

飞机结构密封剂的选择与应用

V2554

西飞国际材料工艺研究所 陈 舸 黄 侠

[内容摘要] 本文简要介绍了现行我公司军、民机上通用的几种密封剂的特性、用途,并针对几种典型的应用,提出了相应的密封解决方案。

关键词 飞机 结构密封剂 密封剂 选择

1 引言

无论是军机还是民机,在结构的某些特定部位都有密封要求。按要求不同,密封分气密、油密、水密、防腐密封等几大类。建厂四十多年来,按设计要求我公司国产飞机上曾采用过多种牌号的密封剂。由于密封剂种类繁多,飞机应用部位广,来源渠道复杂,既有外购,又有自配,加之工艺文件指导不到位,飞机生产过程中出现过许多问题。据调查,在以往的飞机生产中,靠频频发放工艺指示单来指导生产的事情时有发生,生产现场工程技术人员深感不便,大家一致认为,这种现象不但延误了生产周期,而且存在着质量隐患。时值运七实施精品工程之际,密封铆接成为必须攻克的关键技术。基于飞机生产的需要,我们对密封剂的生产与应用情况作了一次全面的调查,总结出阶段我公司军、民机上密封剂应用的情况,并与国外的密封剂体系一一作了对比,找到了其中的异同点。今总结整理成文,供有关人员参考。

2 密封方式与密封剂

在飞机部件生产过程中,密封剂的应用是与飞机上密封的区域紧密联系的。区域不同,使用的密封剂也不同。国内外飞机生产均是如此。典型的例子是麦道飞机上密封剂的应用是按飞机的部位划分的,如图 1 所示。

针对不同的区域,使用不同的密封方法,应用不同的密封剂。分析了整个飞机的密封区域之后,我们将密封的方法分为五类,现分述如

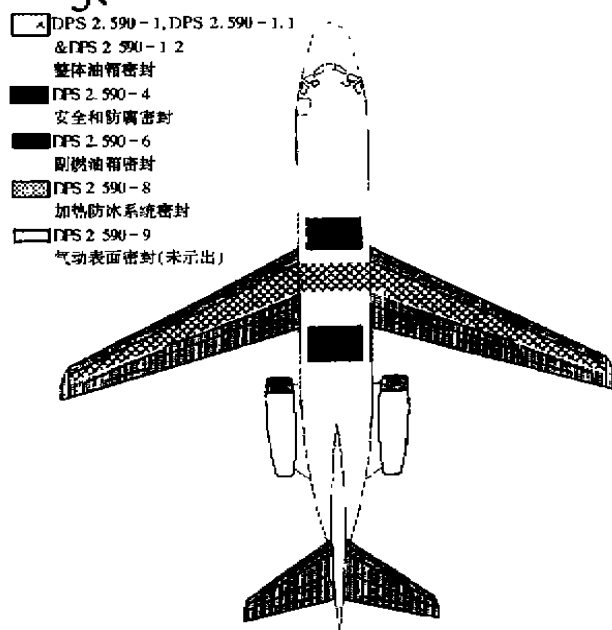


图 1 干线飞机 MD90-30 密封剂涂敷区域图

下:

2.1 油箱区域的密封

典型应用:使用 XM-22 系列密封剂。对于燃油区中的缝外密封,使用 XM-22 B 型密封剂;对于燃油区的贴合面密封,使用 XM-22 A 型密封剂。

可选方法:

a. 在非浸泡在燃油中的区域,可以使用 XM-33、SHM-775 等密封剂。

b. 在贴合面密封的场合,可以使用 XS-1、XM-21 等密封胶膜;在沟槽密封、紧固件湿

装配的地方,也可以使用 XM-40 密封剂。

c. 也可以使用国外同类型的密封剂,如 BMS5-26、BMS5-95、DMS2013、DMS2082、DMS2410 等密封剂。

典型应用部位:飞机翼盒、整体油箱、软油箱等。

2.2 增压舱中气密、水密

典型应用:对于机身的密封,不论是缝内、缝外,都可以采用 XM-33、SHMJ-775、XM-16 等密封剂。

可选方法:

a. 对于机身缝内密封的情况,也可以用 XS-1、XM-21 胶膜;对于填角密封的场合,可以使用 XM-40 密封剂;对于用密封剂整流的地方,可以使用 XM-41 密封剂。

