

先进航空有机玻璃防银纹装配结构及分析

Anti-Crazing Assembly Structure and Analysis of Advanced Aeronautical Organic Glass

中航工业西安飞机分公司制造工程部工艺研究所 成书民 任国辉 牛博雅

[摘要] 对 MA60 现有飞机有机玻璃结构进行了分析,通过进行有机玻璃应力—银纹试验及比较国外先进有机玻璃装配结构,取得了制造飞机先进有机玻璃舷窗结构的相关经验。

关键词: 航空有机玻璃装配结构 银纹 E 型胶圈

[ABSTRACT] The existing organic glass structure of MA60 is analyzed through organic glass stress-crazing test and compared with foreign advanced organic glass assembly structure. Finally, we obtain the relevant experience in manufacturing advanced organic glass porthole structure.

Keywords: Aeronautical organic glass assembly structure Craze E type rubber ring

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.08.078

有机玻璃舷窗是飞机机身客舱的重要组成部分。MA60 飞机机身客舱沿两侧各分布玻璃舷窗 20 个。舷窗为双层中空有机玻璃,外廓尺寸为 385mm × 285mm;外形呈双曲面形,与机身理论外形基本一致。玻璃舷窗厚度有两种规格,有机玻璃材料分别为 YB-2 (2 号航空有机玻璃)、MDYB-3 (3 号航空定向有机玻璃)。

航空有机玻璃舷窗具有很多种结构,原来曾经使用过圆形有机玻璃舷窗结构,由于圆形有机玻璃不具备开阔的视野,没有很好的乘客体验,因此后来逐渐被长方形有机玻璃舷窗所替代。

航空有机玻璃存在一种银纹现象。所谓银纹,是指高聚物材料在存储或使用过程中于材料表面或内部出现许多肉眼可见的微细凹槽,称之为“类裂纹”。这种现象在透明塑料如聚苯乙烯、有机玻璃、聚碳酸酯中尤为明显。当光线以某个入射角入射到已出现“类裂纹”的透明塑料中时,每一个“类裂纹”都像一面微小的镜子强烈地反射光线,看上去银光闪闪,因此称为“银纹”。

1 国内航空有机玻璃舷窗装配结构分析

国内飞机的玻璃舷窗多采用双层中空有机玻璃结构。MA60 飞机玻璃舷窗为 4 个较大圆弧过渡的长方形,

两层玻璃之间沿四周夹一层橡胶垫圈,用密封胶粘接;玻璃外轮廓套一槽形截面的密封圈(如图 1 所示),并用密封胶胶接,然后整体安装于机身窗框上,要求实现客舱密封,不允许漏气。这种结构存在一定的缺点,一是使用了密封胶,存在有机溶剂的腐蚀,容易产生玻璃银纹;二是两层玻璃被胶接为一体,当飞行过程中客舱内外压力、温度发生变化时,玻璃无法产生微量伸缩,应力无法释放,也容易引发银纹。

新舟飞机观察窗有机玻璃多数采用 MDYB-3 (3 号航空定向有机玻璃)材料,少数采用 YB-2 (2 号航空有机玻璃)材料,其中 MDYB-3 材料具有较高的强度。

观察窗玻璃组装过程中使用 XY502 胶粘剂将内外两层有机玻璃和密封胶圈胶接。XY502 是一种双组分橡胶液,系丁腈混炼胶和适量的酚醛树脂溶于有机溶剂中的一种溶液。使用时,甲组分用乙酸乙酯稀释,乙组分用乙醇稀释,甲、乙组分以 4.5 : 1~2 的质量比混合后使用。有机玻璃与密封圈胶接后,固化时间为 48~72h。

2 航空有机玻璃溶剂银纹诱发试验

采用本公司生产现场使用的 4mm 厚的外层有机玻璃和 3mm 厚的内层有机玻璃制作试验件,参照 HB6657 《航空有机玻璃银纹试验方法》进行银纹试验。试验之前,采用 4mm 厚的外层有机玻璃进行了不同溶剂的涂抹探索试验。

试验 1: 银纹试验件初始加载时表面未涂任何溶剂,加载至 52.59MPa 时(已到试验可加载的最大载荷),仍不出现银纹(这表明有机玻璃抗银纹能力较强);在该应力状态下表面涂乙醇(95% 浓度)溶液后出现大量较细密的银纹。

试验 2: 银纹试验件初始加载时表面未涂任何溶剂,加载至 20MPa 时,未出现银纹;在该应力状态下表面涂甲乙组分混合溶液,继续加载并至 34MPa 时,出现大量银纹。

