

水性聚四氟乙烯改性自润滑涂料的制备与应用

方胜阳^{1,2}, 田友峰³, 章于川^{1,2}

(1. 安徽安大中鼎橡胶技术开发有限公司, 安徽 合肥 230088; 2. 高性能橡胶材料及制品安徽省重点实验室, 安徽 宁国 242300; 3. 安徽库伯密封技术有限公司, 安徽 宁国 242300)

摘要:以水性聚氨酯树脂、水性丙烯酸树脂和氨基树脂为改性树脂, 与水性聚四氟乙烯 (PTFE) 乳液复配, 制备水性PTFE改性自润滑涂料, 研究添加组分对涂料及其涂层性能和涂装工艺的影响。结果表明, 水性PTFE改性自润滑涂料通过滚喷工艺喷涂在O形橡胶密封圈表面, 经过热固化后形成的涂层表面附着性良好, 摩擦因数小, 具有良好的自润滑性。

关键词:O形橡胶密封圈; 水性聚四氟乙烯; 改性自润滑涂料; 摩擦因数

中图分类号:TQ330.38⁺7; TQ336.4 **文献标志码:**B **文章编号:**1000-890X(2018)00-0000-03

O形橡胶密封圈(以下简称O形圈)是重要的工业基础件, 几乎应用在所有交通运输工具、机械、能源和电器等设备中。从飞机、舰船、汽车、高速列车的发动机以及采油、采煤、采矿的大型机械设备直到家用电器(如空调、热水器、净水器等), 无一不使用O形圈来发挥重要的密封作用。在将O形圈安装到发动机、机械和电器设备的过程中, 无论是手工还是半自动或自动化操作, 都需要对O形圈表面进行润滑处理。虽然在密封圈上涂覆润滑剂或滑石粉进行润滑处理比较容易, 且成本也低, 但是在较短时间内润滑剂会因自身重力而流到底部形成油污, 如不及时清理, 则会使自动安装线的设备发生堵塞, 导致停工, 而在密封圈的顶部几乎没有润滑剂, 影响装配操作; 滑石粉则易从O形圈上脱落, 失去润滑作用, 并会产生粉尘, 影响操作工人的健康安全^[1-3]。

对O形圈表面涂覆具有自润滑性的聚四氟乙烯 (PTFE) 涂料是可以考虑的办法。硫化胶表面涂覆低摩擦因数的PTFE涂层后^[4-5], 其工作时的摩擦机理就变成了自润滑涂层与摩擦副之间的相对滑动, 避免了O形圈的橡胶基体与摩擦副的直接接触, 减小了摩擦因数, 减少了O形圈的磨耗, 方便了

O形圈的装配, 且简单易行。但是低摩擦因数的纯PTFE自润滑涂层与橡胶基体的附着力较差, 因此必须优选合适的材料对纯PTFE成膜乳液进行共混改性^[6], 以提高成膜树脂层与橡胶基体之间的界面结合力, 同时为了环保需要应设计成水溶性或水分散性涂料。

本工作优选与橡胶基体界面粘合性能优良的水分散性成膜树脂, 并配合相关助剂, 与PTFE乳液共混, 制备出水性PTFE改性自润滑涂料(以下简称水性PTFE改性涂料), 探讨添加组分对涂料及其涂层性能和涂装工艺的影响, 以确定最佳的涂装工艺条件。

1 实验

1.1 主要原材料

水性聚氨酯树脂(PUR), 合肥安科精细化工有限公司产品; 水性聚丙烯酸树脂(PAR), 广州珂宁化工科技有限公司提供; 氨基树脂(AR), 上海八共根国际贸易有限公司提供; PTFE乳液, 牌号D310, 大金工业株式会社提供; N,N-二甲基乙醇胺、丙二醇单甲醚、消泡剂BYK020、流平剂BYK333等, 合肥金创新材料有限公司提供。

1.2 配方

水性PTFE改性涂料主要由成膜物质 (PTFE乳液、PUR、PAR)、成膜助剂 (分散剂、流平剂、消泡剂) 和分散介质 (去离子水、助溶剂) 等组成。

水性PTFE改性涂料的参考配方(质量分数)

基金项目:安徽省绿色高分子材料重点实验室资助项目 (2015kf10)

作者简介:方胜阳(1983—), 男, 安徽枞阳人, 安徽安大中鼎橡胶技术开发有限公司工程师, 硕士, 主要从事橡胶用胶粘剂及涂料的研究。

E-mail:fsy20060215@163.com

为: PAR 0.07~0.1; PUR 0.07~0.1; AR 0.005~0.05; 助溶剂 0.05~0.1; 分散剂 0.02~0.05; 流平剂 0.01~0.03; 消泡剂 0.01~0.03; PTFE乳液 0.2~0.3; 去离子水余量。

