

工艺·设备

硫化工艺参数对汽车用天然橡胶胶料减震衬套 粘接性能和耐湿热老化性能的影响

何方科, 胡余优, 丁斌煊, 李 剑

(建新赵氏科技有限公司, 浙江 宁海 315600)

摘要:采用正交试验研究硫化工艺参数对汽车用天然橡胶(NR)胶料减震衬套粘接性能和耐湿热老化性能的影响。结果表明:湿热老化后NR胶料的邵尔A型硬度增大,拉伸强度和拉伸伸长率减小;NR胶料减震衬套粘接性能稳定性最佳的硫化工艺参数组合为:硫化时间 600 s,硫化温度 155 ℃,注射压力 21 MPa;在温度为70 ℃、湿度为85%~100%的条件下湿热老化504 h后,NR胶料减震衬套的最大破坏力平均值为22.74 kN,破坏后覆胶率为100%,满足NR胶料减震衬套的橡胶与金属骨架的粘接要求。

关键词:减震衬套;汽车用;天然橡胶;硫化工艺参数;粘接性能;最大破坏力;耐湿热老化性能

中图分类号:TQ336.4⁺2;TQ332

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2022)06-0466-04

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2022.06.0466



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

减震衬套是车辆减震部件中最为典型的一类产品,由橡胶与金属骨架通过粘合剂粘接而成,其主要作用机理为利用橡胶的高弹性和金属骨架的高强度而在车辆行驶过程中发挥减震和耐磨的作用^[1-3]。减震衬套装配于汽车底盘上,常年与水汽和空气接触且工作环境温度高,故要求其橡胶与金属骨架具有优异的初始粘接性能以及橡胶具有优异的耐老化性能^[4-7]。

研究^[8-11]发现,在载荷作用下,大气中的氧气和臭氧以及光等因素会促进橡胶与金属之间发生开裂、脱胶等现象。因此,提高减震衬套的耐湿热老化性能^[12-15]是汽车减震制品行业亟待解决的难题。随着汽车行业的发展,减震衬套的耐湿热老化性能成为高端车企越来越重视的耐候性指标。

本工作采用正交试验研究硫化工艺参数对天然橡胶(NR)胶料减震衬套粘接性能和耐湿热老化性能的影响,以期对减震衬套的耐湿热老化性能

研究提供技术支持。

1 实验

1.1 主要原材料

NR,牌号CV60,越南进口产品;炭黑N330,卡博特(中国)投资有限公司产品;底涂粘合剂Thixon P-6-EF和面涂粘合剂Thixon OSN-2-EF,杜邦(中国)研发管理有限公司产品;钢铁骨架,常州市金豪精密钢管有限公司产品。

1.2 胶料配方

NR 100,炭黑N330 50,芳烃油 5,氧化锌 5,硬脂酸 2,防老剂RD 2,防老剂4020 2,石蜡 2,硫黄 0.8,促进剂CBS 2,促进剂DTDM 0.9,促进剂TMTD 0.3,其他 5。

1.3 主要设备和仪器

Sigma 100型注射硫化机,德国Desma公司产品;TY801-120型衬套压缩机,宁波天誉机械有限

作者简介:何方科(1987—),男,浙江宁波人,建新赵氏科技有限公司工程师,硕士,主要从事橡胶减震制品骨架表面处理及胶粘剂选型的研究工作。

E-mail:hefangke@126.com

引用本文:何方科,胡余优,丁斌煊,等.硫化工艺参数对汽车用天然橡胶胶料减震衬套粘接性能和耐湿热老化性能的影响[J].橡胶工业,2022,69(6):466-469.

Citation: HE Fangke, HU Yuyou, DING binxuan, et al. Effect of vulcanization process parameters on adhesive properties and humid heat aging resistance of NR compound shock-absorbing bushing for automobile[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(6): 466-469.

