

水性阻尼涂料在轿车上的应用

杨波,姚宇,黄海山,饶正伟 (沃尔沃汽车集团中国区成都工厂,成都 610100)

摘要:随着人们环保意识的增强,对家庭用车的车内噪音控制和空气质量提出了更高的要求。噪声的治理主要是通过对噪声源、传播途径的控制以及对接受者的保护来实现。其中,在对噪声源的治理和传播途径的控制方面,高分子阻尼材料发挥了很大的作用,因此,水性环保阻尼涂料的使用已成为轿车噪声控制的发展趋势,文中以沃尔沃汽车成都工厂为例介绍了水性阻尼涂料在轿车领域的应用及建议。

关键词:水性阻尼材料;减振;环保

中图分类号:TQ 637.2 文献标识码:A 文章编号:0253-4312(2015)09-0069-05

Application of Waterborne Damping Coatings in Automobile industry

Yang Bo, Yao Yu, Huang Haishan, Rao zhengwei
(Chengdu Plant in Volvo Car China, Chengdu 610100, China)

Abstract: The increasingly awareness of environmental protection gives an impetus to higher demand on noise control and air quality in car, wherein the noise control is achieved by controlling noise resource and its transmission via application of damping polymer materials. It is a trend that waterborne environmental friendly damping coatings are applied in automotive industry. Specifically, this paper takes Volvo Cars Chengdu Factory as an example to describe the application of waterborne damping coatings in car and relative suggestions therefor.

Key Words: waterborne damping material; vibration reduction; environmental protection

目前国内大部分汽车使用的阻尼材料主要为煤焦油沥青、聚氨酯树脂等添加特定的填料而制成。由于这类阻尼材料含有大量的 VOC,对车内环境污染较重且严重损害施工人员的身体健康而将逐步被淘汰。

水性阻尼涂料在欧洲奥迪、奔驰、沃尔沃、宝马 MINI 等工厂得到了广泛的应用。沃尔沃在国内率先采用高性能水性喷涂阻尼涂料(简称 SSD)替换沥青阻尼板涂装在车身上对振动和噪音进行的防治,并采用 ABB 机器人(型号:IRB4400)进行喷涂,极大地节约了人力,改善了环境。

SSD 作为水性涂料的一个分支,该材料具有一般

水性涂料的环保性能。该材料无毒、无异味、不污染环境,极大地改善了车内空气质量,提高了 NVH(噪音 Noise、振动 Vibration 和声振粗糙度 Harshness)性能。

1 SSD 和沥青阻尼板的比较

SSD 和沥青阻尼板的对比见表 1。

除表 1 所列的区别外,SSD 材料中含有的有机高分子材料对减振降噪有明显的优势。SSD 含有大量的水,当厚涂施工时,干燥速度比较慢,但其自身没有刚度,喷涂在车身上减振降噪的效果好;另外,水性阻尼涂料生产成本比传统的沥青阻尼板低。

作者简介:杨波(1982—),男,本科,工程师,主要从事汽车涂装线工艺及设备的规划、设计和管理工作的。

表1 SSD和沥青阻尼板的对比
Table 1 Comparison of SSD and asphalt damping plate

| 项目 | SSD | 沥青阻尼板 |
|--------------------------|------------------|---|
| 密度/(g·cm ⁻³) | 1.5 | >1.7 |
| 外观 | 流体 | 固态 |
| 施工方式 | 机器人自动喷涂 | 人工安装 |
| 储存方式 | 无需线边储存,方便物流及5S管理 | 需要放大量的货架在线边存储零件 |
| 施工灵活性 | 水平面、垂直面、翻转面均可 | 垂直面和翻转面操作非常困难(必须要加粘胶或加磁) |
| 车型切换 | 只需要改变机器人程序 | 切换成本高,周期长(需要投入相应的模具进行裁剪) |
| 施工速度 | 1辆车只需要60s左右 | 人工铺设,耗时长,垂直面和翻转面容易掉落,修补耗时长,安装时容易带入颗粒,污染车身 |
| 环保性 | 水性环保涂料 | 受高温后会挥发出大量的有害气体 |
| 其他 | 人工操作量极少 | 生产和转运的人工成本高 |