1.3 主要设备和仪器

WM-1.5型实验室卧式研磨机砂和FS-400型实验室分散机,合肥华派机电有限公司产品; PHB-1型便携式pH计,拓赫机电科技(上海)有限公司产品; Instron 1112型电子拉力机,英国Instron公司产品; JSM-6510型扫描电子显微镜(SEM),日本电子公司产品; QXD型刮板细度计,天津亚兴自动化实验仪器厂产品。

1.4 制备工艺

将固体质量分数为0.5的水性PAR加入树脂质量7%~8%的N,N-二甲基乙醇胺中,中和至pH值为7.5~8.5,然后将水性润湿分散剂、部分助溶剂和部分去离子水等混合均匀后砂磨分散至细度不大于10 μm ,再加入水性PUR、水性AR、PTFE乳液、剩余助溶剂、剩余去离子水和其余助剂等,调节转速为800 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$,分散15 min,得到水性PTFE改性涂料^[7-8],编号为ZD-1。

将ZD-1涂料通过滚喷方式喷涂在O形圈和橡胶试样上,喷涂过的O形圈和橡胶试样经过130 $^{\circ}\text{C} \times 30 \text{ min}$ 进一步热固化。

1.5 测试分析

(1) 涂层厚度。按Q/AZJ 01—2014《ZD-1 PTFE水性涂料》测试,待O形圈表面喷涂的ZD-1涂料固化成膜后,垂直切割O形圈,将切割的横截面置于SEM下会看到一个明显的表面界面层。通过SEM测定表面界面层的厚度,从而确定表面涂层的厚度。

(2) 附着力。按Q/AZJ 01—2014测试,对喷涂ZD-1涂料的橡胶试样进行定伸长率100%的拉伸(拉伸速率为200 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$),观察试样表面的涂层是否发生龟裂,无龟裂即为合格。

(3) 滑动摩擦因数。按Q/AZJ 01—2014测试,橡胶试样固定在固定板上,将质量为100 g的砝码置于试样上,砝码和试样的接触面积为1 cm^2 ,拉力机以180 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速度拉伸试样进行水平匀速滑动,读取相应的拉力数值,计算涂层表面的滑

动摩擦因数。

2 结果与讨论

2.1 成膜树脂对水性PTFE改性涂料性能的影响

成膜树脂是涂料形成连续性立体网状结构涂膜的主要物质,是决定涂膜物化性能的关键材料。本工作通过PUR、PAR和AR的复配,制备了水性PTFE改性涂料。

当PUR/PAR/AR质量比分别为0:8:2、8:0:0和8:8:2,固化条件均为130 $^{\circ}\text{C} \times 30 \text{ min}$ 时,橡胶表面附着力(100%拉伸率)测试结果分别为橡胶表面涂层开裂、橡胶表面涂层脱落和橡胶表面涂层完好。

2.2 其他助剂对水性PTFE改性涂料性能的影响

助溶剂为丙二醇单甲醚,它可提高上述改性树脂在水中的溶解能力;消泡剂为德国毕克公司生产的聚醚改性有机硅类的BYK020,其消泡能力强、抑泡持久,不会产生表面缺陷或影响成膜性;流平剂为德国毕克公司生产的聚醚改性有机硅类的BYK333,它可显著降低涂料的表面张力,提高涂料对底材的润湿能力和漆膜的流动性,消除“贝纳尔(Bernard)旋涡”,从而防止发花;同时还能改善涂层的平滑性、抗挂伤性和抗粘连性^[9-10]。

2.3 水性PTFE改性涂料涂装O形圈工艺

结合工件形状、外观及涂料性能等具体情况,O形圈的涂装方式选用滚喷工艺,具体工艺流程如图1所示。

由于涂料的粘度低及其用途特殊,因此在滚喷时要特别注意滚喷量、滚喷距离和滚喷温度,否则会造成涂装产品出现流痕、颗粒等缺陷,从而影响产品的外观,造成涂装产品不合格。按照图1的工艺流程,根据表1滚喷试验的数据统计结果,确