公司产品;HPE II 数显邵氏硬度计,德国Bareiss公司产品;GT-7001-LS30型万能材料试验机,高铁检测仪器(东莞)有限公司产品;SETH-Z-102UJ型高低温湿热试验箱,爱斯佩克试验仪器(广东)有限公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 骨架的处理

骨架内芯/中间套/外套→抛丸→磷化→涂覆底涂粘合剂→烘干→涂覆面涂粘合剂→烘干。

1.4.2 NR胶料减震衬套的硫化

使用注射硫化机(一出一模具)进行产品硫化,塑化温度为 (80 ± 5) °C,设定硫化温度为 (175 ± 5) °C,实测硫化温度为 (155 ± 5) °C,硫化时间为 (500 ± 50) s。

1.4.3 NR胶料减震衬套的缩径

使用缩径机将成型后的衬套从直径37 mm缩小至35 mm。

1.5 性能测试

1.5.1 NR胶料的性能

NR胶料的性能按照相应国家标准进行测试。

1.5.2 NR胶料减震衬套的粘接性能

根据大众汽车公司测试标准PV3378方法A进行NR胶料减震衬套的粘接性能测试。

2 结果讨论

2.1 NR胶料的物理性能

NR胶料(硫化胶,在室温下停放24 h)及其在温度为70 °C、湿度为85%~100%的条件下停放504 h后在室温下测得的物理性能如表1所示[硫化条件为 (155 ± 5) °C \times 10 min]。

表1 NR胶料的物理性能
Tab.1 Physical properties of NR compound

项 目	邵尔A型硬度/度	拉伸强度/MPa	拉断伸长率/%
初始	57	24.4	498
湿热老化后	63	18.7	375

从表1可以看出,与初始状态NR胶料相比,湿热老化后NR胶料的邵尔A型硬度增大,拉伸强度和拉断伸长率减小。

2.2 硫化工艺参数对NR胶料减震衬套粘接性能的影响

NR胶料减震衬套的硫化工艺参数主要为硫

化温度、硫化时间和注胶压力^[16-18],通过正交试验法确定最佳的硫化工艺参数。该正交试验是硫化温度、硫化时间和注胶压力的3因子3水平试验,采用L9(3³)正交设计,试验因子与水平见表2[A、B和C分别为硫化时间(s)、硫化温度(°C)和注胶压力(MPa)]。

表2 试验因子与水平
Tab.2 Factors and levels of tests

因 子	水平		
	1	2	3
A	400	500	600
B	153	155	158
C	15	18	21

采用最大破坏力判定NR胶料减震衬套的粘接性能,每一条件的NR胶料减震衬套的最大破坏力取其5个试样的平均值,通过计算极差和标准差判断试验结果的稳定性,如表3所示。

从表3可以看出:硫化时间为400 s,随着硫化温度和注胶压力的提高,NR胶料减震衬套的最大破坏力的极差和标准差逐渐减小;硫化时间从400 s延长至600 s,NR胶料减震衬套的最大破坏力的极差和标准差总体呈减小趋势。

各因子各水平的NR胶料减震衬套的最大破坏力标准差的平均值计算结果如表4所示。

从表4可以看出,硫化工艺参数中A因子水平3、B因子水平2和C因子水平3的NR胶料减震衬套的最大破坏力标准差的平均值最小。因此,NR胶料减震衬套粘接性能稳定性最佳的硫化工艺参数组合为A₃B₂C₃,即硫化时间为600 s,硫化温度为155 °C,注胶压力为21 MPa。

根据最佳硫化工艺参数制得NR减震衬套,并进行粘接性能测试,NR减震衬套的最大破坏力分别为28.49,28.48,28.46,28.76和28.52 kN,最大破坏力的极差和标准差分别为0.3,0.111 kN。即最佳硫化工艺参数下NR减震衬套的最大破坏力的极差和标准差均最小,测试结果最稳定。

2.3 硫化工艺参数对NR胶料减震衬套耐湿热老化性能的影响

采用最佳硫化工艺参数制得的NR胶料减震衬套(在室温停放24 h)及其在温度为70 °C、湿度为85%~100%的条件下停放504 h后进行粘接性能测

表3 硫化工艺参数对NR胶料减震衬套粘接性能的影响

Tab.3 Effect of vulcanization process parameters on adhesive properties of NR compound shock-absorbing bushings

方 案	因子			最大破坏力/kN					极差/kN	标准差/kN
	A	B	C	试样1	试样2	试样3	试样4	试样5		
1	400	153	15	18.60	17.90	15.40	13.50	18.20	5.10	1.961
2	400	155	18	17.50	16.20	17.70	17.30	13.50	4.20	1.559
3	400	158	21	20.00	19.20	20.20	20.80	20.70	1.60	0.574
4	500	153	18	22.60	20.90	21.00	24.20	24.00	3.30	1.411
5	500	155	21	25.90	26.10	26.30	26.50	26.20	0.60	0.200
6	500	158	15	22.60	22.90	22.10	24.20	24.00	2.10	0.811
7	600	153	21	26.60	26.48	26.70	26.73	26.89	0.41	0.137
8	600	155	15	18.90	19.10	18.70	19.50	19.20	0.80	0.271
9	600	158	18	23.10	23.20	21.50	24.70	24.50	3.20	1.152

