

# 浅析 HB/Z5010《低压成型玻璃纤维增强塑料航空制件制造工艺》的修订

Analysis of the Revision of HB/Z5010 Manufacturing Process of Aero-product of Low-pressure Formed Glass Fiber Reinforcement Plastic

北京航空航天大学 徐修成 赵时熙

北京航空材料研究所 姜从典

Xu Xiucheng Zhao Shixi (Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

Jiang Congdian (Institute of Aeronautical Materials, Beijing)

## 1 前言

近二十年来,随着我国航空工业的迅速发展,玻璃纤维增强塑料(以下简称玻璃钢)制件在飞机上的应用越来越多,其中低压成型玻璃钢制件在飞机上的应用占有相当大的比例。HB/Z5010-74《低压成型玻璃纤维增强塑料航空制件制造工艺》自1975年发布实施后,在指导我国航空用玻璃钢制件制造工艺、保证产品质量等方面,曾起过重要作用。但二十年来无论从原材料、工装设备、制造工艺等方面都有了较快的发展和较大的变化,因而原标准已无法满足90年代低压成型玻璃钢制件的制造技术要求。因此,于1992年开始对原标准进行修订,以便制订出新的低压成型玻璃钢航空制件的制造工艺标准。

本标准在修订过程中,课题组先后到全国各地许多航空厂、所进行现场调查,多方听取意见,总结各航空厂、所多年来研制、生产玻璃钢航空制件的实践经验,并参考了国内外有关的玻璃钢制造工艺、标准等技术资料,编制出标准初稿,然后又发至22个厂、所广泛征求意见,经进一步修改后制订出新的标准HB/Z5010-94,现已发布实施。新标准与修订前的标准相比,有许多不同之处,现就标准修订的主要内容和依据做一简要介绍。

## 2 修订的主要内容

### 2.1 厂房与环境

过去由于种种原因,在有些工厂中对生产玻璃钢制件的各道工序的布局安排太分散,这样做的结果不利于玻璃钢制件的生产与管理。因此,在新修订的标准中要求生产玻璃钢制件的各道工序间的布局应紧凑、合理。

玻璃钢制件的质量受其生产环境条件的影响很大。

在原标准中规定,玻璃钢生产车间的温度为 $18\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度不大于75%。从课题组调研中了解到的情况看,普遍认为原标准中对温度和湿度的要求有所偏低。为了确保玻璃钢制件的质量,在新修订的标准中规定,在玻璃制件生产中,各道工序对温度和湿度的要求应符合HB5342中一般工作间的规定。

### 2.2 材料

#### 2.2.1 基体材料

在原标准中,只把对环氧玻璃钢和酚醛玻璃钢的要求列入标准中。二十年来的生产实践表明,除环氧、酚醛玻璃钢外,聚酯玻璃钢制件已逐渐开始应用于航空制造业中。如有些轻型飞机等机种已成功地使用聚酯玻璃钢制件多年,再加上不饱和聚酯树脂价格便宜,工艺性能好,力学性能可满足航空产品的要求,所以说用不饱和聚酯树脂生产航空用玻璃钢制件是完全可行的,因此,决定把对生产聚酯玻璃钢制件用的基体材料不饱和聚酯树脂的要求写入新修订的标准中。

#### 2.2.2 增强材料

众所周知,增强材料是玻璃钢制件中的主要承力材料,但在原标准中未对增强材料提出具体要求和规定。为了确保玻璃钢制件的质量和性能,在新修订的标准中,对增强材料的品种、规格及选材原则都提出了具体的要求和规定。

#### 2.2.3 工艺材料

工艺材料对于玻璃钢制件的成型来说是必不可少的。如对于重要的工艺材料脱模剂,除和原标准一样列出常用的脱模剂配方、配制、涂制方法及适用范围外,还对脱模剂的使用与选择提出了具体要求。此外,根据制件的成型工艺要求,在新修订的标准中还提出了七种工艺辅助材料以供生产时选用。