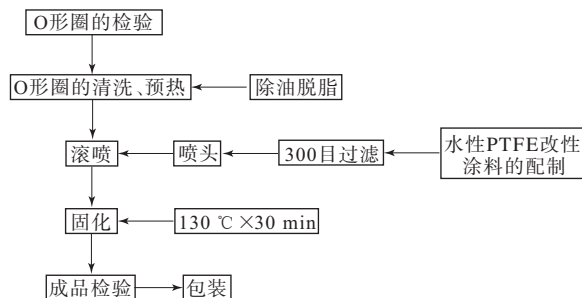


图1 O形圈滚喷水性PTFE改性涂料的工艺流程

表1 滚喷工艺条件

每次滚喷量/g	滚喷距离/cm	滚喷温度/℃	滚喷外观效果
0.02	25~35	50~70	表面光滑
0.02	35~40	50~70	有颗粒
0.02	35~40	室温	有流痕
0.04	25~35	室温	有流痕
0.04	25~35	50~70	有流痕
0.04	35~40	50~70	有流痕

定涂料每次滚喷量约为0.02 g,滚喷距离为25~35 cm,滚喷温度为50~70 ℃。

2.4 O形圈表面涂层的厚度和附着力

试验结果表明,O形圈表面涂层的厚度大于15 μm时,O形圈被拉伸100%时涂层会出现开裂而脱落,而涂层厚度小于5 μm时,遮盖力减小,橡胶就会露底,不便于安装和影响产品外观。因此必须保证O形圈的涂层厚度在5~15 μm之间,在其被拉伸100%时涂层不会出现开裂,橡胶也不会露底。采用SEM检测的涂层厚度如图2所示,厚度为6~8 μm。

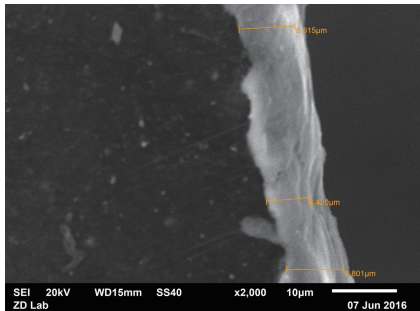


图2 SEM检测的涂层厚度

2.5 橡胶试样表面涂层的滑动摩擦因数

采用水性PTFE改性润滑涂料,通过滚喷工艺涂装在O形圈表面,经过热固化后,O形圈表面涂层的平均滑动摩擦因数为0.252。

3 结论

(1)采用自制的水性PTFE改性涂料,按照涂装工艺流程滚喷到O形圈表面,确定的最佳工艺条件为:涂料每次滚喷量约为0.02 g,喷嘴距离为25~35 cm,滚喷温度为50~70 ℃。

(2)将水性PTFE改性涂料按照涂装工艺流程滚喷到O形圈表面,在保证O形圈被拉伸100%时涂层既不会开裂也不会露底的情况下,润滑涂层的最佳厚度为5~15 μm。

(3)将水性PTFE改性涂料通过滚喷工艺涂装在O形圈表面,经过固化后,O形圈表面具有低摩擦因数,平均滑动摩擦因数为0.252。

参考文献:

[1] 陈保忠. 橡胶密封件表面涂层工艺及其性能实验研究[D]. 北京航空航天大学,2004.

[2] 杜茂平,魏伯荣,肖琰,等. 橡胶制品表面涂层的研究进展[J]. 弹性体,2006,16(2):59-62.

[3] 许治国,周安伟,王晓英,等. 橡胶密封圈密封性能预判方法研究[J]. 橡胶工业,2016,63(5):297-300.

[4] 张铃欣,关跃,张立群,等. 含氟涂料表面喷涂改性HNBR的摩擦性能[J]. 橡胶工业,2011,58(5):261-266.

[5] 秘彤,卢咏来,王振华,等. 等离子体氟化改性丁腈橡胶表面涂层的减摩机理研究[J]. 橡胶工业,2013,60(9):527-532.

[6] 龚淑玲,王巍,王鹏,等. 硅橡胶表面抗磨聚氨酯涂料[J]. 武汉大学学报(理学版),2003,49(4):451-453.

[7] 涂料工艺编委会. 涂料工艺(上册)[M]. 北京:化学工业出版社,1997.

[8] 马庆麟. 涂料工业手册[M]. 北京:化学工业出版社,2001.

[9] 郭淑静,张秀梅. 国内外涂料助剂品种手册[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

[10] 王志军. 流平剂(1)[J]. 涂料技术与文摘,2009,30(7):2-9.

收稿日期:2017-04-01

英文题目:Preparation and Application of Waterborne PTFE Modified Self-lubrication Coatings
作者:FANG Shengyang,TIAN Youfeng,ZHANG Yuchuan