应用研究

2 SSD的成膜机理

水性阻尼材料主要是以丙烯酸乳液为基料,加入大量片层结构的云母粉等功能填料,并添加适量分散剂、表面活性剂、增稠剂以及杀菌剂制成^[1],其材料参数见表2。

表2 材料参数
Table 2 Material parameter

| 项目 | SSD |
|--------------------------|------------------|
| 外观 | 黑色的半固态流体 |
| 聚合物类型 | 水性丙烯酸乳液 |
| 固体分 | 79%~83% |
| 水分含量 | 17%~21% |
| 密度/(g·cm ⁻³) | 1.4~1.7 |
| 膨胀率/% | 0~30,依烘烤温度不同有所变化 |

水性阻尼涂料是利用本身所特有的结构和性能来吸收振动机械能,并将其转化为热能而损耗以达到阻尼减振降噪目的的一类环境功能材料^[2]。云母粉等作为填料,水性阻尼涂料具有最佳的阻尼性能;以白炭黑等作为填料,具有最佳的隔声性能,随着云母粒径的减小,损耗因子值提高,共振频率和共振频率处的隔声量有所提高^[3]。

以丙烯酸树脂制备的阻尼材料在烘烤过程中水分蒸发,聚合物粒子相互熔融成膜的过程为物理吸附过程,如图1所示,其对底材的吸附能力强,不会因为振动或温差太大产生脱落。

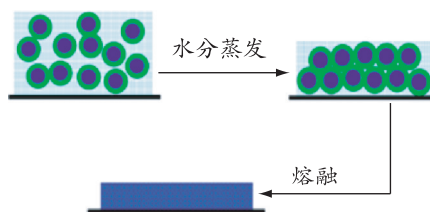


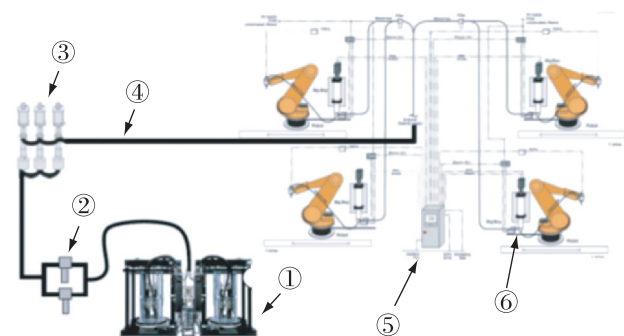
图1 SSD成膜机理
Fig.1 Film-forming mechanism of SSD

3 喷涂工艺

SSD由机器人喷涂在车身内部钢板上来提高其结构阻尼、抑制共振等性能。SSD常常喷涂于车内地板和挡风等部位,喷涂膜厚一般控制在2~4mm之间。

3.1 工艺流程

机器人准备→车身进入喷涂区→压缩空气吹干枪嘴→车体锁紧→视觉定位系统(VMT)照相→修正坐标→定量机定量填充→开始喷涂→返回清洗槽把枪嘴浸泡在纯水中,材料供给系统见图2。



①原材料供给泵;②过滤器;③二级增压泵;④不锈钢管路;⑤控制系统(包括 VMT 照相系统);⑥定量机

图2 材料供给系统流程图

Fig.2 Material supply system flowchart

3.2 机器人的三维视觉定位系统(VMT)

现在很多汽车厂采用光栅或超声波检测来对车身进行定位,沃尔沃成都工厂采用的是 VMT,它类似人类的眼睛,起到三维定位和引导的重要作用。

一次完整的测量将完成以下步骤:

① 通过 PLC 控制系统把类型信息传送到视觉系统;

② 车身定位于工作间后,立即唤醒计算测量;

③ 所有摄像头进行图像采集;

④ 对特征点进行识别;

⑤ 利用在图像中找到的标记点位置和摄像头的定标结果,以及车体标记点到绝对位置的坐标计算当前车壳的位置;