## 2.3 工装与工具

### 2.3.1 模具

模具是成型玻璃钢制件的重要工艺装备。在本标准中除对原标准中不同模具所用材料提出的具体要求继续保留外,在新修订的标准中,对于模具的设计与制造,从模具的精度、强度、刚度、成型、脱模、经济性、及阴模、阳模、对合模的选用原则等方面都提出了具体的要求。

### 2.3.2 工具

在玻璃钢制件的低压成型工艺中,除了需用热压罐、真空泵、空气压缩机、模具等设备与工装外,在玻璃钢制件的整个成型工艺过程中所用的成型工具也是必不可少的。为了使制件成型工艺能够顺利进行并保证制件的成型质量,在生产中不应随意乱用不符合要求的成型工具,必须使成型工具规范化。为此,在新修订的标准中,提出了玻璃钢成型中常用的八种成型工具,以供生产时使用。

## 2.4 制造工艺

### 2.4.1 胶液配制

在玻璃钢制件的成型工艺过程中,必须对胶液配制这一重要工序给予足够的重视。为了保证制件的成型质量,在新修订的标准中对胶液的配制提出了四条可操作的具体要求,如车间应设配胶间;生产时应指定专人配胶;配胶量应根据胶的适用期、操作人数、施工面积大小来决定;要严格按照配胶工艺要求进行配胶等。

### 2.4.2 含胶量

含胶量是玻璃钢制件成型中必须控制好的一项重要质量指标。原标准中规定酚醛玻璃钢的含胶量为 28%~33%,环氧玻璃钢的含胶量为 30%~40%。通过课题组的广泛调查研究,多方听取有关厂、所的意见,各单位普遍认为,原标准中对酚醛玻璃钢规定的含胶量较合适,但对环氧玻璃钢中的含胶量规定偏低,实际生产中难以做到。因此,在新修订的标准中,规定酚醛玻璃钢的含胶量一般为 30%±3%;环氧玻璃钢的含胶量一般为 45%±5%;聚酯玻璃钢的含胶量一般为 45%±5%。

### 2.4.3 固化制度

在玻璃钢制件的成型固化过程中,制件固化程度的高低会直接影响到玻璃钢制件的脱模、机械加工及制品性能。尤其是对于聚酯玻璃钢制件,要特别注意不能使固化时间太短,以防止制件在脱模、机械加工和使用时的制件变形。为此,在新修订的标准中明确规定,聚酯玻璃钢制件的成型必须在室温下固化 8~12h 后才允许脱模,脱模后的玻璃钢制件必须在室温下放置一周或

80℃下处理 3h 后,方允许进行下道工序。

## 2.5 安全与卫生

众所周知,生产玻璃钢制件的原材料如树脂、固化剂、溶剂等,其中不少是易燃易爆的危险物品,若管理不当会引起火灾或爆炸;有些原材料则具有刺激性或不同程度的毒性,影响人体健康。为了确保玻璃钢制件的安全生产及工作人员的健康,在新修订的标准中,根据 TJ36《车间空气中有害物质的最高允许浓度》及 GB11724《车间空气中粉尘的最高允许浓度》等标准的规定,提出了玻璃钢生产中有关安全与卫生的有关要求。该项要求是首次在航空用玻璃钢制件的制造工艺标准中提出,通过今后的生产实践,还可以进一步完善玻璃钢生产中对安全与卫生的有关要求。

## 2.6 废弃物的处理

在玻璃钢制件的生产过程中,会产生各种各样的废弃物,如生产中造成玻璃钢废品;剪下的玻璃布、玻璃毡或玻璃纤维等边角余料;机械加工下来的废边料及玻璃钢粉末;成型过程中剪下的浸胶玻璃布等。

目前,各航空工厂对玻璃钢废弃物的处理方法各不相同,有的采用掩埋法,有的采取单独存放,但更多的厂家则是把玻璃钢制件生产过程中所产生的各种废物与其它垃圾一起扔进垃圾箱中。这样做的结果不仅会污染环境,同时也不利于玻璃钢废弃物的有效利用。

