

# Effect of Heat Treatment on Microstructure and Properties of 3005 Aluminum Alloy

Wei Zhang<sup>1,2</sup>, Liuqing Wu<sup>1</sup>, Qianlv Chen<sup>1</sup>, Jianjin Pan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Guangxi Liuzhou Yinhai Aluminum Co., Ltd., Liuzhou Guangxi

<sup>2</sup>School of Materials Science and Engineering, Central South University, Changsha Hunan

Email: 244034502@qq.com

Received: Dec. 21<sup>st</sup>, 2018; accepted: Jan. 10<sup>th</sup>, 2019; published: Jan. 17<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Taking 3005 aluminum alloy as the research object, the effects of cold rolling rate and annealing temperature on the microstructure and properties of the sheet were studied. The results show that the 3005 aluminum alloy softens during annealing. As the annealing temperature increases, the tensile strength and yield strength decrease gradually, and the elongation gradually increases. The microstructure of the 3005 aluminum alloy after cold rolling deformation is fibrous stripe. After annealing, the interior of the alloy recovers and recrystallizes, and the recrystallization starting temperature is 270°C.

## Keywords

3005 Aluminum Alloy, Cold Rolling Deformation, Annealing Temperature, Microstructure and Properties

---

# 热处理对3005铝合金组织与性能的影响

张 伟<sup>1,2</sup>, 吴柳清<sup>1</sup>, 陈千律<sup>1</sup>, 盘健进<sup>1</sup>

<sup>1</sup>广西柳州银海铝业股份有限公司, 广西 柳州

<sup>2</sup>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12月21日; 录用日期: 2019年1月10日; 发布日期: 2019年1月17日

---

## 摘 要

以3005铝合金为研究对象, 研究了退火处理对3005铝合金板材组织与性能的影响规律。结果表明: 3005铝合金在退火时发生软化现象, 随着退火温度的增加, 抗拉强度和屈服强度逐渐减小, 而延伸率逐渐增

加；而3005铝合金经冷轧变形后其显微组织为纤维状的条纹，经过退火处理后，合金内部发生回复与再结晶，再结晶开始温度为270℃。

## 关键词

3005铝合金, 冷变形, 退火温度, 组织与性能

Copyright © 2019 by author(s) 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

3005 铝合金属于典型的 Al-Mn 系可热处理强化铝合金，具有良好的成形加工性能、耐腐蚀性能、导热性能以及反射性能等特点，广泛应用于包装材料、热交换材料、建筑材料等领域[1][2]。冷变形后的铝合金材料，经退火处理后其组织将对力学性能、耐腐蚀性能和成形性能产生影响。本文通过研究热处理对 1.0 mm 厚的 3005 铝合金板材(冷轧变形量为 85%)的组织与力学的影响规律，确定该合金的再结晶退火温度，为 3005 铝合金板材的生产提供理论依据。

## 2. 实验材料与方法

### 2.1. 实验材料

实验材料为 5 mm 厚 3005 铝合金热轧坯料，其化学成分如表 1 所示。

Table 1. Chemical composition of 3005 aluminum alloy (mass fraction%)

表 1. 3005 铝合金化学成分(质量分数%)

Fe	Si	Cu	Mg	Mn	Zn	Cr	Ti	Al
0.585	0.264	0.0617	0.345	1.059	0.0423	0.0066	0.027	Bal

### 2.2. 实验方法

对 5 mm 厚度的 3005 铝合金热轧坯料在六辊不可逆冷轧机上进行轧制到 1.0 mm 厚度，冷轧加工率为 80%，再将经过冷轧轧制的板材进行退火处理，退火温度分别为 200℃、210℃、220℃、230℃、240℃、250℃、260℃、270℃、280℃、290℃、300℃、310℃、330℃、350℃，退火时间为 3h。