⑥ 计算当前车壳方位和初始方位(零位置)的差值,即矫正矢量;

⑦ 把矫正矢量传送给机器人,使机器人能精确喷涂到要求的区域,达到工艺要求。

另外,测量误差允许标准范围:

点坐标 $\langle X, Y, Z \rangle$ 是 $(-30, 30)$;

转角坐标 $\langle RX, RY, RZ \rangle$ 是 $(-1.5, 1.5)$

超出这个范围系统将很难进行校正。

3.3 机器人控制系统

SSD 喷涂一般采用定量机来控制,沃尔沃现场采用 SCA 公司 ASC5000 作为控制系统,用于涂胶系统的控制、调节和监控。

控制器系统通过控制箱及伺服放大器对配料器进行控制,配料及材料涂层通过材料缸的循环填充及清空来完成,SCA 系统将材料从供给系统中吸出、定量,然后通过机器人涂覆在车身上,如图 3 所示。

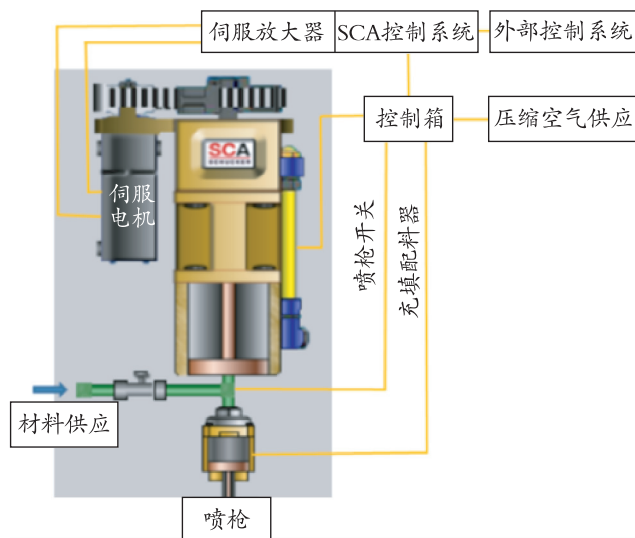


图3 定量机及控制系统

Fig.3 Doser and control system

系统通过温度调节器控制管道中的加热组件,对管道内的材料进行加热调节,达到工艺要求。

ASC5000 系统自带大量的检测功能,可自行监控,确保设备安全运行。此系统自带循环系统,通过供给管道和循环管道可以循环抽吸材料,利用控制器发循环释放信号来控制循环运行。

4 SSD 的应用特点

(1) 机器人自动喷涂,可在车身内部复杂的区域施工,只要机器人能够伸到的地方都可以施工。其材料属于单组分的高固体分涂料,材料黏度高,单次成膜厚度高,也可以采用手工喷涂、刮涂等多种工艺进行施工,施工灵活性很高^[3-4]。

(2) 材料以水作为分散介质的,其 VOC 含量非常少,对环境无污染,符合国家的环保政策法规。

(3) 干燥过程中(烘烤条件:150 °C 烘烤 22 min)体积收缩率低,不会出现因体积收缩率过大而导致的开裂现象,与底材附着牢固,有较高的附着力。

(4) 水性阻尼材料具有良好的阻燃性能,耐水性、耐候性、耐腐蚀性^[3-5]。

(5) 在系统中的循环时间不能太长,因为长时间处于高温和高压下,以及长时间循环剪切下黏度会加速下降,严重时会发生破乳,导致分层及结块等问题。

(6) 材料暴露在空气中超过 30 min 就会开始自干,但是材料的内应力小,不会影响到附着力。

(7)水性材料在放置一定时间后黏度会慢慢上升,如图4所示,所以厂家的出厂黏度必须要得到很好的控制,而且运输条件也必须用保温车进行。运输温度太高,黏度就会变低;运输温度太低则可能产生冻结,这样材料就会产生不可逆转的失效。因此,温度范围最好控制在5~30℃,运输应遵循“门对门”的原则并及时转运到指定地点。