随着玻璃钢制件生产数量的日趋增大,对于玻璃钢制件生产过程中所产生的废弃物的处理问题,也愈来愈引起人们的高度重视。为了使玻璃钢废弃物的处理能逐步纳入标准化,因此,在新修订的标准中,对玻璃钢废弃物的处理也提出了明确的要求和规定,如规定玻璃钢废弃物应单独收集、存放及处理,不能与其它垃圾物混放一起,其处理方法应按有关规定进行。

## 3 结束语

从目前来看,航空上所用的复合材料制件主要是玻璃钢产品。从课题组的调研情况来看,工作在生产第一线的广大工人和技术人员都迫切希望能制订出一项新的标准,以指导航空用玻璃钢制件的生产。

与原标准相比,修订后的标准增加了有关厂房环境、聚酯玻璃钢制件生产、常用增强材料、工艺辅助材料、质量控制、安全与卫生及废弃物的处理等方面的内容。同时,对选模原则、玻璃布搭接宽度、含胶量、成型压力等内容也进行了修改和补充。

(下转封三)

新一代超音速干线民机用的高温  
变形铝合金—AK4—2(1143)合金

俄罗斯航空材料研究院院长 P. E. 沙林(院士)在 1992 年《材料工程》第 6 期上发表的一篇文章“航空航天用材料未来的发展途径”中曾透露过:“在研究阶段出现了一些可靠性高的热强变形铝合金,其可靠性比批生产的 AK4—1 合金高 0.5 倍”。根据近两年我们所收集的资料看,这些可靠性比 AK4—1 合金高出 0.5 倍的高温变形铝合金之一就是 AK4—2 或称为 1143 合金。

据报道,前苏联和现俄罗斯用于马赫数为 2.2 以下的超音速旅客机的主要高温铝合金就是 AK4—1 合金(相当于美国的 2618 合金和中国的 LD7 合金)。但是,从 AK4—1 合金在 TV—144 超音速旅客机上的使用情况看,其可靠性较差,即断裂韧性、低周疲劳和裂纹扩展速率等性能都较低。为了克服 AK4—1 合金的上述缺点,俄罗斯航空材料研究院与有关冶金工厂合作在对 AK4—1 合金进行深入研究的基础上已研制出一种供新一代超音速干线民机用的可靠性更高的变形铝合金,并命名为 AK4—2 合金或 1143 合金,其化学成分(%)为:1.2~2.6Cu;1.2~1.6Mg;0.4~0.7Fe;0.4~0.7Ni;0.05~0.1Ti;0.05~0.25Zr;0.1~0.25Si,其余为 Al。AK4—2 的化学成分与 AK4—1 合金相比,主要是 Fe 和 Ni 的含量降低了 1/2。据有关资料介绍,这是因为在深入研究 AK4—1 的过程中发现,如果在合金中加入 0.05~0.25%Zr,不仅可提高合金的强度性能,而且还可提高合金的耐高温性能。但是,在加有 Zr 的情况下,对 Fe 和 Ni 的含量则必须加以限制,即分别不得超过 0.7~0.8%,否则,就会导致合金的持久强度下降。

AK4—2 合金的热处理制度与 AK4—1 相似。合金的铸造、冷、热变形性能也较好。据报道,曾在工业生产条件下用连续铸造法铸造直径分别为 850mm、1100mm 和 360mm 的锭子制成厚度为 65mm 的锻造板材、横截面积为 40.5~900cm<sup>2</sup> 的挤压型材和重量为 165kg 的锻件,并随后进行了以下各种力学性能的试验:常温下的力学性能(包括  $\sigma_b$ 、 $\sigma_{0.2}$ 、 $\delta$ ),冲击韧性、断裂韧性、低周疲

\*\*\*\*\*  
(上接第 48 页)

