

浅谈我国汽车密封条的现状和发展

问庆武

(上海申雅密封件有限公司, 上海 201712)

摘要: 本文从密封条的结构分类、材料、性能、制造工艺、设计开发等方面, 分析了我国汽车密封条的现状和发展趋势。

关键词: 汽车; 密封条; 现状; 发展趋势

汽车密封条是汽车的重要零部件之一, 广泛用于车门、车窗、车身、天窗、发动机箱和后备(行李)箱等部位, 具有隔音、防尘、防渗水和减震的功能, 保持和维护车内小环境, 从而起着对车内乘员、机电装置和附属物品的重要保护作用。随着汽车工业的发展, 密封条的美观、环保、舒适功能的重要性日益凸现。国外汽车业已将安装在汽车各部位的密封系统(称为汽车密封系统, Automobile sealing system)进行专门的研究和开发, 其重要性正在日益受到人们的关注。

1 密封条的分类

1. 按密封件安装部位(部件)的名称分类包括: 发动机盖密封条(hood), 又可分为前部、侧围和后部; 门框密封条(door seal); 前、后风窗密封条(window screen); 侧窗密封条(side window sealing); 天窗密封条(sunroof sealing); 车门头道密封条(primary door seal); 窗导槽密封条(glass run channel); 内外侧条(水切)(waistline); 行李箱密封条(trunk seal); 防噪声密封条(anti-noise); 防尘条(anti-dust)等。

2. 按密封特点分类, 可分为天候密封条(weatherstrip)和一般密封条(sealing)。其中, 天候密封条带有空心的海绵泡管, 有较好的温湿度保持功能。常用天候密封条有门框密封条、行李箱密封条、发动机箱盖条等。常用一般密封条有前后风窗密封条和角窗密封条、内外侧条等。

3. 按胶料复合结构分类, 可分为纯胶密封条——由单一胶种构成; 二复合密封条——由密实胶和发泡海绵胶构成, 经常在密实胶内部在轴

线方向包含金属骨架材料; 三复合密封条——由两种密实胶(其中一种为浅色)和海绵胶构成, 通常在密实胶内部包含金属骨架和增强纤维。四复合密封条——上海申雅密封件有限公司在国内率先开发和生产了由 4 种胶料构成的复合密封条, 在绵胶(泡管)的表面又包覆了一层薄薄的保护层胶, 从而进一步提高密封件的使用寿命。

4. 按材料品种分类, 可分为橡胶密封条; 塑料密封条; 热塑性弹性体密封条。

5. 按表面处理状态分类, 部分密封条表面经过附加处理, 可分为植绒类密封条; 表面涂层密封条; 有织物贴饰密封条。

6. 特殊功能分类, 有些密封条具有电子智能功能, 如防夹伤密封条等。

2 汽车密封件的材料

2 1 三元乙丙橡胶

三元乙丙橡胶(EPDM)系由乙烯、丙烯单体加入少量非共轭二烯烃聚合而成。其结构的特点是在聚合物分子主链上无不饱和双键, 而在支链上引入了不饱和双键。因而具有优良的耐天候性、耐热性、耐臭氧、耐紫外线性以及良好的加工性能和低压缩永久变形, 是生产密封条的首选材料。目前, 汽车密封条材料绝大部分都是采用 EPDM 作为主要原料。

根据密封条各部位和功能的不同, 在实际应用中, 在 EPDM 材料中加入硫化、防护、补强、操作体系材料和特殊赋予材料(如着色剂、发泡剂), 形成密实胶(包括黑色胶和彩色胶)和海绵胶。

2 2 聚氯乙烯

聚氯乙烯(PVC)是传统的通用塑料,通过改性其耐老化性能和橡胶感大为改善,但由于其弹性较差,在密封条上主要用作内外侧条和一些密封条的夹持部位材料。在卡车、农用车上 PVC 也常用作车身门框密封条,在轿车上常和 EPDM 组合用作浅色辅料。

