

文章编号:1671-6833(2013)02-0037-03

高温均匀化退火对 1235 双零铝箔毛料显微组织的影响

赵红亮¹, 朱 帅¹, 李怀武², 任书卿²

(1. 郑州大学 材料科学与工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省银湖铝业有限责任公司, 河南 郑州 450001)

摘 要: 高温均匀化退火对铝箔毛料中第二相化合物尺寸有重要影响, 利用光学显微镜(OM)和扫描电子显微镜(SEM)等手段, 研究了高温均匀化退火温度和保温时间对 1235 合金铝箔毛料中第二相化合物尺寸的影响. 结果表明, 38.6% 变形量的铝箔毛料在 530 ℃ 保温 10 h 后骨骼状的 α (AlFeSi) 相完全分解为圆颗粒状, 大部分条状 β_p (AlFeSi) 相分解为短棒状, 能获得较好的组织.

关键词: 均匀化退火; 铸轧; 双零铝箔毛料; 显微组织

中图分类号: U491.1⁺7 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2013.02.010

0 引言

铝箔具有质轻、包覆性好、无毒无味、抗紫外线等特点, 是当今世界三大包装材料之一. 双零铝箔消费量占包装用铝箔总消费量的 90% 以上^[1], 但它的主要缺陷在于针孔率高, 而毛料中第二相化合物的尺寸对针孔率影响很大^[2-3], 粗大的化合物增大双零铝箔的针孔率. 铸轧法生产双零铝箔毛料具有工艺流程短、设备投资少、能耗低等优点, 但铸轧板中心层化合物较粗大, 增加双零铝箔的针孔数量. 要降低针孔率, 必须通过热处理, 使双零铝箔毛料具有合理的组织和结构^[4-5], 减少粗大化合物的数量. 目前对铝箔毛料热处理工艺

研究中, 中温和低温退火的研究较多^[6-8], 而高温均匀化退火研究还较少. 笔者主要研究了 1235 双零铝箔毛料高温均匀化退火过程中, 退火温度和保温时间对第二相化合物尺寸的影响, 以期尽可能地减少毛料中粗大化合物数量, 降低双零铝箔针孔率.

1 实验材料及方法

实验所用的 1235 铝合金毛料是 7.0 mm 厚的铸轧板坯经冷轧后得到的中间冷轧板, 变形量为 38.6%, 均匀化退火温度为 470 ~ 560 ℃, 保温时间为 6 ~ 12 h. 1235 合金的化学成分见表 1.

表 1 1235 合金的化学成分

Tab. 1 Chemical composition of 1235 alloy

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
99.46	0.09	0.40	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.016

对均匀化退火前和退火后的试样研磨、机械抛光和电解抛光后在 Olympus BH2 显微镜上进行显微组织观察, 并采集金相组织. 电解抛光液成分为高氯酸(HClO₄)与乙醇(C₂H₅OH)体积比为 1:9.

2 实验结果与分析

2.1 1235 铝合金冷轧板的显微组织

图 1 为 38.6% 变形量的 1235 铝合金冷轧板

纵断面表层和中心层的显微组织. 可看出未经均匀化退火的冷轧板表层第二相化合物较细小, 呈颗粒状, 而中心层含有较多的粗大骨骼状和条状化合物. 在扫描电镜下可以看出条状第二相化合物长度达到了 15 ~ 30 μm , 如图 2 所示. 铸轧时铝液从表层至中心层依次凝固, 由于孔道效应^[9], 富集 Fe、Si 等合金元素的铝液在轧辊压力作用下沿枝晶间隙从表层挤到中心层, 生成的第二相化

收稿日期: 2012-10-03; 修订日期: 2012-12-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51174177)

作者简介: 赵红亮(1972-)男, 河南项城人, 郑州大学教授, 博士后, 主要从事高性能镁、铝合金方面研究, E-mail: zhhlwkr@zzu.edu.cn.

合物容易聚集为粗大的骨骼状或条状. 在随后的冷轧过程中, 表层和中心层的第二相化合物随着基体的变形而沿轧制方向分布, 但中心层的第二相化合物尺寸仍然大于表层.