试验 3: 银纹试验件表面未涂任何溶剂,加载至 19MPa 时,未出现银纹;表面涂 XY502 胶甲组分溶液后,出现较多银纹,在 20MPa 时的银纹数量多而密。

试验 4：银纹试验件表面涂 XY502 胶乙组分，加载至 30MPa 时，出现微量银纹，银纹形貌如图 2 所示。

由试验结果可知，溶剂使有机玻璃产生银纹由强到弱的顺序是：

甲组分 > 甲乙组分混合溶液 > 乙醇(95% 浓度)溶



图1 MA60飞机玻璃密封圈局部图

Fig.1 Local map of MA60 plane glass sealing ring



图2 银纹形貌

Fig.2 Morphology of the craze

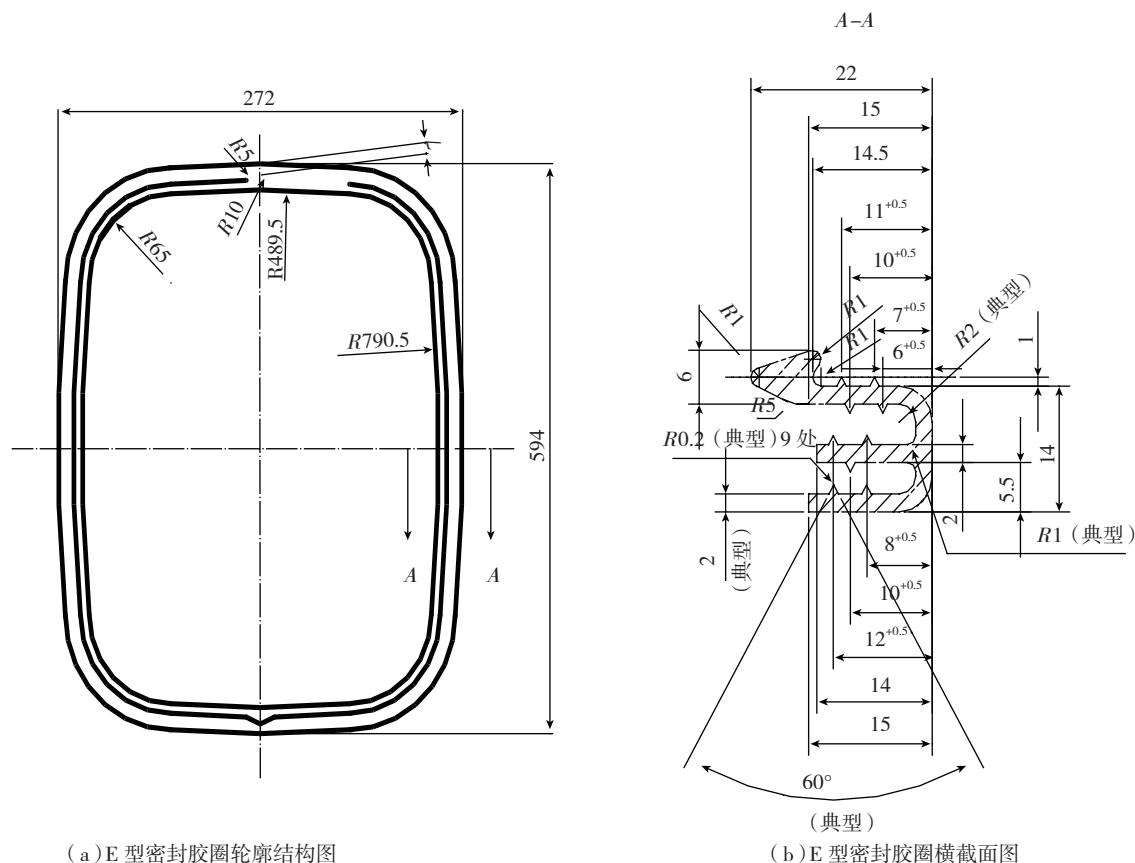
液 > 乙组分。

有机玻璃溶剂银纹诱发试验说明本公司使用的溶剂胶粘剂对有机玻璃结构可能具有溶剂银纹的影响，也说明了现有有机玻璃组装结构使用溶剂胶粘剂的不合理性。

3 国外先进航空有机玻璃装配结构分析

国外较先进的舷窗结构同样采用双层中空玻璃，但两层玻璃安装时，直接采用一种截面大致为 E 型的密封圈固定(如图 3、4 所示)，不使用任何密封胶。密封圈材料为硅橡胶，耐老化性、弹性较好，安装方便。该结构一方面排除了溶剂腐蚀的可能性，另一方面，当飞行过程中客舱内外压力、温度发生变化时，玻璃可以产生微量伸缩，降低了应力造成的影响。