2.3 热塑性弹性体

热塑性弹性体材料(TPE/TPV)是近年来发展的材料,其结构特点是由塑料和橡胶两相组成,故在一定程度上兼有了塑料和橡胶的特点,在加工过程中无须硫化,容易实现精确断面的控制,同时材料在一定条件下可回用,对环境污染小,因此,很受整车和密封系统设计者的关注。但由于其弹性较差,压缩永久变形较大,同时在海绵体的制造方面技术尚不够成熟,且价格较高,故其用量受到很大限制。目前,主要部分用于车窗侧条和窗导槽的制造。随着 TPE 制造技术的提高和完善,其应用范围将进一步扩大。

2.4 辅助材料

骨架:骨架在密封条中起支撑和夹持固定作用,最常用的骨架有金属带骨架和钢丝联线骨架,其中金属骨架又可分为冲切、滚压和平板式,材料有低碳钢、铝和铝镁合金等,在结构上分为单桥、双桥、拉伸、对称和非对称型,以满足手工、锤击和滚压工装等不同装配工艺的需要。近年来,轻量化和良好的追随性骨架发展迅速。

植绒绒毛:通常采用纤度在 3~4D 的聚酯纤维和锦纶纤维,颜色以黑色居多。近年来,彩色绒毛也得到青睐和应用。

涂层材料:涂层材料分为聚氨酯类和硅树脂类,有良好的减磨作用,传统涂料中大部分为有机溶剂,对环境有污染,最近推出的水基涂料不仅外观好,而且可部分替代植绒,有良好的降低摩擦系数的作用,是涂层材料的发展方向。

不干胶:系无硫化系统的丁基胶浆,可长期保持塑性和粘结力,在门框条和行李箱密封条的夹持部位起着辅助密封作用。充氮热融性不干胶密封效果好,可应用于一些特殊要求的情况。

3 密封条的技术条件和试验类型

为确保密封条的功能和使用可靠性,密封条必须通过一系列试验,符合所需的各种技术要求。

密封条技术要求和试验类型大致可分为 4 类:

3.1 基本性能试验

密封条的基本性能试验包括:

1. 材料试验:包括材料的各种机械性能,包括拉伸强度、扯断伸长、硬度、密度、脆性温度、耐水性、耐臭氧老化性、耐紫外线性能、耐热老化、污染性、腐蚀性等。

2. 成品试验:密封条的力学性能,如压缩永久变形、压缩负荷、插拔力、低温性能、耐光照老化、气味、颜色和色泽、植绒和表面涂层的磨损和剥离试验、各部位间结合力等。

对于汽车用橡胶密封条,我国汽车行业最新标准 QC/T 639-2004 已由国家发展和改革委员会于 2004 年 10 月发布,并于 2005 年 4 月 1 日起实施。

3.2 可靠性和功能试验

可靠性和功能试验包括:车窗玻璃升降寿命试验,车门关门力(能量)试验和反复关门(盖)疲劳试验等,试验不仅在常温下进行,还要在环境箱中高温低温交变条件下进行。

噪声试验:密封条的静态隔声效果可通过测量装有密封条的整车对噪声的屏蔽来评价,申雅公司在近年建成的噪声试验室已投入试运行,测试结果显示不同型号轿车降噪水平差异比较明显,为密封条的设计改进提供了实验手段;动态测试由整车在风洞中进行。

天候试验:在各种恶劣的天气条件下,观察密封条的耐久性能。

3.3 装车试验

密封条的装车试验首先是在标准的车模上进行匹配,通过空间三维测量来进行评价。然后在车身或小批生产车 pre-pilot 进行装车试验。当然也有直接在生产的车身上进行装车试验,但此时,由于车身和车门各部尺寸和装配位置的变差,往往需要多次匹配才能获得理想的效果。

3.4 道路试验

道路试验是对整车性能的试验,密封条作为汽车零部件要和整车一起完成对各种天候和道路跑车试验。合格的密封条在经历了这些试验之后仍应保持良好的性能。

4 密封条的制造

橡胶密封条主要流程包括炼胶、挤出硫化和

后加工三部分。

在炼胶过程中,通过计算机严格控制各种原料配方和温度、压力、时间等加工条件。制备粒状或带状的混炼胶。对 PVC 和 TPE 密封条一般可直接选购合适的粒子料直接供挤出加工。

