

橡胶-金属粘接性能影响因素研究

于勤勤¹, 季 伟¹, 潘大伟², 董 伦¹

(1. 中国重汽集团技术发展中心, 山东 济南 250101; 2. 中国重汽集团济南橡塑件有限公司, 山东 济南 250300)

摘要:通过标准试样研究金属表面处理工艺、胶粘剂类型、硫化工艺参数对橡胶减震件橡胶-金属粘接性能的影响, 并将试验结果应用在橡胶支座产品上。结果表明, 利用喷砂工艺处理金属表面, 选择单涂型胶粘剂Cilbond 24, 在150℃×40 min的硫化条件下生产橡胶支座产品, 产品橡胶-金属间的粘接破坏达到了100%橡胶破坏, 解决了橡胶支座存在的橡胶-金属之间的开裂问题, 提高了橡胶支座的粘接性能及粘接系统耐久性能。

关键词:橡胶-金属; 粘接性能; 金属表面处理; 胶粘剂; 硫化工艺参数

中图分类号: TQ332; TQ336.4⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2018)00-0000-05

目前, 汽车用橡胶减震件大多采用橡胶与金属复合结构, 借助橡胶的高弹性和金属的高强度获得优异的耐久性能, 同时具有减震、耐磨等功能^[1-2], 而粘接是这类产品最重要的工艺环节。但由于金属与橡胶, 尤其是非极性橡胶的表面浸润性和自由能相差很大^[3], 橡胶和金属间要获得高强度的粘接很困难, 而且橡胶减震件是在动态下使用的, 在使用过程中, 各种因素以耦合形式对其施加作用, 比如机械方面的影响因素(载荷、振动条件等), 大气中氧、臭氧和光等的作用, 热和温度的作用等, 经常会出现橡胶与金属之间开裂脱胶等现象^[4-5]。因此, 提高橡胶与金属之间的粘接性能是保证产品使用性能和可靠性的重要研究内容。

橡胶支座安装于车桥与钢板弹簧之间, 用来支撑车架, 缓和道路不平对汽车的震动和冲击, 提高驾驶的舒适性, 降低车体各部分的动应力, 提高车辆的减震性能且延长板簧的使用寿命。产品结构示意图见图1。橡胶支座在使用过程中由于受到扭转力、剪切和压力的反复作用, 出现了底胶与金属间(CM)及橡胶与面胶间(RC)的破坏现象, 致使其使用性能大大降低, 售后索赔严重。因此, 本工作主要从金属表面处理工艺、胶粘剂类型和硫化工艺几个方面研究橡胶-金属的粘接性能及粘

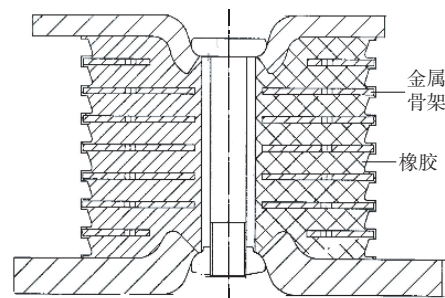


图1 橡胶支座结构示意图

接系统耐久性能。

1 实验

1.1 主要原材料

金属试片, 材质为45#钢, 章丘华煜铁件有限公司产品; 胶粘剂CH205/CH6125, 上海洛德化学有限公司产品; 胶粘剂Thixon-P-11-EF/Thixon-520-EF, 上海罗门哈斯化工有限公司产品; 胶粘剂Cilbond 24, 英国西邦化工有限公司产品; 自制混炼胶JT197, 邵尔A型硬度为(68±3)度, 拉伸强度不小于18 MPa, 拉断伸长率不小于380%, 压缩永久变形不大于25%。

1.2 主要设备和仪器

Q378型悬挂式喷砂机, 无锡国达机械设备有限公司产品; X(S)K-550型开炼机和X(S)N-55×30RC型密炼机, 大连通用橡胶机械有限公司产品; YM-C100型平板硫化机, 无锡阳明橡胶机械有限公司产品; DKM5000型注射硫化机, 德科摩

作者简介: 于勤勤(1983—), 女, 山东威海人, 中国重型汽车集团有限公司技术发展中心工程师, 博士, 主要从事橡胶减震类产品性能研究。

E-mail: yqq-919@163.com

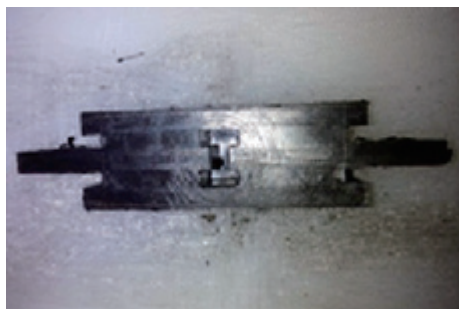
橡塑机械(东莞)有限公司产品;WDW100E-10T型电子式万能试验机和Instron PL-400N液压试验系统,北京时代之峰科技有限公司产品。

