

蒙皮零件拉伸粗晶的控制研究

Research of Controlling Coarse-Grain of Stretching Skin Part

沈阳飞机工业(集团)有限公司 李 丁

中国航空工业集团公司 刘旭东

[摘要] 针对民机 2014 材料(材料规范 L164/L165/L167)、某型机 2B06OB 材料拉伸成形过程中出现的粗晶缺陷,进行了大量的工艺试验,分析并查找出粗晶产生的原因,摸清材料性能,并提出最终解决方案。

关键词: 铝合金 蒙皮 拉伸 粗晶

[ABSTRACT] There were coarse-grained defects on the surface of 2014 material for commercial aircraft (material specification: L164/L165/L167) and 2B06OB material during the stretch forming. By making a lot of process tests, the causes of coarse grain are analyzed and found out, material properties are clear, and a final solution is proposed.

Keywords: Aluminium alloy Skin Stretch Coarse-grain

蒙皮零件作为飞机外表面覆盖件,其尺寸精度、表面质量要求极为严格;通常双曲度蒙皮需要专用蒙皮拉伸机进行成形,蒙皮毛料的夹持方式、拉伸变形量、热处理状态等均对零件成形质量有很大影响^[1]。随着军民机研制的快速发展,蒙皮拉伸工艺优化及质量控制尤为重要。本文从不同项目、不同材料的角度进行了蒙皮零件拉伸试验研究,分析不同蒙皮零件出现粗晶的原因,并从微观机理上进行了阐述,提出了最佳工艺方案,为类似问题的解决进行了有益的探索。

1 民机 2014 材料蒙皮试验件拉伸粗晶研究

某民机项目前缘蒙皮试验件(材料规范 L164/L165/L167),外形曲率复杂,变形量大,成形困难,外方提供材料为硬状态,且为多家公司生产,炉批号也各不相同。

1.1 问题的产生

前缘蒙皮试验件采用了退火预拉伸-新淬火拉伸贴胎-时效退火的工艺流程。首件在预拉伸并新淬火第二次拉伸后出现粗晶,表面粗晶清晰可见(见图 1),零件报废;取第二件重复上述工序,同时减小拉形机工作台上顶力到 30t,降低上升速度,仍然出现粗晶,拉伸试验暂停。



图1 2014材料粗晶零件

Fig.1 Coarse-grained part of 2014 material

1.2 原因查找及分析

(1)原因分析。经查阅相关资料,造成材料粗晶的主要因素有三个:原材料、拉伸变形量控制、热处理过程。

(2)现场原因查找。现场检查了当天热处理记录,退火及淬火温度时间均在有效范围内;拉伸力及工作台上顶速度均为数字控制,各次成形参数一致;查此两项零件炉批号,入厂验收均合格。为此决定采用排除法,以确定究竟是哪个环节产生的问题。

一是将原材料进行晶粒度测试;二是加工不同炉批号 L164/L165/L167 材料试片,不经过任何成形过程,采用不同的热处理制度进行试片热处理,随后进行晶粒度测试。

1.3 试验过程及分析

1.3.1 试验过程

试验 1:选取下料后未经过任何成形与热处理操作的零件展开料(L164/L165/L167)2 块进行阿洛丁氧化,表面未出现雪花状粗晶,然后进行晶粒度检查,结果显示包铝层及基体晶粒度均为 2 级以下。

试验 2:选取 L164-T4 $\delta 1.2\text{mm} \times 200\text{mm} \times 100\text{mm}$ (A1、A2、A3、A4、A5 五个试片)、L165/L167-T6 $\delta 1.6\text{mm} \times 200\text{mm} \times 100\text{mm}$ (B1、B2、B3、B4、B5 五个试片)两种材料规范各进行五种不同的热处理制度,分别

为退火、退火 + 固溶、退火 + 固溶 + 自然时效、固溶、固溶 + 自然时效。其晶粒度测试结果见表 1、表 2。

表1 L164-T4五种热处理试片晶粒度测试记录

L164-T4; δ1.2mm × 200mm × 100mm					
粗晶部位	热处理制度				
	退火	退火 + 固溶	退火 + 固溶 + 自然时效	固溶	固溶 + 自然时效
	A1	A2	A3	A4	A5
基体	细	细	细	细	细
包铝层	细	粗	粗(8级上)	粗	粗