典型应用部位:民机机身气密密封、轰六机身 $\Phi 2$ 、 $\Phi 6$ 段的密封。

2.3 耐高温部位的密封

典型应用:在高温区域,如发动机短舱,不论缝内或缝外,都可以用 XM-31 密封。

可选方法:

a. 在国内的密封剂中,G-1 密封腻子也可以用作耐高温区域制件的密封。

b. 在国外的密封剂中,在耐高温部位上使用的典型密封剂是 DMS1799。

典型应用部位:发动机进气道部件。

2.4 可拆卸部位的密封

典型应用:在可拆卸部位涂 XM-60 密封剂,然后在涂敷 XM-60 的部位及周边刷涂 HL04-102SH 隔离涂料,立刻装配。

可选方法:

a. 直接用 HM103 密封剂涂在装配部位。

b. 用海绵橡胶板(HM101、HM102)蘸 XM-33,然后粘在可拆卸部位上。

c. 可用国外对应的密封剂 DMS2410。

典型应用部位:可拆卸口盖、防雨口盖、检修口盖等。

2.5 表面密封

典型应用:表面密封可以分为两种情况:耐油部件表面的密封可用 XM-22C 在表面上喷

涂或刷涂;如果是在非油密部件上,则可用 XM-33 稀释后刷涂或喷涂于密封部件上。

可选方法:

a. 高温部件的表面用 XM-31。

b. 用国外密封剂 DMS2013、D 类。

3 各种密封剂的特性及其应用

现在飞机上使用的密封剂有数十种。从应用的角度划分,可以分为缝内密封剂、缝外密封剂、表面密封剂;从应用的场合划分,可以分为耐油类密封剂和耐环境、压力类密封剂;以下简要介绍几种常用的密封剂的特性,以便于在实际应用中选择。

3.1 XM-22 密封剂

国内主要的耐油类密封剂是 XM-22 聚硫橡胶密封剂。XM-22 是一种以液体聚硫橡胶为母体,锰类化合物为硫化剂的室温硫化的聚硫橡胶密封剂。它具有强度高,耐燃油和液压油性能好的特点,也有良好的抗环境和温、湿性。主要分四个类型,分别对应于贴合面密封、填角密封和湿装配、表面密封、修补密封。

现公司使用的 XM-22 主要分厂内自制和配套采购两个品种。厂内自制的密封剂称 XM-22 缝内密封剂和 XM-22 缝外密封剂,是七组份的,适用技术标准是 Q/4AC 71-2000。配套采购的 XM-22 密封剂是四组份,适用的技术标准是 HB7397-96。这两种密封剂有相同的性能。

在密封剂的四个类型中,A 型粘度较低,硫化时间长,适用于贴合面密封;B 型较稠,适用于填角密封和湿装配,用溶剂稀释后可作为表面密封上喷涂使用;C 型粘度较低,适用于表面密封。以上三种类型都是四组份的,而 D 型是双组份胶液,专用于修补。

XM-22 的性能指标因类型不同而不同。表 1 是 XM-22 密封剂的一些典型性能指标。

3.2 XM-33 与 XM-16 密封剂

XM-16 和 XM-33 都是耐水、耐环境类密封剂。XM-16 是参照原苏联密封剂仿制而成的。XM-33 是 XM-16 的改进型。它们都是以 JLY-214 为基料的密封剂,也就是聚硫橡胶类

表 1 XM-22 性能指标

性 能	指 标	备 注
基膏粘度	217~1000Pa.s	
耐热破裂性	变形 $\leq 4\text{mm}$	温度120℃, 压力0.07MPa
低温柔软性	-55℃不变形	
常温拉伸强度	$\geq 3.0\text{MPa}$	室温14天
常温剥离强度	≥ 4	
常温拉伸伸长率	$\geq 400\%$	
高温拉伸强度	$\geq 2.4\text{MPa}$	热老化*
高温拉伸伸长率	$\geq 200\%$	热老化*
耐燃油拉伸强度	$\geq 1.8\text{MPa}$	燃油浸泡*
耐燃油拉伸伸长率	$\geq 300\%$	燃油浸泡*
耐燃油剥离强度	≥ 4	燃油浸泡*
重量变化	-8.0~8.0	130℃×50h燃油浸泡