橡胶密封条在实际生产中,一般都把挤出和硫化工序合在一起。在挤出硫化过程中,各种粒状或带状的混炼胶和骨架材料共同经挤出机口模复合挤出,并经高温硫化,在此过程中,口模的设计制造和硫化的方式、条件对产品的性能和质量起着关键的作用,若口模设计不合理会引起密封条在挤出时压力和断面的波动,流道死角会造成胶料焦烧以及通过不同流道材料结合不良等缺陷;运用计算机软件进行流动状态模拟和数字化口模技术,可提高口模质量并缩短口模设计和制造的周期。过硫和欠硫都会对产品质量带来不良的影响。在硫化工艺方面,盐浴硫化因易产生对环境的污染已很少被采用,现在绝大部分工厂都采用微波和热空气联合加热的方式,通过计算机控制生产线各点的温度、速度、压力,可保证理想的硫化条件和挤出质量。根据密封条安装部位的不同,有些密封条需要在表面进行植绒、喷涂及在密封条夹持部位添加不干胶,这些工序通过专门的装置均可在线完成。

对于 PVC 和 TPE 密封条无须经过硫化,其他工序和橡胶密封条的挤出相似。

后加工过程可分为切割加工、模压成型(接头、接角)和后处理三个主要工序。在切割加工工序中,需要将密封条加工至所需的形状和尺寸,为保证其良好的加工精度和互换性,使用多工位联合加工设备可取得比较满意的效果。在模压成型工序中,为保证精确的形状通常采用注射硫化成型的方法。近年来,越来越多的整车采取组合式密封条,将几种密封条多个断面复合在一起。后加工工序正在向组合化、模块化的方向发展。

后处理工序包括线外植绒和喷涂,安装固定密封条的销钉和双面胶带以及精整修边工作,对于一些高档轿车,在后处理时植入传感器,当应力达到一定值后发出信号,可控制车窗升降电机的工作,并具有防止夹伤的功能。对于大批量生产的产品,在后处理工序流水化生产线和机器人的应用是发展的趋势。

5 密封条的设计开发

我国汽车密封条的设计开发起步较晚,主要是对已有车型配套,进行工艺开发和生产,无需进行产品开发设计。随着我国汽车工业的发展,要求密封条实现同步开发不仅是整车厂的强烈要求,也是密封条企业自身发展的最重要途径。密封条的设计开发可包括以下几个部分:

1. 材料设计和工艺设计。采用 DOE 方法建立材料模型,根据密封条的产品需要设计材料配方并确定其他原辅材料和工艺。

2. 概念设计。从车体的三维数据出发,根据车身的车门、窗的设计相互位置和间隙通过三维 CAD 系统(常用 CATIA 和 UG 软件)进行密封条的断面、几何形状和结构设计。

3. 快速样件(prototype)验证。按设计断面和密封条的结构三维模型,通过激光快速成型和快速模型的方法制造弹性体的快速样件。这种快速样件具有类似橡胶的弹性,无须开制金属模具即可快速制造,并可在车体上进行装车匹配试验。根据装车匹配的效果,可对密封条的三维模型进行修正。

4. 有限元分析(CAE)。通过 CAE 分析软件,分析设计密封条的结构和受力变形行为,通过计算机模拟密封条在装车过程中所受的应力和应变分析,验证或优化改进密封条的结构及材料设计。

近年来 CAE 分析的应用范围进一步扩大,利用相关软件进行挤出口模的流道设计和密封条的隔噪声性能的分析工作已经开始得到应用。

5. 原始(原型)样件:根据设计的数模,制造手工样件并进行装车测试,根据实际需要调整工装或修改设计。

6. 工装样件(OTS):使用批产工装制造样件,供测试和整车厂认可。

7. 测试:除道路试验外,各种测试必须在向整车厂递交工装样件之前完成。

随着我国汽车工业的发展,汽车密封条设计、制造和标准化工作正在迅速发展。环保化、模块化、轻量化和智能化密封条将是未来发展方向;同步设计将是密封条企业面临的重要任务;在线质量控制和各种防错技术将进一步得到长足的发展;设计开发生产高质量和低成本的汽车密封系统是我国汽车密封条行业的宗旨和目标。