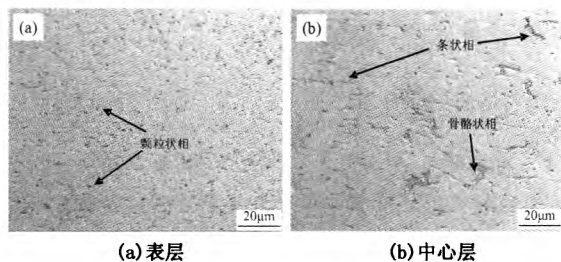


图1 38.6%变形量的冷轧板纵断面不同部位的显微组织

Fig.1 Microstructure of cold rolling plate under 38.6% deformation

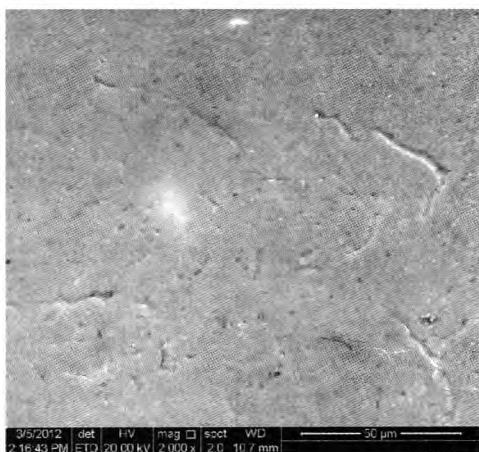


图2 38.6%变形量的冷轧板中心层 SEM 形貌

Fig.2 SEM morphology of the center layer of cold rolling plate under 38.6% deformation

2.2 均匀化退火温度对 1235 冷轧板显微组织的影响

图 3 是 38.6% 变形量的冷轧板在 470 ~ 560 ℃ 保温 10 h 后侧断面中心层的显微组织. 可以看出, 随着退火温度的升高, 中心层骨骼状第二相化合物逐渐分解为圆颗粒状, 同时条状化合物逐步分解为短棒状, 第二相化合物尺寸减小. 1235 合金铸轧时冷却速度较大, 铝箔坯料中的第二相化合物主要有 α (AlFeSi) 相、亚稳相 β_p (AlFeSi) 相和 FeAl_3 相. 其中 α (AlFeSi) 相呈骨骼状或圆颗粒状, β_p (AlFeSi) 相呈片状或条状, 而 FeAl_3 相呈针状或针片状.

由图 3(a) 可以看出, 均匀化退火温度为 470 ℃ 时, 铝箔毛料的中心层仍然有部分骨骼状 α (AlFeSi) 相和条状 β_p (AlFeSi) 相存在, 说明 470 ℃ 时骨骼状 α (AlFeSi) 相并没有完全分解为圆颗

粒状, 条状 β_p (AlFeSi) 相也分解不完全; 当退火温度达到 530 ℃ 时, 骨骼状 α (AlFeSi) 相已经基本消失, 基体中圆颗粒状 α (AlFeSi) 相和短棒状 β_p (AlFeSi) 相含量最多, 但毛料中仍然有少量条状 β_p (AlFeSi) 相, 其长度缩短为 8 ~ 10 μm , 如图 3(c); 退火温度达到 560 ℃ 时, 条状 β_p (AlFeSi) 相长度仍然为 8 ~ 10 μm , 进一步分解成短棒状的趋势不再明显, 基体中出现了少量针状 FeAl_3 相化合物, 如图 3(d). 由于 FeAl_3 相在后续的轧制过程中容易引起应力集中而产生裂纹, 进而扩展成针孔, 降低铝箔防潮性能, 并降低铝箔的强度, 所以为了避免 FeAl_3 相的出现, 38.6% 变形量的冷轧板均匀化退火温度应该以 530 ℃ 为宜.

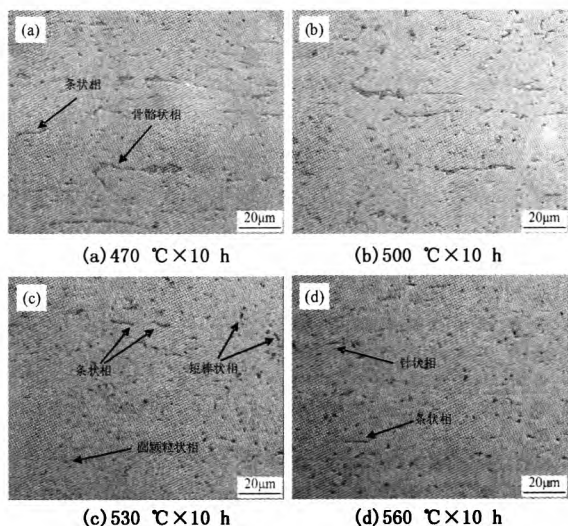


图3 38.6%变形量的冷轧板在不同温度均匀化退火后的显微组织

Fig.3 Microstructure of cold rolling plate under 38.6% deformation after different homogenization annealing temperature

2.3 保温时间对 1235 冷轧板显微组织的影响

图 4 为 38.6% 变形量的冷轧板在 530 ℃ 保温不同时间后的显微组织. 可以看出, 当保温时间为 6 h 时, 中心层无骨骼状 α (AlFeSi) 相, 说明毛料中骨骼状的 α (AlFeSi) 相已经全部分解为圆颗粒状, 而基体中仍然有部分条状 β_p (AlFeSi) 相, 如图 4(a). 继续延长保温时间至 8 h 时, 由于 Fe、Si 原子扩散距离增加, 中心层粗大的条状 β_p (AlFeSi) 相含量逐渐减少, 短棒状 β_p (AlFeSi) 相含量增加. 当保温时间为 10 h 时, 基体中的大部分条状 β_p (AlFeSi) 相分解为短棒状, 剩余的条状 β_p (AlFeSi) 相长度为 8 ~ 10 μm . 继续延长保温时间至 12 h, 剩余条状 β_p (AlFeSi) 相长度仍然为 8 ~ 10 μm , 进一步分解的趋势不再明显. 所以 38.6%