* 热老化和燃油浸泡分为 130℃×50h 和 110℃×100h 两种情况。

表 2 XM-33 性能指标

性 能	指 标	备 注
密度	$\leq 1.69\text{g/cm}^3$	
基膏粘度	400~1500Pa.s	
耐热破裂性	变形 $\leq 4\text{mm}$	温度120℃, 压力0.07MPa
低温柔软性	-55℃不变形	
常温拉伸强度	$\geq 2.0\text{MPa}$	室温14天
常温剥离强度	$\geq 6\text{N/m}$	
常温拉伸伸长率	$\geq 400\%$	
高温拉伸强度	$\geq 2.0\text{MPa}$	120℃×7d热老化
高温拉伸伸长率	$\geq 250\%$	120℃×7d热老化
耐燃油拉伸强度	$\geq 1.5\text{MPa}$	60℃×14d燃油浸泡
耐燃油拉伸伸长率	$\geq 400\%$	60℃×14d燃油浸泡
耐燃油剥离强度	$\geq 6\text{N/m}$	60℃×14d燃油浸泡
重量变化	-8.0~8.0	60℃×14d燃油浸泡

密封剂。

列出了 XM-33 的典型性能指标。

现我公司生产主要以 XM-33 为主。表 2

3.3 XM-40 与 XM-41 密封剂

XM-40 和 XM-41 实际上是为了满足特定用途而研制的耐环境类密封剂。其粘度范围一致,比重、不挥发份含量相同,还有相同的流淌性和活性期。XM-40 专用于填角, XM-41 专用于整流。

表 3 XM-40 密封剂主要性能指标

性 能	指 标	备 注
粘度	370~700Pa.s	
流淌性	≤10mm	
活性期	2~4h	
扯断强度	≥25kg/cm ²	50℃×48h
扯断伸长率	≥250%	50℃×48h
扯断强度	≥25kg/cm ²	120℃×7d热老化
扯断伸长率	≥150%	120℃×7d热老化
剥离强度	≥6kg/cm	60℃×14d热老化,T型剥离
扯断强度	≥25kg/cm ²	60℃×14d燃油浸泡
扯断伸长率	≥300%	60℃×14d燃油浸泡
剥离强度	≥6kg/cm	120℃×7d热老化,T型剥离

表 4 XM-41 密封剂主要性能指标

性 能	性能指标	备 注
粘度	300~700Pa.s	
流淌性	≤10mm	
活性期	2~4h	
扯断强度	≥25kg/cm ²	50℃×48h
扯断伸长率	≥250%	50℃×48h
剥离强度	≥6kg/cm	50℃×48h,T型剥离
扯断强度	≥25kg/cm ²	120℃×7d热老化
扯断伸长率	≥150%	120℃×7d热老化
剥离强度	≥6kg/cm	120℃×7d热老化,T型剥离

3.4 XM-60 密封剂和 HL04-1025H 隔离涂料

XM-60 及其配套的 HL04-1025H 隔离涂料是专为防雨口盖和检修口盖等研制的。XM-60 按活性期的不同,分为 1 小时、2 小时、4 小时三种。其主要性能指标见表 5。

基膏粘度:600~1400 Pa.s

密度:1.65 g/cm³

不挥发份含量:≥92%

流淌性:≤25mm

表 5 XM-60 性能指标

活性期(小时)	不粘期(小时)	硫化期(小时)
≥1	≤12	≤48
≥2	≤24	≤72
≥4	≤24	≤72

表 6 XM-60 强度指标

	拉伸强度	拉伸伸长率	剥离强度	备 注
室温	≥1.5MPa	≥250%		室温14天或 70℃×24小时
高温	≥1.0MPa	≥150%	≥4kN/m	120℃×7天

HL04-1025H 是双组份涂料,组份一是黑色均匀粘稠液体;组份二是深棕色粘稠液体。HL04-1025H 具有很好的耐水、耐燃油的特点,与密封剂相容,且有良好的附着力。

3.5 密封胶膜 XS-1 与 XM-21

胶膜是专为贴合面使用的密封剂,具有施工性能好,生产效率高的特点,广泛应用于飞机长桁与壁板的密封,以及其它贴和面密封的地方。我公司生产的军、民机上主要应用 XS-1 和 XM-21 两种。

XS-1 分两类:适用于整体油箱的 XS-1 和适用于机身气密密封的 XS-1A。XS-1 主要有两种来源:西北橡胶研究所提供的三组份密

表 7 XS-1 胶膜主要性能指标

环境条件	项 目	XS-1	XS-1A
常温硫化	拉伸强度	≥35kg/cm ²	≥35kg/cm ²
	拉伸伸长率	≥300%	≥300%
	永久变形	≤15%	≤15%
	剥离强度	≥3.5kg/cm	≥3.5kg/cm
	脆性温度	-40℃	-40℃
高温燃油浸泡 130℃×50小时	拉伸强度	≥15kg/cm ²	≥15kg/cm ²
	拉伸伸长率	≥300%	≥250%
	永久变形	≤15%	≤15%
	重量变化	-8%~4%	-8%~4%
热空气老化 100℃×200小时	体积变化	-8%~4%	-8%~4%
	拉伸强度	≥15kg/cm ²	≥15kg/cm ²
	拉伸伸长率	≥250%	≥200%
	永久变形	≤15%	≤15%