1.3 试验方法

粘接性能评价包括初始粘接性能及粘接系统耐久性能。所有初始粘接性能试验都用ASTM D 429方法F试样测试,粘接系统耐久性能试验用ASTM D 429方法H试样测试,如图2所示。所有试验数据都为5个样件的平均值。粘接性能试验同样按ASTM方法进行。



(a) 初始粘接性能测试样件



(b) 粘接系统耐久性能测试样件

图2 粘接性能试验标准样件

1.4 试样制备

1.4.1 金属试片的表面处理

喷砂工艺:脱脂→水洗→干燥→喷砂→脱脂→干燥→涂底胶→干燥→涂面胶→干燥→备用。

磷化工艺:脱脂→水洗→酸洗→水洗→中和→表调→磷化→水洗→烘干→涂底胶→干燥→涂面胶→干燥→备用。

先喷砂后磷化工艺:脱脂→水洗→干燥→喷砂→脱脂→干燥→表调→磷化→水洗→烘干→涂底胶→干燥→涂面胶→干燥→备用。

1.4.2 混炼胶的制备

按照规定配方和工艺混炼胶料并压制成一定

尺寸的混炼胶片。

1.4.3 粘接试样的制备

粘接试样采用注压硫化,将混炼胶片放入硫化模具注压腔中,加热加压硫化,制成粘接试样。硫化条件为150 °C/10 MPa×25 min。

1.5 粘接性能评价标准

评价一个粘接系统的粘接性能,应该同时使用粘接系统强度性能接受水平和粘接系统破坏模式接受水平的数据准则,见表1。本试验以粘接强度性能接受水平为“良好”和粘接系统破坏模式接受水平为“优异”作为粘接系统达标的标准。

表1 粘接性能评价标准^[6]

接受水平	粘接系统	
	粘接强度/MPa	破坏模式比例(面积比)
优异	>6	100%橡胶破坏
良好	4~6	≥90%橡胶破坏
可接受	2~4	≥85%橡胶破坏
不足	<2	<85%橡胶破坏

注:此评价标准只适用于方法F-粘接性能测试,方法H-粘接耐久性能测试的粘接系统破坏模式接受水平可参照此表。

2 结果与讨论

2.1 金属表面处理工艺

金属表面的处理方法可分为机械法和化学法2种^[7]。在橡胶减震件生产中,机械法最常用的是喷砂,橡胶支座产品金属骨架表面处理工艺就是采用此法。化学法目前使用最多的是磷化处理。机械喷砂与化学处理相结合,既可增加金属表面粗糙度,又可在金属骨架表面形成磷化膜,进一步增大粘接的接触面积,增强胶粘剂的渗透、吸附能力,达到最佳的粘合效果^[8]。本工作研究喷砂、磷化和先喷砂后磷化3种金属表面处理工艺对橡胶-金属粘接性能的影响。

3种金属表面处理工艺的粘接强度分别为:先喷砂后磷化 4.99 MPa,磷化 4.58 MPa,喷砂 3.44 MPa。不同金属表面处理工艺的粘接系统初始粘接性能评价结果如表2所示。

从粘接强度试验结果来看,喷砂工艺样件接受水平为“可接受”,磷化和先喷砂后磷化的接受水平为“良好”,说明磷化膜的形成提高了粘接系统的粘接强度。从粘接系统破坏类型来看,3种金属表面处理工艺粘接系统破坏模式接受水平都为

表2 粘接系统初始粘接性能评价结果

金属表面处理工艺	接受水平	
	强度	破坏模式
喷砂	可接受	不足
磷化	良好	不足
先喷砂后磷化	良好	不足

“不足”,说明对于该粘接系统,只从金属表面处理工艺进行改进是不够的,还需要从胶粘剂类型、硫化工艺等方面提高粘接系统性能。虽然先喷砂后磷化工艺的粘接强度最高,但是粘接破坏模式仍然是“不足”。综合考虑成本及工艺复杂性,在新生产工艺中,橡胶支座金属骨架表面处理工艺仍然采用喷砂。

2.2 胶粘剂类型

橡胶和金属是相差极大的异质材料,被粘橡胶的厚度相比,胶粘剂层相对较薄,为20~35 μm ,是金属与橡胶间良好的界面过渡层材料,因此选择优良的胶粘剂对获得橡胶与金属间的极好粘接至关重要。本工作研究双涂型CH205/CH6125、Thixon-P-11-EF/Thixon-520-EF和单涂型Cilbond 24三种类型的胶粘剂对橡胶-金属粘接性能的影响。

