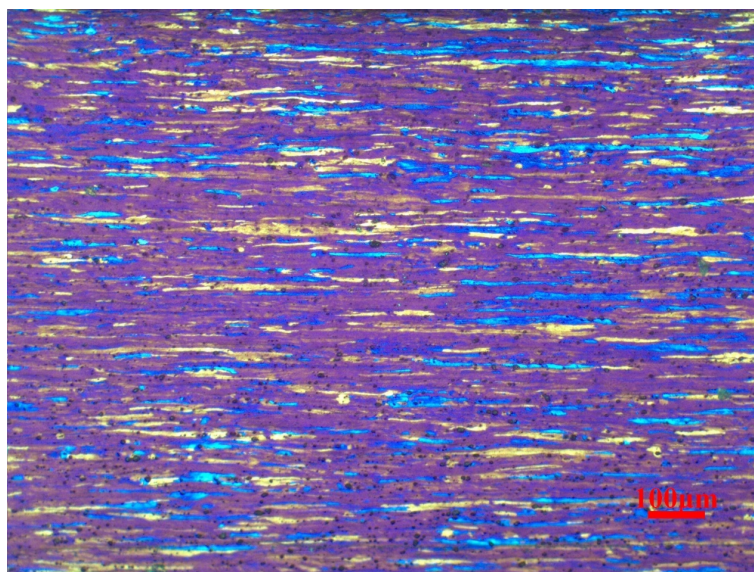


Figure 6. OM microstructure of 5754 alloy under 60% cold rolling deformation at annealing temperature of 280°C and annealing time of 2 h

图 6. 60% 变形量下退火温度为 280℃ 保温 2 h 的 5754 合金板材显微组织

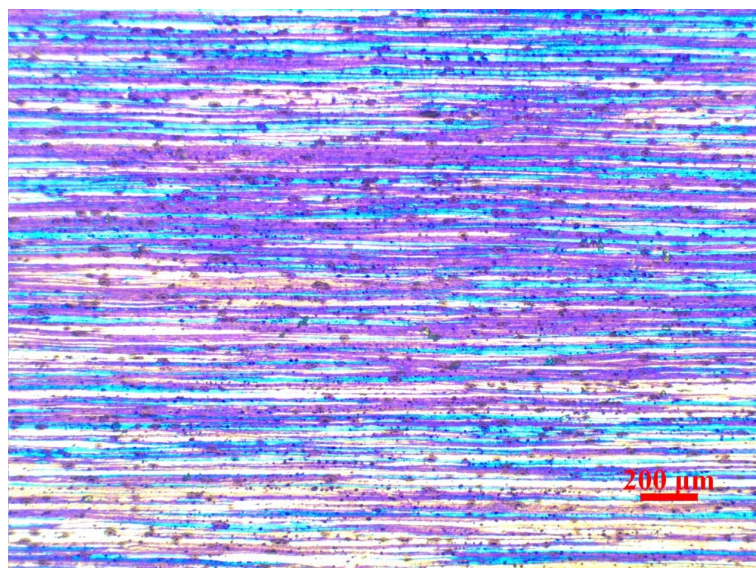


Figure 7. OM microstructure of 5754 alloy under 60% cold rolling deformation
图 7. 60%变形量的 5754 合金板材显微组织

4. 分析与讨论

5754 合金板材在经过冷变形时, 晶粒沿着轧制方向被压扁、拉长, 随着变形量的增加, 合金内部不断发生塑性变形, 导致位错密度也不断增加, 位错反应和相互作用增强, 结果产生固定割阶、位错缠结等障碍, 使得合金继续产生变形变得困难, 在力学上则表现为合金的抗拉强度和屈服强度增大。如图 7 所示为 60%冷变形量 5754 合金板材的显微组织, 可以看出, 合金板材经过冷轧变形后, 其等轴晶粒会沿着轧制方向被压缩而伸长, 呈现出明显的纤维状的条纹[6]。

5754 合金板材经过冷变形后, 点缺陷、位错等结构缺陷密度增加, 晶格畸变能增大, 此时合金处于一种热力学不稳定的高自由能状态。在经过退火处理后, 晶粒吸收了能量, 当退火温度达到一定程度时, 将出现新的等轴晶粒, 合金内部发生了回复与再结晶。因此, 文中 5754 合金板材在经过 280℃/2 h 退火处理后, 在个别部分出现了细小晶粒, 表明此时已经开始发生再结晶。当退火温度进一步升高时, 晶粒将开始长大。因此, 5754 合金板材经过退火处理后强度降低, 塑性增加, 可以获得良好的机械加工性能。当退火时间在 2 h 以上时, 力学性能虽有变化, 变化很小, 这主要是退火时间在 2 h 以上时, 变形晶粒已经大部分被等轴晶粒取代, 合金板材发生了明显的再结晶。

5. 结论

- 1) 5754 合金板材加工硬化现象显著, 随着冷变形量的增加, 其抗拉强度和屈服强度不断增大, 而延伸率则逐渐降低;
- 2) 随着退火温度的升高和退火时间的增加, 5754 合金的抗拉强度和屈服强度不断减小, 而延伸率则逐渐增大, 且相对于退火温度而言, 退火时间对 5754 合金板材力学性能的影响较小;
- 3) 5754 合金板材冷合金板材经过冷变形后, 其等轴晶粒会沿着轧制方向被压缩而伸长, 呈现出明显的纤维状的条纹。经 280℃下保温 2 h 晶粒发生明显回复与再结晶。

基金项目

广西创新驱动重大专项(桂科 AA17202011)、广西科技计划项目(桂科 AA16380039)。

参考文献

- [1] 张显峰, 陆政, 高文理, 等. 7xxx 铝合金的热处理工艺[J]. 金属热处理, 2012, 37(2): 65-69.
- [2] 谷 鹏, 陈海燕. 汽车用高强 5754 铝合金的退火工艺[J]. 金属热处理, 2014, 39(10): 32-34.
- [3] 赵卫涛, 闫德胜, 戎利建. 变形 Al-Mg-Sc-Zr 合金退火组织的 TEM 观察[J]. 金属学报, 2005(41): 1150-1154.
- [4] 杜新伟. 5052 合金 H32、H22 状态带材生产工艺研究[J]. 现代商贸工业, 2011(17): 327.
- [5] 马东威, 王敏, 胡志华. 固溶处理对 7N09 铝合金组织力学性能的影响[J]. 金属热处理, 2014, 39(1): 38-41.
- [6] Lou, C.Z. and Lian, W. (2013) Effect of High Temperature Annealing and Subsequent Hot Rolling on Microstructural Evolution at the Bond interface of Al/Mg/Al Alloy Laminated Composites. *Materials Characterization*, **84**, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2013.07.007>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7613, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ms@hanspub.org