封剂和公司自制的九组份密封剂。外购的三组份密封剂适用材料标准 Q/XXY-205-79; 自制的 XS-1 则采用公司材料标准 Q/4AC 35-87。两种密封剂性能一致。表 7 列出了它们的主要性能指标。

表 8 XM-21 胶膜主要性能指标

环境条件	项 目	指 标
常温硫化	拉伸强度	$\geq 2.0 \text{ MPa}$
	拉伸伸长率	$\geq 300\%$
	永久变形	$\leq 15\%$
	剪切强度	$\geq 1.0 \text{ kg/cm}$
高温燃油浸泡 $100^\circ\text{C} \times 100 \text{ 小时}$	拉伸强度	$\geq 2.0 \text{ MPa}$
	拉伸伸长率	$\geq 200\%$
	重量变化	$-4\% \sim 4\%$
热空气老化 $100^\circ\text{C} \times 100 \text{ 小时}$	拉伸强度	$\geq 2.0 \text{ MPa}$
	拉伸伸长率	$\geq 150\%$
	剪切强度	≥ 1.0

XM-21 分为 A、B 两类, A 类是四组份的,

施工期为 2~6 小时; B 类是二组份, 施工期为 5~7 天。表 8 列出了它们的主要性能指标。

以上简要介绍了几种密封剂的性能、指标, 在具体的零部件上可以选择使用。

4 结束语

①密封剂在飞机上具体使用中应分类应用。对于不同的场合, 密封要求的性能不一样, 对密封剂的要求也不同, 相互混用会造成施工困难, 性能难以保证等一系列问题。

②有必要进行精细密封工艺的研究, 以减轻飞机重量。精细密封工艺能有效降低使用的密封剂重量, 用最少的密封剂达到最佳的密封效果, 同时提高了产品的外观质量。

③借鉴国外的先进经验, 对密封工艺、密封材料进行一体化研究, 是我们以后的工作重点。

(上接第 54 页) 在计算机辅助模拟流场方面需要进一步研究, 尤其是研究批量零件排列的影响具有重大意义。

此外, 需要优化淬火系统的构造, 优化构造的一个例子就是设置风扇。即使采用轻气体时, 对较重的氢气也要采用优化的风扇, 因此, 用氮气或氢气淬火达不到最佳淬火烈度。在此情况下, 当低压淬火时, 用氮气冷却比用氢气冷却更能经受较高淬火速度(图 5)。

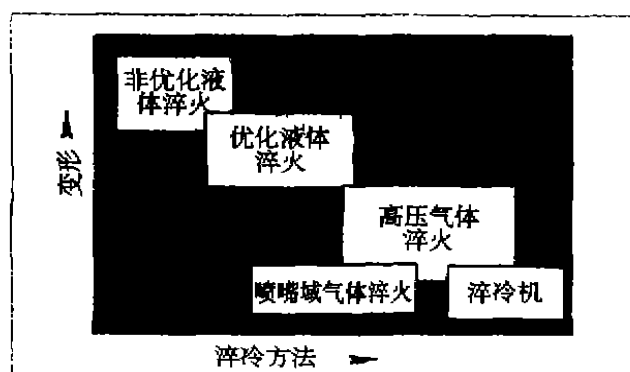


图 6 各种淬火方法对变形影响的比较

当前, 用气体控制淬火远未到实用程度, 在此方面, 值得深入考虑的方法是用喷嘴域单件淬火法(用喷嘴域作为专用淬火方法或作为使淬火室内流场均匀化的支援)和文中描述的延迟淬火方法。

传统技术, 象油淬火, 已不是气体淬火的发展目标, 在此, 使淬火浴局部热传导系数均匀化, 减小 Leidenfrost 现象的影响将是最重要的。

同样地, 当水基液用作多相淬火混合物时, 它与气体相结合将有更广泛的应用前景。

最后, 需要考虑的是只能通过提高技术(图 6)来达到使变形最小化的目的, 同时还要考虑到淬火成本。因此, 在各种情况下, 必须研究整个制造过程的影响, 以便评估全部过程成本是否达到最小值(例如, 减少/除去其它象二次处理清洗和磨削之类的制造步骤)。

译自: HEAT TREATMENT OF METALS 1999.3