

产品·设计

单涂型胶粘剂在橡胶支座中的应用研究

张保生,王郡余,杨坤,李斌,唐军辉,吕秀凤

(株洲时代新材料科技股份有限公司,湖南 株洲 412007)

摘要:研究单涂型胶粘剂在橡胶支座中的应用。结果表明:与传统双涂型胶粘剂相比,单涂型胶粘剂起硫温度高,处理效率高,适用于高温快速硫化制品;具有较强的工艺适用性及较好的粘合性能,橡胶与金属剥离试样的剥离强度达到 $11 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 以上,且试样破坏类型理想;采用单涂型胶粘剂的橡胶支座的刚度高以及耐动态疲劳性能好,可以满足橡胶支座使用要求。

关键词:胶粘剂;单涂型;双涂型;橡胶支座;粘合性能;刚度

中图分类号: TQ339; TQ336.4⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2021)10-0756-04

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2021.10.0756

橡胶支座是由多层橡胶与金属复合而成的一类减隔震制品,一方面利用橡胶的弹性可以提供较大的水平位移,另一方面利用金属的强度可以提供竖向承载,是一种较为理想的减隔震制品^[1]。同时,橡胶与金属之间的模量相差非常大,橡胶的弹性模量为1 MPa左右,而金属材料的弹性模量则高达 $10^4 \sim 10^5$ MPa,因此两种材料之间的有效粘合一直是技术人员研究的重点^[2-3]。

橡胶与金属的粘合早在19世纪50年代就有研究^[4-6],其中利用胶粘剂实现两种材料的粘合是目前应用最广泛和有效的方法,粘机理主要为吸附、分子扩散、渗透和共交联作用^[7],其中胶粘剂类型可以分为单涂型和双涂型两种,目前工业应用仍以传统的双涂型胶粘剂体系为主^[8]。从粘合效果而言,双涂型胶粘剂可以实现橡胶与金属的粘合,具有较理想的粘合性能,但存在工艺复杂、干燥时间长,容易出现错用、混用等问题。单涂型胶粘剂具有使用便捷、高效等特点,随着胶粘剂技术的发展,单涂型胶粘剂将会成为一种发展趋势。两种胶粘剂的粘合原理见图1。

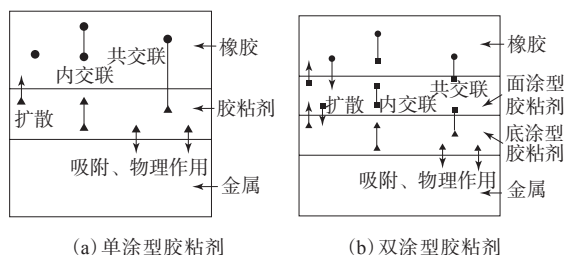


图1 两种胶粘剂的粘合原理

Fig. 1 Adhesion principles of two kinds of adhesives

本工作对单涂型胶粘剂的特点及其在橡胶支座中的应用进行研究,并与双涂型胶粘剂进行对比,为制备高性能减隔震橡胶制品提供参考。

1 实验

1.1 主要原材料

单涂型胶粘剂,英国西邦化学公司产品;双涂型胶粘剂,美国某公司产品;混炼胶,自制。

1.2 主要设备和仪器

X(S)K-160B型开放式炼胶机,上海双翼橡胶机械有限公司产品;MD-3000A型无转子硫化仪,中国台湾优肯科技股份有限公司产品;HS-

基金项目:湖南省自然科学基金资助项目(2017JJ3530)

作者简介:张保生(1982—),男,山东菏泽人,株洲时代新材料科技股份有限公司工程师,主要从事橡胶材料的研究及工程化应用。

E-mail: qdzhangsheng@163.com

引用本文:张保生,王郡余,杨坤,等.单涂型胶粘剂在橡胶支座中的应用研究[J].橡胶工业,2021,68(10):756-759.

Citation: ZHANG Baosheng, WANG Junyu, YANG Kun, et al. Application of single component adhesive in rubber bearing[J]. China Rubber Industry, 2021, 68(10): 756-759.