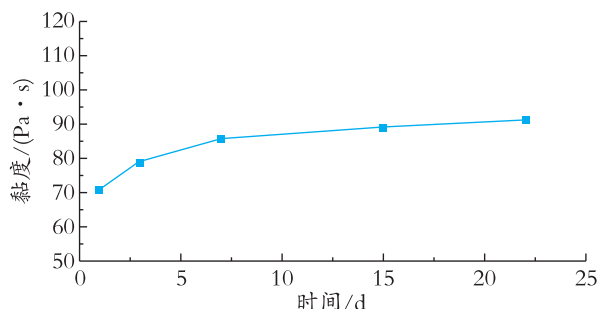


图4 SSD材料黏度-时间曲线
Fig.4 SSD material viscosity-time curve

5 施工中常见的问题

5.1 流挂

水性阻尼材料在施工过程中由于温度高,材料黏度变低以及喷涂的膜过厚等原因就会造成流挂。

5.2 分叉

产生的原因通常是换胶过程中有干胶掉入和原材料生产过程中过滤网损坏以及包装过程中有杂质颗粒混入造成枪嘴堵塞,枪嘴损坏也会有这种现象。因此需要定期清洗过滤器,并检查喷嘴及过滤器是否有损坏。

5.3 漏喷

喷涂系统的压缩空气供应不足、定量机故障(填充不及时等)以及枪嘴堵死等都会造成漏喷。

5.4 滴胶

(1)枪嘴泄漏会产生滴胶现象;

(2)长时间喷涂而不清洗以及枪嘴上的残胶没有清洗干净,变干后就会有掉落的风险从而影响车身质量;

(3)枪嘴清洗后的压缩空气吹扫压力太大或角度不对就会把枪嘴前端的胶吹变形,导致滴落,因此,在平时维护保养过程中要定期检查吹扫枪嘴的角度及压力;

(4)材料的黏度低,导致机器人关枪不及时也会

造成滴落;

(5)枪嘴清洗桶内水不够或干掉,会导致枪嘴喷涂后不能及时清洗。

5.5 过薄

造成涂膜过薄的原因有以下几点:

(1)机器人运动速度过快、材料黏度低;

(2)机器人流量和压力变化导致喷幅变化;

(3)喷嘴的TCP(枪距)变化会导致厚度变化。

5.6 气泡

通常是由于换胶过程中气泡没有排干净及原材料生产过程中真空没有抽干净和运输过程中由于颠簸造成材料中混入大量的空气。另外,供给泵空打也会吸入大量的气泡到材料中。

5.7 搭接不良

车身的喷涂一般采用接缝式涂胶,如喷涂距离太近,每条胶之间有条小缝;喷涂距离太远,会存在弯区或重叠严重等问题。所以,最好控制喷嘴与车身之间的距离在50 mm以内,倾斜角度在60°~90°之间喷涂。

SSD施工中的影响因素还有很多,但黏度和温度是最主要的。加热通常设置成逐级加热,加热太快,材料黏度变化也会加快,进而影响施工,具体现场参数控制如表3所示,而且要机器人定期进行喷涂测试,检查机器人的稳定性。

表3 施工参数
Table 3 Process parameter

| 实验参数 | 上限 | 下限 |
|-------------|----|----|
| 表观黏度/(Pa·s) | 90 | 70 |
| 附着力/级 | ≤1 | ≤1 |
| 泵房的环境温度/℃ | 27 | 21 |
| 材料的施工温度/℃ | 40 | 30 |

6 SSD喷涂的设计要点

6.1 涂料及压缩空气

涂料:压力0~25 MPa可调,过滤精度60目。

压缩空气:压力0.6(±0.05) MPa,需除尘、除油、除水。

6.2 温度控制系统

最佳喷涂施工温度范围:30~35℃,机器人喷涂

系统必须包含温度控制系统(温控范围必须可调),保证施工温度控制在最佳范围。

6.3 保护罩

机器人的轨道需要安装保护罩,防止残胶或胶雾落到轨道上影响机器人运行。

6.4 管路

管路和阀门规格应满足所有出口的规定流量和压力要求,材质要采用能耐压 30 MPa 以上的 316 不锈钢材料,从一级泵到机器人之间的管路要尽量短,最好是把泵设置在喷涂区域附近。为了降低车间环境温度对材料温度和管路的干扰,所有管路要配置加热单元来满足生产时的材料黏度控制。

