

# 复合材料前舱罩的研制

Development of the Forward Cabin Hood of Composites

哈尔滨飞机制造公司 廖美东

Liao Meidong (Harbin Aircraft Industrial Company)

## 1 前言

1995年6月17日,中国、法国、新加坡三国历时三年联合开发的民用EC120直升机首飞成功。我国负责研制闭合管梁式复合材料前舱罩,是整机难度最大的一个部件,也是国际航空领域的一个关键项目,只有欧洲直升机公司在NH90直升机上部分采用了这种结构。前舱罩首次按驾驶员视线设计,是双曲度、变截面、带扭角,零件的最大弯曲度达135度,最大扭曲44.5度,制造要求较高。欧直公司副总裁黑沙的助理奔德曾预言:如果全复合材料前舱罩研制成功,哈飞公司的复合材料技术可以说一步达到了国际90年代水平。虽然距初始设计评审只有两个月,但哈飞总工程师坚决主张自力更生研制复合材料前舱罩。有关人员尽快完成了前舱罩的可行性工艺试验报告和工业化风险分析,为前舱罩的初始设计评审通过奠定了基础。

## 2 研制热压模具

复合材料前舱罩由顶棚、中心件、左上门框、右下门框、左前框、右前框、前上框、连接板及接头等组成,零组件多,形状复杂。当时,模具设计人员从驻法分队的电传示意图看到前舱罩切面为梯形,轴线方向为直线,对照原来的P120L的设计初稿,发现梯形切面主要应用在前舱罩的中央管梁,实际产品的轴线为曲线。为此将目标试验件的基准定为中央管梁的切面尺寸和图纸示出的曲率。按其制造热压模,使复合材料在模具中,经温度、压力和时间的作用,既发生外观形态的变化,也使性能提高。在绘制模具图中,还受工厂生产的汽车模具弧线形状的启发,在模线车间及模型车间的协助下,研制了一套精制的模具。

## 3 采用拉力抽芯脱模

有了模具如何对零件施压成形又成了一道难题。时间紧迫,只有采用实心硅橡胶芯,靠热膨胀加压,用拉

力抽芯脱模的方法。试验人员凭借10年经验,计算硅橡胶加热参数及铅垫片厚度,共用了5天时间。试验开始,模具涂脱模剂,加热烘干,铺放预浸布,层层压实,放入硅橡胶芯,翻边合模,120℃固化,−60℃分模,抽芯。试验表明:硅橡胶芯轻轻一拉就从弧型的管梁中滑了出来,复合材料管孔隙率小于10%,棱角分明无积胶,100倍金相放大无明显气孔,树脂填充很好,试验件热压成形成功。

1994年1月20日至25日,EC120中、法、新三国初始设计评审会议在法国如期举行。哈飞公司按要求提交了前舱罩的第一次可行性工艺试验报告及检测结果,使中方设计初审顺利过关。

## 4 成形方案的试验与研究

制造气囊的方案虽然是法国专利,但从有关资料中得知这是一种通用材料,固化参数150℃/min,压力0.4MPa,其他参数只有通过实验来探索。预研人员首先用一块硅胶片在理化室作差热分析。试验结果表明这种材料从室温加热到200℃的差热曲线是非常平滑的。而一般的高分子材料固化时都有一段或几段放热曲线峰。在稍加改进热压模、增加充气嘴后,在模具内腔垫上与产品厚度相同的铝板并涂上脱模剂,作试验时合模用0.05MPa压缩空气试压,气囊完好,当继续升压至0.1MPa时发现气囊漏气。

重新铺好胶片加压0.05MPa不漏气,当入炉温度120℃、压力从0.2增至0.4MPa,温度达到150℃时气囊突然漏气,从固化炉窗口观察是加压螺栓脱落。从研究模具资料得知这种玻璃钢模具的耐热仅为120℃,因此在150℃时模具变形使加压螺栓脱落。第二次试验虽然漏气,但却完成了气囊固化。

经过反复试验,探索出气囊材料的三种漏气修补方法。经修理的气囊可充压至0.27~0.35MPa,在温度150℃热压预浸布,固化后的零件质量比前次试验有明显提高,脱模抽芯非常容易,试验件孔隙率、厚度和形状满足设计要求。气囊的可行性试验的成功标志着前舱

罩的成形方法已基本确定。

## 5 选用铸铁热压模具

前舱罩由碳纤维、玻璃布等很多零件胶接在一起,胶接面多,要考虑碳纤维复合材料刚性强和热变形等因素。一旦工艺方案出现问题,将导致整体的彻底失败。预研人员结合工厂的实际,总结了多年的实际经验,认为国际通用的碳纤维、玻璃钢模具在此次复合材料前舱罩热压成形上无法实施,并决定选用热膨胀系数较小,材料浪费少、比较易加工的铸铁作为热固化模的材料。