在 MTS809 材料试验机上分别测试 3005 铝合金不同热处理时的室温拉伸性能；在 OLYMPUS 金相显微镜下观察不同热处理状态下经打磨、抛光以及使用 Keller 试剂浸蚀的 3005 金相试样的显微组织。

## 3. 实验结果

### 3.1. 退火温度对 3005 铝合金力学的影响

如图 1 所示为冷变形量为 80%的 3005 铝合金板材经(200℃、210℃、220℃、230℃、240℃、250℃、260℃、270℃、280℃、290℃、300℃、310℃、330℃、350℃/2 h)退火后的力学性能，可以看出，随着退火温度的增大，3005 合金板材的抗拉强度和屈服强度逐渐降低，而延伸率则逐渐增大。但在不同的退火温度区间范围内，其变化程度有所不同。退火温度在 270℃ 以下时，3005 合金板材力学性能变化较为平缓，

合金板材的抗拉强度和屈服强度分别降低 37 和 48 MPa，而延伸率仅增加 7%；退火温度在 270℃~310℃ 之间时，3005 铝合金板材力学性能变化较为显著，合金板材的抗拉强度和屈服强度分别降低 45 和 94 MPa，而延伸率增加 9%；而当退火温度在 310℃ 以上时，3005 铝合金板材的力学性能基本保持不变。

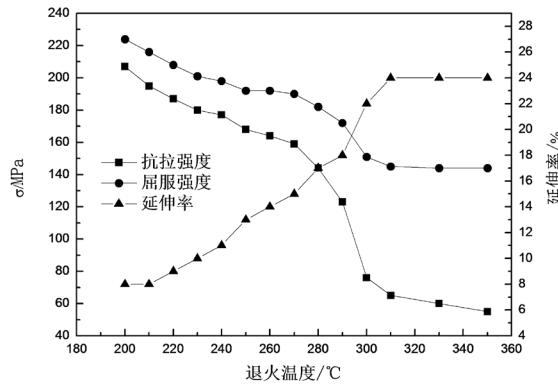


Figure 1. Effect of annealing temperature on properties of 3005 aluminum alloy  
图 1. 3005 铝合金退火温度对性能的影响

### 3.2. 退火温度对 3005 铝合金组织的影响

如图 2 所示为不同退火温度时 3005 铝合金的显微组织。可以看出，3005 铝合金在经过 80% 的冷变形后，晶粒沿着轧制方向被拉长、压碎，形成大量亚晶界等小角度晶界，导致大量位错堆积，最终呈现出明显的纤维状组织特征，如图 2(a)所示。合金板材在经过退火处理后，晶粒吸收了能量，板材的组织性能将产生较大的变化，当退火温度在 270℃ 以下时，合金板材主要发生回复，点缺陷和位错运动加剧，纤维状组织逐渐消失，如图 2(b)所示为 240℃ 退火 3 小时的显微组织；当退火温度在 270℃~310℃ 之间时，虽然纤维状组织并未完全消失，但部分晶粒发生了再结晶，如图 2(c)所示为 300℃ 退火 3 小时的显微组织。随着退火温度进一步增加至 310℃ 以上时，合金板材中的纤维状组织已完全消失，呈现出明显的再结晶特征，如图 2(d)所示。