3种胶粘剂的粘接强度分别为:CI系列 4.23 MPa,CH系列 3.24 MPa,TH系列 1.72 MPa。3种胶粘剂的初始粘接性能评价结果如表3所示。

表3 粘接系统的初始粘接性能评价结果

胶粘剂	接受水平	
	粘接强度	破坏模式
CH系列	可接受	不足
TH系列	不足	不足
CI系列	良好	优异

从表3可以看出:CH、TH和CI系列胶粘剂的粘接系统粘接强度接受水平分别为“可接受”、“不足”和“良好”;粘接系统破坏模式接受水平除CI胶粘剂为“优异”,其余均为“不足”。由此可见,使用单涂型胶粘剂Cilbond 24时,粘接系统可以达到评价标准要求,获得良好的粘接性能。

在实际应用中,粘接系统耐久性也十分重要,因此,本工作研究了Cilbond 24胶粘剂的粘接系统耐久性能。按照ASTM D 429方法H,试样在100%应变下放入100 $^{\circ}\text{C}$ 试验箱中老化72 h,剪切强度从初始的11.17 MPa降至9.25 MPa,样件没有出现开

裂脱胶现象,耐久性能试验后样件粘接破坏模式仍然为100%橡胶破坏,说明Cilbond 24胶粘剂粘接耐久性能好。因此,在新生产工艺中改变胶粘剂类型,采用单涂型胶粘剂Cilbond 24替代双涂型胶粘剂CH205/CH6125。

2.3 硫化工艺参数

硫化工艺参数主要为硫化压力、硫化温度和硫化时间。其中,压力主要是防止橡胶硫化时内部气体导致气泡,并使橡胶比较致密,当硫化压力增大到一定程度,硫化压力对粘接性能影响不大^[9]。因此,本工作只研究硫化温度和硫化时间对橡胶-金属粘接性能的影响。由于硫化促进剂在138 $^{\circ}\text{C}$ 才开始起作用,170 $^{\circ}\text{C}$ 硫化时易出现硫化返原现象,因此选择140、150和160 $^{\circ}\text{C}$ 进行相关试验。硫化温度和时间对橡胶-金属粘接强度的影响如图3所示。

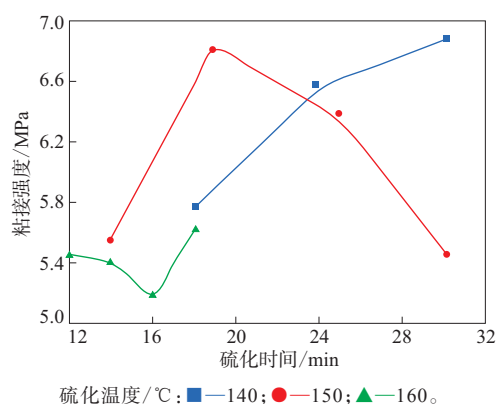


图3 硫化温度和时间对橡胶-金属粘接强度的影响

从图3可以看出:硫化温度为140 $^{\circ}\text{C}$ 时,粘接强度随着硫化时间延长逐渐增大,但硫化速率太慢;硫化温度为150 $^{\circ}\text{C}$ 时,粘接强度随着硫化时间的延长先增大后减小,能在较短时间内达到最大值,最佳硫化时间为19 min;硫化温度为160 $^{\circ}\text{C}$ 时粘接强度最低。因此,在新生产工艺中,橡胶支座硫化温度由140 $^{\circ}\text{C}$ 改为150 $^{\circ}\text{C}$ 。

2.4 橡胶支座产品性能

硫化时间主要取决于产品结构和大小,虽然标准试样试验的最佳硫化条件为150 $^{\circ}\text{C} \times 19 \text{ min}$,但是由于标准试样和实际产品之间存在很大差别,因此工艺参数的选择也不能完全一致。根据经验,橡胶支座的硫化时间定为40 min,从产品解

剖结果来看,不存在欠硫和过硫现象。因此,新工艺橡胶支座的硫化时间采用40 min,硫化温度为150 ℃。

为了比较新旧工艺橡胶支座的耐久性能,疲劳60万次后停止试验,测试橡胶支座的粘接性能。旧工艺和新工艺橡胶支座粘接状况分别如图4和5所示。

从图4和5可以看出,无论是疲劳试验前还是疲劳试验后,新工艺橡胶支座橡胶与钢板之间的破坏模式基本达到了100%橡胶破坏,对比旧工艺橡胶支座的粘接破坏模式(混合破坏,主要破坏模式为RC和CM)可以明显看出,新工艺橡胶支座的初始粘接强度和粘接系统耐久性能都得到极大提高。