表4 各因子各水平的NR胶料减震衬套的最大破坏力标准差的平均值

Tab.4 Average values of standard deviations of maximum destructive forces of each factor and each level of NR compound shock-absorbing bushings kN

因 子	标准差的平均值			极差
	水平1	水平2	水平3	
A	1.365	0.807	0.520	0.845
B	1.170	0.677	0.846	0.493
C	0.1015	0.1374	0.0304	0.1070

试,NR胶料减震衬套湿热老化后的粘接性能见表5。

从表5可以看出,湿热老化后NR胶料减震衬套的最大破坏力平均值为22.74 kN,破坏试样的覆胶率为100%,即试样的破坏形式为胶料破坏,未出现粘接失效,说明最佳硫化工艺参数下NR胶料减震衬套的NR胶料与骨架的粘接性能满足要求。

表5 NR胶料减震衬套湿热老化后的粘接性能

Tab.5 Adhesive properties of NR compound shock-absorbing bushings after humid heat aging

项 目	试样					平均值
	1	2	3	4	5	
最大破坏力/kN	22.18	22.42	23.15	23.38	22.58	22.74
覆胶率/%	100	100	100	100	100	100

3 结论

(1)与初始状态NR胶料相比,湿热老化后NR胶料的邵尔A型硬度增大,拉伸强度和拉断伸长率减小。

(2)NR胶料减震衬套粘接性能稳定性最佳的硫化工艺参数组合为 $A_3B_2C_3$,即硫化时间为600 s,硫化温度为155℃,注胶压力为21 MPa。

(3)以最佳硫化工艺参数制得的NR胶料减震衬套在温度为70℃、湿度为85%~100%条件下湿热老化504 h后,其最大破坏力平均值为22.74 kN,

破坏后覆胶率为100%,满足NR胶料减震衬套的橡胶与金属骨架的粘接性能要求。

参考文献:

- [1] 潘洪.简述汽车减震器的现状及其发展趋势[J].科技创新与应用,2014(33):122.
PAN H. Briefly describe the current situation and development trend of automobile shock absorbers[J].Technology Innovation and Application,2014(33):122.
- [2] 李运动,孙树旺,王璐,等.金属橡胶减震器在轻型光电载荷隔震设计中的应用[J].电光与控制,2012,19(6):88-91.
LI Y D, SUN S W, WANG L, et al. Metal rubber isolator and its application in vibration isolation design of light-weight photoelectric payload[J].Electronics Optics & Control,2012,19(6):88-91.
- [3] 李素超,李惠,毛晨曦,等.形状记忆合金金属橡胶自回复减震(振)器的性能试验研究[J].震灾防御技术,2010,5(1):81-88.
LI S C, LI H, MAO C X, et al. Experimental study on mechanical behavior of self-centering isolators made of shape memory alloy metal rubber[J].Technology for Earthquake Disaster Prevention,2010,5(1):81-88.
- [4] 李晨芳.橡胶与金属骨架黏合失效的原因及解决方法[J].化工设计通讯,2019,45(11):67-68.
LI C F. Cause and solution of rubber and metal framework failure[J].Chemical Engineering Design Communications,2019,45(11):67-68.
- [5] 郑晖,曾凡伟.橡胶与金属骨架材料粘强度的影响因素[J].橡胶工业,2013,60(11):697-701.
ZHENG H, ZENG F W. Factors influencing the bonding strength of rubber and metal framework materials[J].China Rubber Industry,2013,60(11):697-701.
- [6] 羊锋,胡广洪,周雄.注塑工艺和老化条件对组套件粘接强度的影响[J].材料科学与工艺,2019,27(3):1-7.
YANG F, HU G H, ZHOU X. Effect of injection process and aging conditions on composites adhesive strength[J].Materials Science and Technology,2019,27(3):1-7.
- [7] 王亚兵.一种汽车减震器用耐老化衬套[P].中国:CN 206468741U,