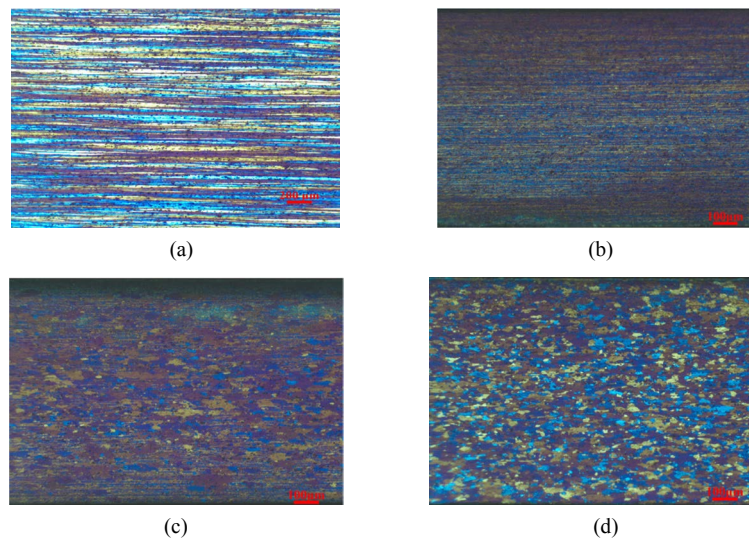


Figure 2. Microstructure of 3005 aluminum alloy at different annealing temperatures (a) Cold-rolled state; (b) 240°C; (c) 300°C; (d) 350°C

图 2. 3005 铝合金不同退火温度下的显微组织(a) 冷轧态; (b) 240°C; (c) 300°C; (d) 350°C

## 4. 分析与讨论

3005 铝合金板材在冷变形时晶粒沿着轧制方向被拉长,当变形量达到一定程度时,各个晶粒之间已经不能清楚的辨别开来,晶粒将呈现出纤维状[2],这也是文中图 2(a)金相组织呈纤维状分布的原因。

3005 铝合金板材在冷轧变形过程中,3005 合金内部晶粒沿着轧制方向被压扁而形成纤维状组织,晶粒内部形成许多亚晶,晶体点阵发生严重畸变,晶体缺陷数量激增,材料的位能得到提高,此时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[3] [4] [5]。本文中 3005 铝合金退火温度在 270℃ 以下时,其显微组织仍是较为明显的纤维状组织,且其抗拉强度虽略有降低,但幅度较小,表明在此温度下 3005 合金仅发生了回复。由于退火温度较低,不足以引起晶粒内变形储能,只能使其在加工硬化中形成的点缺陷和位错在加热过程中发生迁移,亚组织发生了多边化,位错重新排布,亚晶粒粗化,即位相差很小的两个或多个亚晶粒通过位错的攀移等运动形成一个较大的亚晶粒。退火温度在 270℃~310℃ 之间时,3005 合金板材力学性能变化较为显著,此时在合金内部个别区域出现了细小晶粒,开始发生了再结晶。再结晶的发生使得 3005 合金板材位错密度降低,因此 3005 合金板材经退火处理后强度降低,塑性提高。当退火温度在 310℃ 以上时,力学性能基本保持不变,合金板材中的纤维状组织已完全消失,呈现出明显的再结晶特征,如图 2(d)所示。

## 5. 结论

1) 3005 铝合金在退火时发生软化现象,随着退火温度的增加,抗拉强度和屈服强度逐渐减小,而延伸率逐渐增加。

2) 3005 铝合金经冷轧变形后其显微组织为纤维状的条纹,经过退火处理后,合金内部发生回复与再结晶,再结晶开始温度为 270℃。

## 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] 张斗,周海晖,旷亚非. 3005 铝合金常温快速阳极氧化工艺研究[J]. 电镀与涂饰, 2009, 28(6): 28-32.
- [2] 卢恒洋,邓运来,戴青松,等. 退火工艺对 5083 铝合金板材组织性能的影响[J]. 材料科学, 2014, 4(4): 139-144.
- [3] 金滨辉. 汽车车身用 5182 铝合金板组织与性能研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京有色金属研究总院, 2010.
- [4] Zhang, H.F. and Yan, H.H. (2009) Deformation Behavior of Fine-Grained 5083A1 Alloy Atelevated Temperature. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, **19**, 307-331. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(10\)60060-X](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(10)60060-X)
- [5] Zeng, Q., Wen, X. and Zhai, T. (2008) Texture Evolution Rate in Continuous Cast AA5052 Aluminum Alloy during Single Pass Hot Rolling. *Materials Science & Engineering A*, **476**, 290-300. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.05.010>

**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](mailto:ms@hanspub.org)