表2 L165/L167-T6五种热处理试片晶粒度测试记录

L165/L167-T6; δ1.6mm × 200mm × 100mm					
粗晶部位	热处理制度				
	退火	退火 + 固溶	退火 + 固溶 + 人工时效	固溶	固溶 + 人工时效
	B1	B2	B3	B4	B5
基体	细	细	细	粗(7级)	粗(7级)
包铝层	粗	粗	粗(7级)	粗(4级)	粗(4级)

注: L165-T6 退火 375 ± 5℃ ; 固溶: 505 ± 5℃ ; 人工时效: 175 ± 5℃ , 保温 7~12h。

1.3.2 试验结果

对于 L164-T4 炉批号的材料, 进行两次热处理后, 其包铝层均为粗晶; 对于 L165/L167-T6 炉批号的材料, 只要进行一次热处理, 其包铝层即为粗晶。

1.3.3 试验分析

以上两种材料共 10 个热处理试片均未经过任何成形操作, 在一次或两次热处理后均出现粗晶, 说明此种材料晶粒度受热处理影响大, 同时此种材料对热处理极为敏感, 即使第一次热处理不出现粗晶, 在随后的热处理过程中也会出现粗晶, 同时拉伸成形使粗晶缺陷更加明显。

1.4 解决方案

通过以上研究, 基本掌握了粗晶产生的原因。前缘试验件来料为硬状态, 由于零件成形变形量大, 为利于零件成形, 特采用退火预拉伸—新淬火拉伸贴胎—时效的工艺流程, 但实践证明对于此状态材料不适用, 易出现粗晶。

尝试对零件进行新淬火预拉—新淬火拉伸贴胎—时效的工艺流程, 试验结果未出现粗晶, 但是蒙皮零件表面出现了滑移线; 于是考虑从减少热处理次数方面着手分析, 并查阅 BS L165 1991: “本材料如重新热处理

或重新退火, 可导致晶粒粗大, 并在后续的成形时出现明显的‘橘皮’。尤其厚度较薄时, 重复固溶处理将降低抗腐蚀能力并改变颜色”。由此看来, 对于 2014 系列 L164/L165/L167 材料规范的材料不适宜进行多次重复热处理。因此, 确定最佳试验方案为: 软状态预拉伸—淬火补拉—时效流程。

软状态材料不能通过硬料退火获得, 后续我们选购地软状态材料, 应用上述方案进行工艺试验, 试验件贴胎良好, 表面未出现粗晶及滑移线, 质量满足设计要求, 试验取得了圆满成功。

综上, 对于民机项目前缘蒙皮试验件出现的粗晶问题, 通过了大量工艺试验分析粗晶产生的原因, 摸清了 L164/L165/L167 材料规范性能, 确定了工艺方案, 通过最终试验得以验证。

2 某型机 2B06OB 材料拉伸粗晶研究

2.1 问题的产生

在某型机某项蒙皮零件的生产过程中, 拉伸成形零件进行化铣前的清洗工序后, 表面出现大面积雪花状粗晶, 经质量部门检验, 零件不合格(见图 2)。



图2 2B06OB材料粗晶零件

Fig.2 Coarse-grained part of 2B06OB material

2.2 原因查找及分析

(1) 原因分析。进气道蒙皮零件成形过程中, 其影响成形工艺的因素主要有: 原材料晶粒度、拉伸变形量及热处理过程。

(2) 现场原因查找。进气道蒙皮为 2B06OB 材料, 采用预拉伸(近 5%) + 新淬火拉伸靠胎(2%)的工艺方法; 检查了当天热处理记录, 淬火温度时间均在有效范围内, 设备完好, 材料入厂验收合格。为查找原因, 进行了如下试验。

2.3 试验过程及分析

将零件粗晶区域切割并送理化进行截面金相观察, 测试结果表明是包铝层粗晶, 基体晶粒度合格。

选取 2B060B $\delta 1.8\text{mm} \times 300\text{mm} \times 800\text{mm}$ 材料,进行以下试验。

(1) 两组试片分别进行 3% 及 5% 拉伸清洗试验,实测结果分别为 3.1%、5.1%,清洗后发现 3.1% 试片有滑移线迹象,5.1% 试片表面出现雪花状粗晶,且与蒙皮零件拉伸过程中所出现的表面粗晶现象完全一致。

分析认为,单次拉伸变形量太大易产生粗晶。

(2) 进行 A 试验:试片预拉伸(2%)+新淬火拉伸(2%)后的试片清洗后未发现表面粗晶现象。进行 B 试验:试片预拉伸(2%)+退火拉伸(2%)+淬火拉伸(2%)后的试片。清洗后未发现表面粗晶现象。