6.5 供给泵的选择要点

SDD 供给泵缸体结构见图 5。

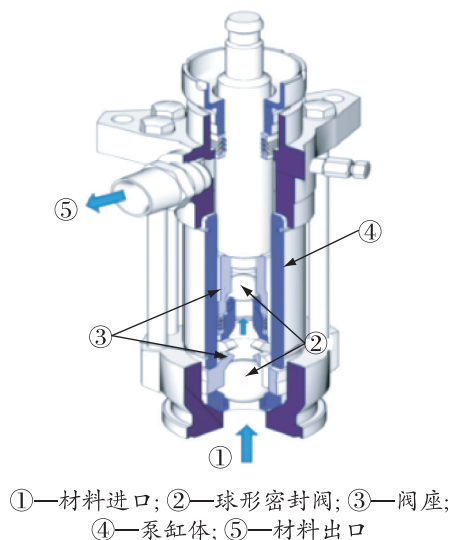


图 5 SSD 供给泵缸体结构图
Fig.5 SSD pump cylinder structure

水性阻尼材料在生产过程中会加入大量的水及矿物质等研磨材料,如果选型不好,泵的缸体容易腐蚀或由于矿物质颗粒把泵打坏,造成后续维护成本升高。因此,缸体的选择非常重要。

泵的能力必须满足高黏度材料的要求,否则将无法满足不同二级增压泵需求而导致材料供应不足。因此,选型时泵的压缩比至关重要,供给泵的压缩比应在 20:1 以上。

另外缸体必须是不锈钢材料,阀座及以上的部件必须要适应研磨材料以及承受高压和高耐磨(最好

选择碳化钨等高强度材料);

定量机填充瞬时流量要大于 3 L/min。填充时左右 2 个机器人的定量机要错开,避免同时填充对供胶系统造成流量需求过大导致泵空打。

6.6 机器人喷嘴选择

根据喷涂区域和循环时间要求选择合适的喷嘴,喷嘴材质要求是耐磨、耐高压的高强度不锈钢材料。喷嘴带卡槽,以便能够快速定位。

6.7 机器人喷嘴清洗装置

机器人枪嘴清洗要配置专用的水桶来浸泡枪嘴,且配备独立的加水和排水管道以及压缩空气吹扫装置;如果喷涂时间允许还可以设置专门的刮板,在清洗完后自动刮下枪嘴上的残胶。

7 结 语

国外基本上已经形成了一定规模的阻尼材料的生产体系,我国在有关水性阻尼涂料的推广方面还处于起步阶段。对于材料的施工性、稳定性和耐久性等在实际使用中需要进一步改进,对于无污染、高阻尼性能、生产工艺简便的新型阻尼材料的研究还需进一步提高,逐渐缩小我国与国际材料发展前沿水平的距离,加快绿色环保的进程^[6]。

参考文献

- [1] 刘玉涛,李欣闻等. 丙烯酸酯类聚合物阻尼性能的研究[J]. 现代涂料与涂装,2009,39(03):14-21.
- [2] 周旭. 高性能水性丙烯酸阻尼涂料的研究[D]. 上海:华东理工大学,2012.
- [3] 王晓,侯佩民. 汽车用水性阻尼涂料的制备与性能研究[J]. 上海涂料,2013,51(02):20-22.
- [4] 王伟,郭焱,等. 水性阻尼材料的应用及发展[J]. 环境工程,2012,30(4):219-221.
- [5] 张友南,杨军,等. 阻尼材料的研究与应用[J]. 噪声与振动控制,2006,26(06):38-41.
- [6] 王晓,侯佩民,等. 水性阻尼涂料发展概况[J]. 广州化工,2012,40(22):29-31.

收稿日期 2015-08-04(修改稿)