100T-FTMO-2RT型平板硫化机, 佳鑫电子设备科技(深圳)有限公司产品; DSC-821型差示扫描量热(DSC)仪, 瑞士梅特勒公司产品; GT-AJ7000S型电子拉力机, 中国台湾高铁科技有限公司产品; 2500T型二维加载试验机, 北京富力通达科技有限公司产品。

1.3 试样制备

(1) 剥离试样。对喷砂处理的60 mm×25 mm×5 mm长方形铁件粘合面采用喷涂、刷涂和辊涂3种工艺涂胶(胶粘剂干膜厚度控制为15~40 μm)。涂胶铁件充分干燥后与橡胶片贴合放在平板硫化机上硫化, 硫化条件为150 ℃/15 MPa×25 min, 硫化试样恒温停放后测试粘合性能。

(2) 橡胶支座试样。用胶粘剂对橡胶支座所用喷砂铁件(隔板、封钢板)进行涂胶处理, 涂胶铁件充分干燥后与橡胶片交替叠合放在平板硫化机上硫化, 硫化条件为150 ℃/15 MPa×125 min, 橡胶支座恒温停放后测试粘合性能。

1.4 性能测试

采用DSC仪测试胶粘剂和橡胶的热历程, 升温速率为10 ℃·min⁻¹; 采用电子拉力机按照GB/T 7760—2016《硫化橡胶或热塑性橡胶与硬质板材粘合强度的测定 90°剥离法》测试剥离试样的粘合强度; 采用二维压剪试验机测试橡胶支座的刚度和动态疲劳性能。

2 结果与讨论

2.1 两种胶粘剂的反应活性

两种胶粘剂和橡胶的DSC曲线见图2。

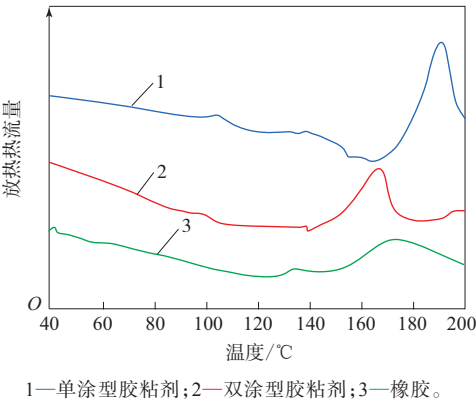


图2 两种胶粘剂和橡胶的DSC曲线
Fig. 2 DSC curves of two kinds of adhesives and rubber

从图2可以看出: 当温度升至130 ℃左右, 单涂型胶粘剂的DSC曲线开始偏离基线, 即硫化反应开始, 而双涂型胶粘剂面层胶的DSC曲线升至110 ℃左右开始偏离基线, 表明双涂型胶粘剂的起硫温度低于单涂型胶粘剂; 放热峰对应的温度为硫化反应速度最快时的温度(最大反应活性温度), 其中双涂型胶粘剂的活性反应温度为110~193 ℃, 最大反应活性温度为166 ℃, 单涂型胶粘剂的活性反应温度为130~199 ℃, 最大反应活性温度为189 ℃。由此可以推断: 双涂型胶粘剂的起硫温度低于单涂型胶粘剂, 适用温度范围较单涂型胶粘剂宽; 单涂型胶粘剂的起硫时间长于双涂型胶粘剂, 可以认为单涂型胶粘剂的安全性更好。因此在高温快速硫化制品中选择单涂型胶粘剂更为合适, 在长时间硫化制品中选择双涂型胶粘剂则具有一定优势, 这为胶粘剂的选择提供了一定依据。

2.2 单涂型胶粘剂的涂胶工艺与处理效率

不同涂胶工艺对单涂型胶粘剂剥离试样粘合性能的影响见表1。

表1 不同涂胶工艺对单涂型胶粘剂剥离试样粘合性能的影响
Tab. 1 Effect of different adhesive coating processes on adhesion of single component adhesive peel specimens

涂胶工艺	干膜厚度/μm	剥离强度/(kN·m ⁻¹)	橡胶内部破坏率/%
喷涂	17~19	14.43	100
刷涂	18~21	14.58	100
辊涂	18~21	15.17	100

从表1可以看出: 不同涂胶工艺制备的剥离试样干膜厚度可达17 μm以上, 橡胶与金属的剥离强度达到14 kN·m⁻¹以上; 试样破坏出现在橡胶面, 破坏类型较为理想, 说明单涂胶粘剂具有较好的工艺实用性。

两种胶粘剂的处理时间见表2。

从表2可以看出, 单涂型胶粘剂的处理时间远短于双涂型胶粘剂, 单涂型胶粘剂的处理效率比

表2 两种胶粘剂的处理时间
Tab. 2 Treatment time of two kinds of adhesives min

处理时间	双涂型胶粘剂		单涂型胶粘剂
	底涂层	面涂层	
涂胶时间	10	10	7
干燥时间(23 ℃)	30	35	35
总处理时间	85		42

双涂型胶粘剂提升1倍以上。

2.3 金属表面处理方式对单涂型胶粘剂粘合效果的影响

根据分子吸附理论和扩散理论,橡胶与金属的粘合首先是胶粘剂与金属表面产生吸附作用,借助分子主价键力和次价键力胶粘剂与金属产生粘合,同时又通过分子扩散作用,在硫化过程中胶粘剂与橡胶产生化学交联,达到金属与橡胶的粘合^[9],因此金属表面处理方式对粘合性能影响很重要。

