

铝合金 2A70 棒材粗晶环浅析

马继盛, 王颖

(西北铝业有限责任公司 甘肃 陇西 748111)

摘要: 通过对铝合金 2A70 特性、金相组织等进行研究, 利用金相显微镜、碱浸酸洗低倍、断口等方法分析确定粗晶环形成原因, 提出了减少粗晶区形成的控制措施, 以提高铝合金产品合格率。

关键词: 2A70 铝合金; 粗晶环; 控制措施; 产品合格率

Analysis of coarse crystal ring of aluminum alloy 2A70 bar

MA Jisheng, WANG Ying

(Northwest Aluminum Fabrication Company LongXi, Gan Su, 748111)

Abstract: By studying the characteristics of aluminum alloy 2A70 and metallurgical structure, the formation reason of rough crystal ring is determined by means of metallurgical microscope, alkali immersion pickling and fracture, and the control measures to reduce the formation of rough crystal area are proposed to improve the qualified rate of aluminum alloy products.

Key words: 2A70 aluminum alloy; the coarse crystal ring; control measures; product percent of pass

2A70 牌号铝合金属于铝-铜-镁-铁-镍系耐热铝合金, 其合金具有良好的工艺性能、耐热性、可热处理强化、抗蚀性好等特性, 可加工成各种棒材、锻件。被广泛应用于飞机蒙皮、航空发动机气缸、活塞、轮盘等零件。其化学成分如表 1, 该合金中的合金元素种类虽多, 但每种元素的含量都较少, 因在热状态下具有高的可塑性^[1], 易于锻造、冲压, 合金的供货状态为人工时效、热加工。

表 1 2A70 合金化学成分

合金 牌号	主要成分 (质量分数) /%							杂质含量不大于 (质量分数) /%				
	Cu	Mg	Ni	Fe	Si	Ti	Al	Mn	Si	Zn	其他	总和
2A70	1.9~2.5	1.4~1.8	1.0~1.5	1.0~1.5	—	0.02~0.1	余量	0.2	0.35	0.3	0.1	0.95

2A70 铝合金棒材挤压生产时在宏观组织中极易产生严重粗晶环及晶粒粗大的现象, 导致大批量的废品, 严重影响了该合金的产品合格率。为减少 2A70 铝合金在低倍组织中产生的晶粒粗大及粗晶环深度而造成的大批废品现象, 现对合金棒材产生的粗晶环缺陷进行组织特性分析。

1 2A70 铝合金棒材粗晶分析

粗晶环是铝合金挤压制品外层金属受到强烈的挤压过程变形, 经淬火热处理后显现的粗大再结晶晶粒区。用单孔模挤压制品时呈现环形, 多孔模挤压制品时呈现月牙形, 而 2A70 合金的粗晶环多为环形。粗晶环深度在挤压制品中的分布呈现从头端到尾端逐渐加深, 其机理的形成: 挤压制品经热处理强化后形成粗大的晶粒组织, 正向挤压无润滑时, 圆锭外层金属与挤压筒之间受到激烈的摩擦使表层金属发生强烈变形而中心区金属变形小, 又外层金属的剪切变形较大, 使部分金属流入制品的尾端, 再结晶温度降低。2A70 棒材经热挤压后, 前端变形量小, 再结晶不完全, 其他部位已完全再结晶, 经淬火热处理后, 合金不但已充分再结晶,

通讯作者: 马继盛, 产品可靠性能检验工, 主要从事铝及铝合金的理化检验; m19j91s@163.com。

而且晶粒均已长大^[2]。

2 2A70 铝合金棒材组织

2.1 棒材宏观组织

2A70 铝合金热处理强化后的棒材尾端横向低倍组织(图 1),经热处理可强化后,再结晶晶粒均已长大^[3]。在棒材切取的低倍试片截面上的晶粒均较粗大,变形组织大的区域中晶粒组织更粗大。