E 型密封圈可以代替原来的密封圈及位于两层玻璃之间的垫圈。密封圈设计时，除满足结构功能要求外，还必须考虑其成形工艺性及装配工艺性。因此，对于橡胶模制品零件，在保证零件的强度要求的前提下，尽可能使其壁薄一些，以减轻零件重量，降低胶料消耗。对于橡胶模制品零件断面的各个部分，厚度力求均匀一致，各个部分的相互交界处尽量成圆弧过渡形式，这样



(a) E型密封胶圈轮廓结构图

(b) E型密封胶圈横截面图

图3 E型密封胶圈结构

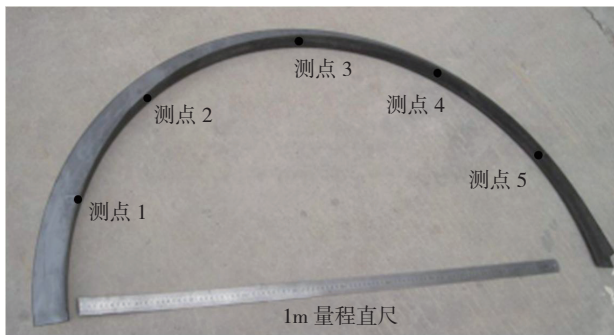
Fig.3 Structure of sealing rubber ring of E type

(下转第 94 页)

圈壁厚,选取 5 个测量点(均布,间隔 30°),测量结果如表 1 所示,满足厚度要求。成形后的零件如图 7 所示。

表1 壁厚测量结果

工艺指标	厚度 t				
	测点 1	测点 2	测点 3	测点 4	测点 5
测量值/mm	1.23	1.24	1.25	1.24	1.23



(a) 整体图



(b) 局部图

图7 成形后零件

Fig.7 Parts after forming

对工艺试验中获得零件进行分析后,发现部分零件存在底面不平的问题。预成形时,零件底面的压紧力主要为设备压制直接作用力,作用力较大,底面不会发生不平的问题。热校形过程中,零件底面的压紧力为设备压制间接作用力与托料板的自重共同作用,当压制力较低时设备压制间接作用力较小,托料板的自重不足以将零件底面压平,容易发生失稳,产生翘曲。

由此,热校形时压制力在保证负角成形的同时,还要足以防止托料板和凹模之间的零件底面失稳,不能过小。

5 结论

(1) 结合钛合金负角度半圆框零件的预成形再热校形的工艺方案,完成了模具的创新式设计,实现了由竖直压制力到水平压制力的转换,打破了大台面热成形设备无侧压装置的限制。

(2) 采用大台面无侧压装置 RX-400 热压成形机,利用板材热冲压工艺,加工出了符合设计要求的钛合金负角度半圆框零件,该工艺方法对于钛合金负角度圆框类零件的成形具有实践性的指导意义。

参考文献

- [1] 理有亲. 钛板冲压成形技术. 北京:国防工业出版社,1986.
- [2] 李鹏亮. 钛合金热成形模具. 航空制造技术,2012(21):94-97.
- [3] 林尧. TC4 钛合金框类零件热挤压数值模拟及工艺优化. 宇航材料工艺,2010(3):26-29.
- [4] 陈淳,陆辰,张东升. 航空发动机钛合金板材热成形加工技术 //2008 年中国航空学会制造工程分会学术会议论文集.2008.
- [5] 蒋骏. 钛合金零件制造技术. 北京:国防工业出版社,1991.

(责编 一帆)

(上接第 79 页)



图4 某飞机玻璃密封圈局部图

Fig.4 Sealing ring local map of a type of plane glass

既有利于模压时胶料的流动,又能使制品零件的使用寿命得到延长。改进后的密封圈装配时,免除了胶接工序,可直接装配,不仅消除了溶剂对玻璃的不利影响,还可提高装配效率。由于装配时不再使用密封胶,且在密封圈配合面上还分布了 9 条高度为 1mm、角度为 60° 的环形胶梗,更好地保证了其具有良好的密封性。

4 结论

先进有机玻璃组装结构可以有效避免在组装时使用溶剂胶粘剂,避免溶剂对有机玻璃产生的银纹影响,增加良好的乘客体验,避免眩光现象的出现。通过对有机玻璃先进组装结构的分析以及探索新舟系列飞机有机玻璃银纹产生的相关原因,还对有机玻璃组装结构及 E 型胶圈的生产制造过程进行了更多研究,希望能够完善和改进有机玻璃结构的组装生产工艺,并提高生产质量、节约飞机维护成本、提高企业经济效益。

(责编 谷雨)