在此选用镀锌、磷化、抛丸和喷砂4种方式对金属表面进行处理,考察单涂胶粘剂的适用性。不同金属表面处理方式对单涂型胶粘剂剥离试样粘合性能的影响见表3。

表3 不同金属表面处理方式对单涂型胶粘剂剥离试样粘合性能的影响

Tab. 3 Effect of different metal surface treatment methods on adhesion of single component adhesive peel specimens

处理方式	剥离强度/($\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$)	橡胶内部破坏率/%
镀锌	11.7	95
磷化	11.6	80
抛丸	12.3	100
喷砂	13.8	100

从表3可以看出:金属表面采用抛丸和喷砂处理方式,单涂型胶粘剂的粘合性能较好,橡胶与金属的剥离强度可达到 $12 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 以上,这可能与抛丸和喷砂可使金属表面获得更大的比表面积有关,大比表面积可使金属表面与胶粘剂之间产生更大的啮合作用;金属表面采用镀锌和磷化处理方式的试样破坏处未全部出现在橡胶内部,橡胶与金属的剥离强度为 $11 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 以上,这可能与镀锌和磷化的均匀性有关。总之,金属表面采用抛丸和喷砂处理方式可以获得较为理想的粘合效果,在覆胶率没有苛刻要求的情况下,镀锌和磷化处理方式同样具有一定的工业应用价值。

2.4 胶粘剂对橡胶支座刚度的影响

目前,结构和胶料硬度对橡胶制品刚度影响的研究比较深入,而胶粘剂对橡胶制品刚度影响的研究报道较少。为研究两种胶粘剂对橡胶制品刚度的影响,随机抽取4件 $398 \text{ mm} \times 398 \text{ mm} \times 205 \text{ mm}$ 规格橡胶支座进行刚度测试。两种胶粘剂对橡胶支座刚度的影响见图3。

从图3可以看出,胶粘剂类型对橡胶支座的

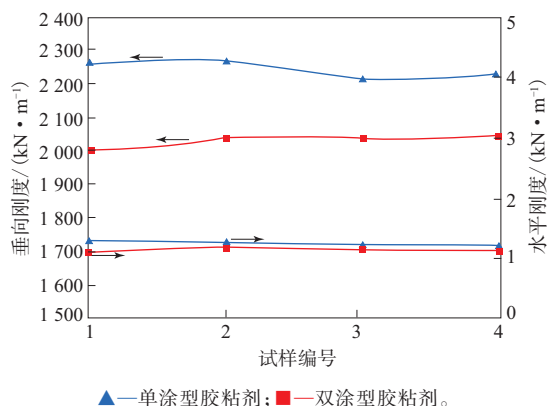


图3 两种胶粘剂对橡胶支座刚度的影响

Fig. 3 Effect of two kinds of adhesives on stiffness of rubber bearing

水平刚度和垂向刚度均有影响,其中单涂型胶粘剂橡胶支座的刚度明显高于双涂型胶粘剂橡胶支座。这可能与胶粘剂的反应速率有关,单涂型胶粘剂粘合效率较高,在相同硫化时间内硫化程度高于双涂型胶粘剂,因此其橡胶支座表现为高刚度。这为橡胶制品刚度调节提供了一种简易解决方案和思路。

2.5 单涂型胶粘剂橡胶支座的动态疲劳性能

为检验单涂型胶粘剂橡胶支座的动态疲劳性能,用动态加载试验(如图4所示)对橡胶支座进行疲劳性能测试:采用循环垂向加载方式,垂向压力(P)为 $7 \sim 15 \text{ MPa}$,加载次数为 2×10^6 ,该方案可以较好地模拟橡胶支座现场使用工况,加载 2×10^6 次后橡胶支座外观无异常。为进一步验证单涂型胶粘剂橡胶支座的粘合性能,将 P 增大到 20 MPa ,继续加载 10^6 次,试验完成后卸去载荷,产品表面无粘合缺陷和裂纹。将测试后的橡胶支座进行解剖(如图5所示),产品内部无缺陷,橡胶与金属未出现破坏。以上试验表明,采用单涂型胶粘剂可以满足橡胶支座的耐动态疲劳性能要求。