- 2017-09-05.
- [8] 赵付良, 张晓倩, 李晨. 金属-橡胶减震轴套脱胶问题的分析与预防[J]. 中国科技博览, 2015(12): 88.
- ZHAO F L, ZHANG X Q, LI C. Analysis and prevention of degumming of metal-rubber damping shaft sleeve[J]. China Science and Technology Review, 2015(12): 88.
- [9] 樊幸. 橡胶金属热硫化用胶黏剂的应用研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2016.
- [10] 胡振娟, 顾亮. 汽车减振器橡胶连接件动态特性实验研究[J]. 北京理工大学学报, 2010, 30(4): 410-414.
- HU Z X, GU L. Shocker mount dynamic test and property analysis[J]. Transactions of Beijing Institute of Technology, 2010, 30(4): 410-414.
- [11] 樊幸. 橡胶金属粘合剂耐热性能研究[J]. 中国化工贸易, 2014(2): 222.
- FAN X. Study on the heat resistant of rubber to metal bonding agent[J]. China Chemical Trade, 2014(2): 222.
- [12] 胡玉静, 邹文俊, 彭进. 酚醛树脂耐湿热老化性能研究进展[J]. 塑料工业, 2014, 42(4): 7-11.
- HU Y J, ZOU W J, PENG J. Advances on heat and humidity aging resistance of phenolic resins[J]. China Plastics Industry, 2014, 42(4): 7-11.
- [13] 曹亮, 尹继磊, 孙玉增, 等. 抗水解剂及增韧剂对PBT耐湿热老化效果的影响[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(8): 99-104.
- CAO L, YIN J L, SUN Y Z, et al. Effect of anti-hydrolysis agent and toughening agent on humidity-heat aging resistance of PBT[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(8): 99-104.
- [14] 金卫民. 建筑结构胶的耐湿热老化性能研究[J]. 中国房地产业, 2016(24): 245.
- JIN W M. Research on damp and heat aging resistance of building structural adhesives[J]. Real Estate Information of China, 2016(24): 245.
- [15] 谢业明, 潘荣, 彭勃. 不同固化体系下环氧结构胶的耐湿热老化性能研究[J]. 工程与建设, 2009, 23(1): 55-57.
- XIE Y M, PAN R, PENG B. Study on wet-heat-aging resistance of the epoxy structural adhesives in different curing agent[J]. Engineering and Construction, 2009, 23(1): 55-57.
- [16] 朱浩然, 郭立宇, 李志新, 等. 橡胶件硫化工艺参数控制系统研究[J]. 航空维修与工程, 2020(2): 52-54.
- ZHU H R, GUO L Y, LI Z X, et al. Research on the control system of curing process parameter for rubber parts[J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2020(2): 52-54.
- [17] 戴果华, 余致廷, 熊均泉. 模糊温度控制系统在橡塑制品硫化工艺中的应用[J]. 长沙航空职业技术学院学报, 2005, 5(2): 27-30.
- DAI G H, SHE Z T, XIONG J Q. The application of fuzzy temperature control system for vulcanization of rubber and plastic products[J]. Journal of Changsha Aeronautical Vocational and Technical College, 2005, 5(2): 27-30.
- [18] 卜继玲, 刘柏兵, 吴希. 硫化工艺仿真技术在橡胶弹性元件研发中的应用[J]. 机车电传动, 2021(1): 20-24.
- BU J L, LIU B B, WU X. Application of vulcanization process simulation technology in rubber elastic element research and development[J]. Electric Drive for Locomotives, 2021(1): 20-24.

收稿日期: 2021-12-16

Effect of Vulcanization Process Parameters on Adhesive Properties and Humid Heat Aging Resistance of NR Compound Shock-absorbing Bushing for Automobile

HE Fangke, HU Yuyou, DING Binxuan, LI Jian

(Jianxin Zhao's Group Corp., Ninghai 315600, China)

Abstract: The effects of vulcanization process parameters on the adhesive properties and humid heat aging resistance of the natural rubber (NR) compound shock-absorbing bushing for automobile were studied by orthogonal experiments. The results showed that, the shore A hardness of the NR compound increased after the humid heat aging, and the tensile strength and elongation at break decreased. The vulcanization process parameters to achieve the best and stable adhesive properties of the NR compound shock-absorbing bushing were as follows: vulcanization time 600 s, vulcanization temperature 155 °C, injection pressure 21 MPa. After the humid heat aging under a temperature of 70 °C and a relative humidity of 85%~100% for 504 h, the average value of the maximum destructive force of the NR compound shock-absorbing bushing was 22.74 kN, and the rubber covering percentage after damage was 100%, which met the requirements of the adhesion between the rubber material and metal framework of the NR compound shock-absorbing bushing.

Key words: shock-absorbing bushing; automotive; NR; vulcanization process parameter; adhesive property; maximum destructive force; humid heat aging resistance