分析认为,减小首次拉伸变形量可有效地减少粗晶的产生。

2.4 粗晶机理简析

从进气道蒙皮粗晶检测来看,其存在包铝层中,在初次拉伸变形量大且经过热处理后,往往出现在变形量大的地方,材料晶粒产生的不同时性和不均匀性在宏观上表现为橘皮现象。铝合金变形通过常规晶粒滑移过程来进行,在拉伸成形时,出现晶格畸变和各种晶格缺陷,适当增加去应力退火工序,可改善粗晶现象,且退火温度在一定温度时,金属组织向平衡状态转变,晶格缺陷的减少有利于降低应力集中,晶粒产生的不同时性机会降低,从而减少表面橘皮现象的产生^[2]。

事实上,不管何种原因产生粗晶,在原材料中加入能显著细化晶粒的元素,使板材在拉伸过程中避免出现粗晶是可能的,国外公司生产的铝板中就有专门用于拉伸的板材。

2.5 解决方案

利用试验结果,按 A、B 试验数据进行零件拉伸成形试验,均未出现粗晶,但是 A 试验贴胎度不理想。综合考虑,最终确定工艺方法为:预拉伸(2%)+退火拉伸(2%)+新淬火拉伸(2%),并在后续零件生产中获得成功,同时重新编制了工艺规范予以流程固化。

综上,对于本批次 2B06 材料来说,蒙皮表面粗晶与拉伸变形量密切相关,为此采用增加拉伸次数、减小单次变形量并适当增加退火,可有效地解决 2B06 材料成形过程中出现的粗晶问题。

3 结束语

通过对民机 2014 材料(材料规范为 L164/L165/L167)、某型机 2B060B 材料拉伸成形过程中出现的粗晶缺陷分析及大量的工艺试验,找出了粗晶产生的原因,确定最佳解决方案,同时从微观角度对粗晶形成机理进行分析,为解决类似材料拉伸粗晶问题进行了有益的探索。

参考文献

- [1] 航空制造工程手册总编委会.航空制造工程手册:飞机钣金工艺.北京:航空工业出版社,1992,361.
- [2] 游中厚.改善飞机前侧壁蒙皮表面橘皮研究.航空工程与维修,2001(6):46-47.

(责编 晓立)

(上接第 88 页)

尺寸、使用状况等存储在计算机中的相关信息。

与支持工艺设计的制造知识结构层次模型相对应,各个实体的所属知识层次如下:典型零件/1 和零件 1/2 属于层次模型中的第一层零件层,零件 1 属性/3 属于第二层属性层,加工设备/4、车床库/5、铣床库/6、磨床库/7、加工中心库/8、车床 1/9、车床 2/10、车床 3/11 和车床 n/12 属于第三层数据库层。

类似地,可以建立工装设备、材料特征、零件特征、质量检验、制造过程参数、加工方法、制造技术标准、制造过程因素和制造能力等制造知识的 IDEF1X 模型,工艺设计人员在设计时会同时综合考虑零件所有的属性,并查看所需要的制造知识。

4 结束语

制造知识是支持工艺设计知识的重要组成部分,将支持工艺设计的制造知识按照工艺设计人员理解的难易程度划分成零件层、属性层和数据层 3 个结构层次,并利用 IDEF1X 方法建立的支持工艺设计的制造知识表示模型,为将制造知识进行合理有效地组织并提供给工艺设计人员奠定了研究基础。

参考文献

- [1] Dereli T, Filiz H. A note on the use of STEP for interfacing design to process planning. Computer-Aided Design, 2002, 34(14): 1075-1085.
- [2] Brayan C, Steven R R. ALPS: A language for process specification. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 1991, 4(2): 105-113.
- [3] 高伟. 工艺设计信息系统中的知识发现技术研究[D]. 成都: 四川大学, 2005.
- [4] 陈彦海. 产品设计与工艺设计过程建模及其并行技术研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2006.
- [5] 狄瑞坤, 唐任仲. 面向制造设计环境下的并行工艺设计技术研究. 浙江大学学报(工学版), 2002, 36(3): 265-268.
- [6] 张勇为, 顾新建, 胡恒杰, 等. 工艺设计知识资源网络的元数据模型. 浙江大学学报(工学版), 2009, 43(10): 1828-1832.
- [7] 杜平安, 周晓明, 黄洁, 等. 面向工艺设计的制造过程建模[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(10): 1581-1585.
- [8] 刘闯, 王俊彪. 面向工艺领域的制造知识系统化建模方法研究. 计算机集成制造系统, 2009, 8(15): 1500-1506.

(责编 良辰)