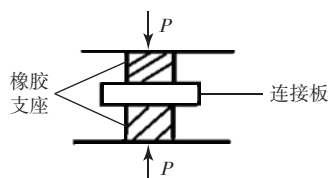


图4 动态加载试验示意

Fig. 4 Schematic diagram of dynamic loading experiment

3 结论

(1) 与传统双涂型胶粘剂相比,单涂型胶粘



图5 极限加载测试后的橡胶支座内部结构

Fig.5 Internal structure of rubber bearing after ultimate load experiment

剂起硫温度高,处理效率高,适用于高温快速硫化制品。

(2) 单涂型胶粘剂剥离试样的剥离强度达到 $11 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ 以上,且试样破坏出现在橡胶面,破坏类型理想,单涂型胶粘剂可以满足橡胶支座的粘合要求。

(3) 与双涂型胶粘剂橡胶支座相比,单涂型胶粘剂橡胶支座的刚度高。胶粘剂类型对橡胶支座的刚度有一定影响,这为橡胶支座刚度的调节提供了思路。

(4) 单涂型胶粘剂橡胶支座的耐动态疲劳性能好,可以满足橡胶支座的使用要求。

参考文献:

- [1] 曾富财,汪艳. 橡胶减震器金属件与橡胶直接硫化粘合的研究[J]. 特种橡胶制品,2012,33(1):34-36.
ZENG F C, WANG Y. Study on direct vulcanization adhesion between metal and rubber of the rubber damper[J]. Special Purpose Rubber Products,2012,33(1):34-36.
- [2] 周莎,刘勇,丁玉梅,等. 橡胶和金属的粘合进展[J]. 粘合,2010,31

(11):68-71.

ZHOU S, LIU Y, DING Y M, et al. Advances on bonding between rubbers and metals[J]. Adhesion in China,2010,31(11):68-71.

- [3] 李学民,王千士. 橡胶与金属的粘合强度研究[J]. 广西轻工业,2007,23(10):21,139.
LI X M, WANG Q S. Study on adhesive strength between rubber and metal[J]. Guangxi Journal of Light Industry,2007,23(10):21,139.
- [4] 张银钟,胡孝勇,陈耀. 热硫化型橡胶-金属胶粘剂的研究进展[J]. 粘合,2012,33(3):77-80.
ZHANG Y Z, HU X Y, CHEN Y. Research progress of metal-to-rubber bonding with heat vulcanizable adhesives[J]. Adhesion in China,2012,33(3):77-80.
- [5] 王美珣. 胶粘剂在金属和橡胶复合制品中的应用[J]. 粘合,2002,23(1):48-49.
WANG M X. Application of adhesives in metal-rubber composite products [J]. Adhesion in China,2002,23(1):48-49.
- [6] 张卫昌. 增强橡胶与金属骨架材料的粘合技术[J]. 橡胶科技市场,2009,7(5):20-24.
ZHANG W C. Adhesion technology of reinforced rubber and metal skeleton materials[J]. China Rubber Technology and Market,2009,7(5):20-24.
- [7] 尹德芸,李炳海,杨军. 橡胶与金属粘合用硫化型胶粘剂[J]. 弹性体,1998,8(1):56.
YIN D H, LI B H, YANG J. Vulcanized adhesive for bonding rubber to metal[J]. China Elastomerics,1998,8(1):56.
- [8] 马兴法. 金属与橡胶的硫化粘接及其性能研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2001.
- [9] 张建伟,蔡鸣,黄克钧. 车辆部件橡胶与金属粘合用胶粘剂的研究[J]. 橡胶工业,1997,44(4):217-219.
ZHANG J W, CAI M, HUANG K J. Study on adhesives for bonding rubber and metal of vehicle parts[J]. China Rubber Industry,1997,44(4):217-219.

收稿日期:2021-04-23

Application of Single Component Adhesive in Rubber Bearing

ZHANG Baosheng, WANG Junyu, YANG Kun, LI Bin, TANG Junhui, LYU Xiufeng

(Zhuzhou Time New Materials Science and Technology Co., Ltd, Zhuzhou 412007, China)

Abstract: The application of single component adhesive in rubber bearing was studied. The results showed that compared with the traditional two-component adhesive, the single component adhesive had a higher sulfur initiation temperature and faster processing efficiency and was suitable for high temperature fast vulcanization products. The adhesive had strong process applicability and good adhesion property. The peel strength between the rubber and metal was more than $11 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$, and the failure type of samples was preferable. The rubber bearing with the single component adhesive had high stiffness and good dynamic fatigue resistance, which could meet the application requirements of rubber bearing.

Key words: adhesive; single component; two-component; rubber bearing; adhesion; stiffness