2A70 铝合金热处理强化后的棒材尾端横向断口组织(图 2),棒材断口截面粗晶区的组织粗大。



图 1 淬火棒材低倍组织



图 2 淬火棒材断口组织

2A70 铝合金棒材挤压后未淬火的尾端横向低倍组织(图 3),合金从铸锭挤压成棒材后已再结晶,在棒材边部区域内,可以看到有许多长大的再结晶晶粒。

2A70 铝合金棒材挤压后未淬火的尾端横向断口组织(图 4),试片截面组织细密、均匀。



图 3 棒材挤压态尾端低倍组织

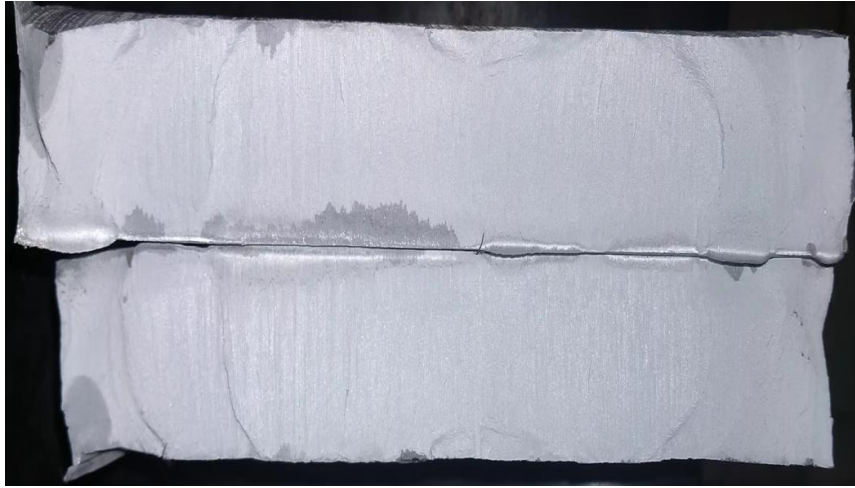


图4 棒材挤压态尾端断口组织

2.2 棒材显微组织

挤压棒材淬火后,从组织上看合金已完全再结晶,晶粒为较大的等轴晶。难溶的化合物 FeNiAl_9 相、 AlCuNi 相和部分残留 Mg_2Si 仍然保留在铝基体上,可溶化合物 $\text{S}(\text{CuMgAl}_2)$ 等溶入铝基体。