修订后的标准对玻璃钢制件的质量控制要求更明确、严格,内容更全面。可以说只要认真贯彻执行新标准中的有关规定和要求,必将会对我国玻璃钢航空制件的生产及产品质量的提高起到保证和推动作用。

参考文献

1. 杨学衡 复合材料国外标准汇编,中国环境科学出版社,

劳,裂纹扩展速率,耐热性—持久强度和蠕变性能等。其试验结果以及与 AK4—1 合金的相应性能的比较见附表 1~5。

表 1 AK4—2 合金的模锻板材(尺寸为  
65mm×1500mm×11000mm)常温下的  
力学性能与 AK4—1 合金的比较

| 合金<br>牌号        | 取样<br>方向 | $\sigma_b$<br>(MPa) | $\sigma_{0.2}$<br>(MPa) | $\delta$<br>(%) | $a_{KU}$<br>(J/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------|---------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------------|
| AK4—2<br>(1143) | 纵向       | —                   | —                       | —               | 15.5                             |
|                 | 横向       | 420                 | 380                     | 10              | 10                               |
|                 | 高向       | 400                 | 370                     | 5.5             | 3.7                              |
| AK4—1           | 纵向       | —                   | —                       | —               | 12.0                             |
|                 | 横向       | 420                 | 380                     | 7.0             | 6.0                              |
|                 | 高向       | 400                 | —                       | 4.0             | —                                |

表 2 AK4—2 合金模锻板材的断裂韧性、低周疲劳、  
裂纹扩展速率与 AK4—1 合金的对比

| 合金<br>牌号        | 取样<br>方向 | $K_{IC}$<br>MPa $\sqrt{m}$ | 低周疲劳<br>周( $K_1=2.6$ ) |              | 裂纹扩展速率<br>(mm/周) |                 |
|-----------------|----------|----------------------------|------------------------|--------------|------------------|-----------------|
|                 |          |                            | $\sigma=200$           | $\sigma=160$ | $\Delta K=15.6$  | $\Delta K=21.9$ |
| AK4—2<br>(1143) | 纵向       | 31.5~33                    | 43                     | 164          | 0.6~0.9          | 1.95~2.05       |
|                 | 横向       | 27~32                      | 46                     | 157          | —                | —               |
|                 | 高向       | 22~24                      | —                      | —            | —                | —               |
| AK4—1           | 纵向       | 24~28                      | 354                    | 92           | 1.3              | 6.8             |
|                 | 横向       | 19~25                      | 34                     | 85           | —                | —               |
|                 | 高向       | 17.5~20.3                  | —                      | —            | —                | —               |

表 3 AK4—2 合金挤压型材在常温下的力学  
性能与 AK4—1 合金的比较

| 合金<br>牌号        | 取样<br>方向 | $\sigma_b$<br>(MPa) | $\sigma_{0.2}$<br>(MPa) | $\delta$<br>(%) | $a_{KU}$<br>(J/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------|---------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------------|
| AK4—2<br>(1143) | 纵向       | 410                 | 390                     | 9               | 11.0                             |
|                 | 横向       | 420                 | 380                     | 7               | 5.0                              |
|                 | 高向       | 410                 | 370                     | 6               | —                                |
| AK4—1           | 纵向       | 430                 | 390                     | 8.0             | 5.0                              |
|                 | 横向       | 420                 | 380                     | 5.5             | 3.0                              |
|                 | 高向       | 410                 | 370                     | 5.0             | —                                |

(下转第 14 页)

\*\*\*\*\*  
1992  
2. “选编”第一册编辑组,国外纤维增强塑料标准选编(第一册),国家建材局北京玻璃钢研究所,1984  
3. 翁祖祺等,中国玻璃钢工业大全,国防工业出版社,1992  
4. 全国纤维增强塑料标准化技术委员会秘书处 纤维增强塑料(玻璃钢)标准汇编,中国标准出版社,1988