通过 4 次有效的试验找到铸铁材料的最佳配比,使铸铁模具的热膨胀系数趋于选用复合材料的膨胀要求,从而避免了固化降温后零件的热变形。但是,使用固化温度 180℃,铺层为欧洲直升机公司系列复合材料,固化后从铸件模具取出零件,只见试件棱角和下陷积胶较多,有气泡,平面处也有积胶,表明试验失败。经分析其原因是未完全按图纸铺层,再试消除了平面部分积胶。

在设计终审会议上,中方展示了这件与图纸完全一致的试件,并报告了我们的工业化风险分析。法国专家认为:哈飞能在 2 个月这样短的时间内制造出与产品一致的试验件很了不起,作为设计终审的样品,欧洲直升机公司法国分公司可以接收。

## 6 装机试验

中方预研的复合材料前舱罩管梁样品虽通过设计终审,但仅是一种“制造可行性”的接受,按装机要求仍有很大差距。我们经多次试验认为:注意铺层手法,先上后下;圆角处压实;适当的真空压实;弯曲处剪口要切到圆角切点上;盖板处布层应内松外紧,合模时应注意不能压布。经三次试验终获成功。法国质量专家拉黑全面检查后认为产品合格,完全可以装在第一架机上。

前舱罩顶棚是蜂窝结构,层压边缘部分要与中心梁等结构件胶接,孔隙率小于 3%,这是难点。压力高使蜂窝倒塌;压力低又会使层压边缘达不到孔隙率要求。经三次试验选定了合适的压力,试验成功固化后的孔隙率及厚度完全合格。

接着,攻关组配合复合材料车间对 6 根管梁、11 个接头和一个顶棚进行胶接。每个件都留有余量,胶接点分布在空间 6 点,如何控制和检测空间 6 点的温度也被解决。固化完毕除小面积要修补缺陷外,全部满足胶接要求。法国质量验收代表检测整个前舱罩认为合格,可装在第一架机上。

实践表明,哈飞公司复合材料部件制造工艺方面已接近国际 90 年代先进水平。

\*\*\*\*\*

## 利用含油废水回收热能

### —湿式燃烧法及装置

这是一种采用 2 节间歇方式,使含油废水燃烧的湿式燃烧法。具体来讲,就是向 2 次燃烧室引进纯氧或富氧空气,进而向 1 次燃烧室引进从 2 次燃烧室排出富含氧量的燃烧生成气体,1 次燃烧室在燃烧时使用以氧化铜为主体的贵金属混合催化剂,从 1 次燃烧室的燃烧气体中回收热能为特点的含油废水的湿式燃烧法及其装置的发明。

众所周知,含油废水的湿式燃烧法,就是利用纯氧式富氧空气,采用 1 次燃烧室和 2 次燃烧室的 2 节间歇方式燃烧的方法。

但是,这种燃烧法是以氧化分解废水中的有机物质为主体的,反应缓慢,在热回收方面效率不好。因此,含油废水中所含的 1~5% 的油脂成分,即相当于重油的 1/100~1/20 的 100~500kcal/l 的发热量被浪费掉了。此项发明的目的就是解决这类课题。

如上所述,为了完全燃烧 1 次燃烧室和 2 次燃烧室的含油废水,所以在向 2 次燃烧室引进含有足够氧气量的纯氧或富氧空气时,要使 2 次燃烧室内的废水完全燃烧,进而为了燃烧 1 次燃烧室的废水,要向 1 次燃烧室引进从 2 次燃烧室排出的含有足够氧量的燃烧生成气体,借此 1 次燃烧室也完全燃烧。

这时,1 次燃烧室利用以氧化铜为主体的贵金属混合的催化剂燃烧,促进反应加快,利用这种铜系催化剂氧化分解高分子有机物质,同时将生成的一氧化碳氧化生成二氧化碳,使发热量增大,利用装置内部的热交换器充分取出热量。

烃含油废水的湿式燃烧,在燃烧温度 220℃、不使用催化剂的情况下,燃烧 10min 后热发生率为 30% 以下,催化剂氧化第一铜与氧化第二铜的混合比分别为 (2:3)、(4:6)、(6:4) 的时候,燃烧 10min 后热发生率与整个有机碳分解率分别为 (83%,84%)、(86%,87%)、(90%,91%)。

在这种场合下一氧化碳发生率为 15.7%,而在前述催化剂氧化铜的混合配比物质中,如果使用白金与钯的比例为 1:1 的混合催化剂,那么,燃烧气体的主要成分为二氧化碳,一氧化碳发生率为 2.4%,约减少 1/6,一氧化碳生成率大幅度减少,大大改善了热交换率。

(杨变英)