铝合金 2A70 头端淬火棒材边部显微组织 (图 5) 及中心部位显微组织 (图 6)。

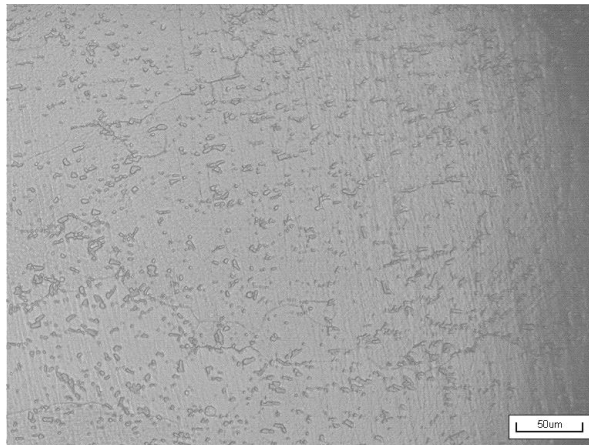


图5 头端淬火棒材边部显微组织



图6 头端淬火棒材中心部位显微组织

铸锭挤压成棒材时,因尾端变形程度更大,所以再结晶晶粒更粗大,铸造组织破碎充分,化合物分布较均匀;淬火棒材尾端组织同头端相似。

铝合金 2A70 尾端淬火棒材边部显微组织 (图 7) 及中心部位显微组织 (图 8)。



图 7 尾端淬火棒材边部显微组织



图 8 尾端淬火棒材中心部位显微组织

3 粗晶环产生原因及预防措施

3.1 粗晶环产生原因

通过对 2A70 合金特性、粗晶环形成机理、棒材的低倍组织、断口组织、显微组织特征观察和分析研究，粗晶环的产生原因可能有以下几种：

- (1) 淬火温度过高，棒材保温时间长，使晶粒组织长大。
- (2) 合金成分元素不合理。
- (3) 棒材在挤压变形前，挤压筒温度和铸锭加热温度相差太大。

(4) 棒材挤压时的变形不充分，变形量小，金属间摩擦力大，晶粒受到剧烈的剪切变形，晶格畸变严重，而使外层金属再结晶温度低，发生再结晶并长大，形成粗晶组织。

3.2 减少粗晶环产生的控制措施

减少粗晶环的方法是减少挤压时合金组织的变形不充分和控制再结晶长大。

(1) 铸锭进行挤压前，对挤压筒内壁残留物进行清洁处理，保持其光亮和洁净，形成完整的铝套[4]，在铸锭与挤压筒挤压时尽可能减少两者之间摩擦力的产生，减少粗晶环的产生，但挤压制品可能会出现成层等缺陷。

(2) 增加合金中的元素或杂质。对合金来说，铁、硅元素的含量越多，粗晶区晶粒越大。铝合金 2A70 中加入 Ti 元素为 0.2%~0.1%时，使金属组织的铸态晶粒增加细化，提高了合金的工艺性能，耐热性能增加。加入微量 Mn 元素，能阻止其再结晶过程，提高再结晶温度，细化再结晶晶粒，粗晶环深度明显减少。

(3) 避免合金淬火温度过高（降低淬火加热温度）及保温时间过长。对淬火温度和保温时间进行控制，虽不能消除 2A70 合金粗晶环深度，可减少深度或控制显现晶粒的大小。若棒材淬火温度过高，或在淬火炉

内保温时间过长时，合金中粗晶环区再结晶晶粒长大的越充分，粗晶组织越粗大，则粗晶环深度就越深。

(4) 用合理的挤压温度和铸锭温度。铸锭加热温度比挤压筒温度低，挤压速度高时，产生的粗晶环深；铸锭加热温度比挤压筒温度高，挤压速度低时，产生的粗晶环也深。只有挤压筒温度与铸锭加热温度相差不大，挤压筒温度比铸锭温度稍高，挤压速度低时，获得再结晶组织细的晶粒，挤出棒材的粗晶环才最浅。因此，当铸锭加热温度和挤压筒温度配合得当时，能得到棒材中浅深度粗晶环区和细晶组织。

4 结束语

合金铝-铜-镁-铁-镍系为代表的 2A70 挤压制品中粗晶环的形成是无法避免的。挤压制品存在再结晶大的粗晶组织时，会造成组织不均匀，导致产品性能不均匀，降低了产品属性，严重会使产品报废。为减少其深度可从调整挤压温度和铸锭温度、淬火温度、合金元素、模具套筒的清洁等措施控制在实际生产中铝合金挤压制品的粗晶组织。

参考文献

- [1] 赵广飞, 潘美艳. 2A70 铝合金锻件组织细化组织研究[J]. 科技展望, 2015 (7) .
Zhao Guangfei, Pan Meiyang. 2A70 tissue refinement of aluminum alloy forgings [J]. Technology Outlook, 2015 (7).
- [2] 王祝堂, 田荣璋. 铝合金及其加工手册[M]. 长沙: 中南大学出版社, 1998.493~495.
Wang Zhutang, Tian Rongzhang. Aluminum alloy and its processing manual [M]. Changsha: Central South University Press, 1998.493~495
- [3] 李学朝. 铝合金材料组织与金相图谱[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010.7.188~198.
Li Xueshao. Aluminum alloy material organization with a metallographic atlas [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2010.7.195
- [4] 刘静安, 单长智, 侯绎, 谢水生. 铝合金材料主要缺陷与质量控制技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2012.3.147.
Liu Jing'an, Shan Changzhi, Hou Yi, Xie Shuisheng. Main defects and quality control technology of aluminum alloy material [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2012.147