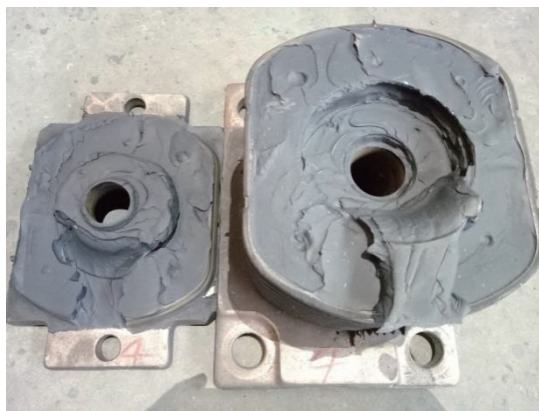


(a) 疲劳试验前



(b) 疲劳试验后

图4 旧工艺橡胶支座疲劳试验前后的粘接情况



(a) 疲劳试验前



(b) 疲劳试验后

图5 新工艺橡胶支座疲劳试验前后的粘接情况

(3) 硫化温度为150 ℃时,粘接强度随着硫化时间的延长先增大后减小,能在较短时间内达到最大值。

(4) 橡胶支座产品试验结果表明,金属表面处理工艺为喷砂、胶粘剂为Cilbond 24、硫化温度为150 ℃、硫化时间为40 min,生产的橡胶支座疲劳试验前后的粘接破坏模式基本达到了100%橡胶破坏,此方案可作为提高橡胶减震件粘接性能及粘接系统耐久性能的工艺方案。

3 结论

(1) 金属表面处理工艺对橡胶-金属粘接性能的影响不大,胶粘剂类型和硫化工艺参数的影响较大。

(2) 采用单涂型胶粘剂Cilbond 24后,粘接破坏模式达到了100%橡胶破坏,粘接强度也得到极大提高。

参考文献:

- [1] 王美询. 胶粘剂在金属和橡胶复合制品中的应用[J]. 粘接, 2002, 23(1): 48-49.
- [2] 刘锦春, 姜尚奇, 陈忠海, 等. 橡胶与金属粘接性能的影响因素[J]. 粘接, 2003, 24(5): 10-12.
- [3] 伍华东, 廖洪军. 钢骨架表面的抛丸处理及涂胶工艺研究[J]. 橡胶工业, 2004, 51(11): 688-690.
- [4] 牛继辉, 赵树发, 邹永振, 等. 新型橡胶贮油箱的研制[J]. 橡胶工

- 业,2017,64(1):39-42.
- [5] 李吉,盛国才,王建维,等. 负压空气橡胶隔振奇静态特性研究[J]. 橡胶工业,2017,64(7):418-421.
- [6] 邵亮. 橡胶与基材热硫化粘接系统的评价[J]. 世界橡胶工业,2015,42(9):43-46.
- [7] 谢彦飞,李斌,黄自华. 钢骨架表面磷化处理的研究[J]. 橡胶工业,2006,53(4):244-247.
- [8] 黄良平,唐先贺,谭亮红. 金属表面处理工艺对橡胶与金属粘合性能的影响[J]. 特种橡胶制品,2003,24(1):34-37.
- [9] 江凌燕. 天然橡胶与金属热硫化粘接机理及工艺参数优化研究[D]. 西安:西安电子科技大,2010.
- 收稿日期:2018-01-06

Research on Influence Factors of Rubber-to-Metal Bonding Properties

YU Qinqin¹, JI Wei¹, PAN Dawei², DONG Lun¹

(1. Technical Center of China National Heavy Duty Truck Group Co., Ltd, Jinan 250101, China; 2. Sinotruk Jinan Rubber & Plastics Parts Co., Ltd, Jinan 250300, China)

Abstract: The effects of metal surface treatment, the type of bonding agent and the vulcanization process parameters on the rubber-to-metal bonding properties were investigated using the standard samples, and the test results were applied to the rubber bearings production. The results showed that, when the metal surface was treated by sand blasting, and the single-coated bonding agent Cilbond 24 was selected to produce rubber bearing under the condition of vulcanization at $150\text{ }^{\circ}\text{C} \times 40\text{ min}$, the 100% rubber failure mode of the rubber bearings occurred. The debonding problem between rubber and metal was resolved, and the bonding properties and durability of the rubber bearings were improved.

Key words: rubber-to-metal; bonding property; metal surface treatment; bonding agent; vulcanization process parameter