变形量的冷轧板在 530 ℃保温 10 h 比较合适。

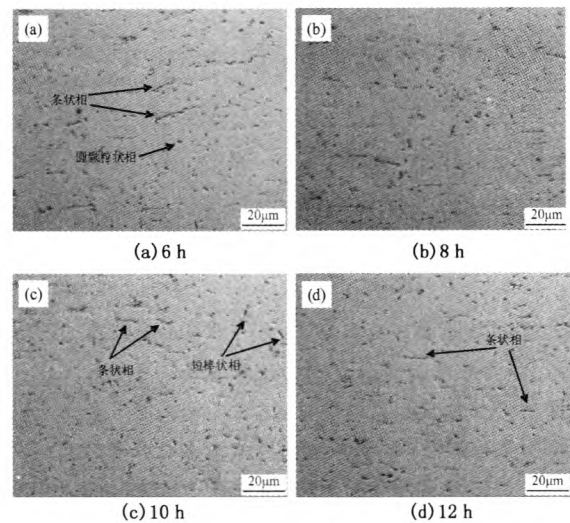


图 4 38.6%变形量的冷轧板在 530 ℃保温不同时间后的显微组织

Fig. 4 Microstructure of cold rolling plate under 38.6% deformation after different homogenization annealing time at 530 ℃

3 结论

(1) 铸轧 1235 铝箔毛料均匀化退火时,在 530 ℃保温 10 h 后中心层粗大的骨骼状 α (AlFe-Si) 相已经分解为圆颗粒状,而大部分条状 β_p (Al-FeSi) 相也分解为短棒状。继续延长保温时间,条状 β_p (AlFeSi) 相分解趋势不再明显。

(2) 退火温度升高到 560 ℃时,基体中出现了针状 FeAl_3 相,在后续的箔轧过程中容易引起应力集中而形成针孔,对铝箔产生不利的影响。

(3) 38.6% 变形量的 1235 铝箔毛料最佳的均匀化退火工艺为 530 ℃ × 10 h。

参考文献:

[1] 杜鹃,肖阳,赵卫涛,等. 国内双零铝箔常见质量问题及分析[J]. 轻合金加工技术, 2010,38(16): 23-28.

[2] 黎志勇,史庆南,杨钢,等. 双零铝箔针孔产生原因及控制方法[J]. 新技术新工艺,2008(10): 63-65.

[3] 蔡海涛,任静. 减少双零铝箔针孔缺陷的探讨[J]. 轻合金加工技术,2003,31(1): 18-24.

[4] 张静,潘复生. 铝箔生产中铝箔毛料的组织控制[J]. 材料导报,2006,20(5): 108-116.

[5] UTSUNOMIYA H, SUTCLIFFE M P F, SHERCLIFF H R, et al. Evolution of matt surface topography in alumin pack rolling. Part II : effect of materials properties[J]. International Journal of Mechanical Science,2004(46): 1365-1375.

[6] 岳有成,杨钢,孙力军,等. 双零铝箔坯料生产中的热处理技术研究[J]. 昆明冶金高等专科学校学报,2011,27(5): 29-32.

[7] 冯云祥,张静,潘复生,等. 中间退火工艺对铝箔力学性能和成品率的影响[J],重庆大学学报:自然科学版,2000,23(9): 32-35.

[8] 卢杰,师建军,柴健海. 1235 铝箔坯料退火工艺对成品力学性能的影响[J]. 轻合金加工技术,2001,29(10): 19-20.

[9] 司开田. 1235 合金铸轧带材中心层偏析机制的研究及其预防措施[J]. 轻合金加工技术,2007,35(10): 5-6.

Influence of Homogenization Annealing on Microstructure of 1235 Alloy Light Gauge Foil Stock

ZHAO Hong-liang¹, ZHU Shuai¹, LI Huai-wu², REN Shu-qing²

(1. School of Material Science and Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Henan Yinhu Aluminium Co. Ltd., Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The size of the second - phase compounds in foil stock is significantly influenced by homogenization annealing. And the effects of homogenization anneal temperature and time on the second - phase compounds' size of 1235 alloy were investigated with optical microscope and scanning electron microscopy. The results show that all of the skeletal α (AlFeSi) phases disintegrate into spherical particles at 530℃ for 10h in foil stock of 38.6% deformation, while most stripy β_p (AlFeSi) phases convert into small rod - shaped compounds, and the microstructure of foil stock is desirable.

Key words: homogenization annealing; roll casting; light gauge foil stock; microstructure