

间苯二甲酰肼在低滚动阻力轮胎中的应用

王菲菲, 承齐明, 白浩, 陆晓祺

(中策橡胶集团股份有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要: 研究间苯二甲酰肼DC-02(简称DC-02)在低滚动阻力轮胎中的应用。结果表明:在基部胶和胎侧胶中加入DC-02,胶料的门尼粘度增大,门尼焦烧时间缩短,硫化特性和物理性能变化不大,动态生热明显降低,DC-02的用量以0.1~0.5份为宜;成品轮胎的滚动阻力降低,高速和耐久性能满足国家标准要求。

关键词: 间苯二甲酰肼;轮胎;基部胶;胎侧胶;炭黑分散性;生热;滚动阻力

中图分类号: TQ330.38⁺7;U463.341⁺.4

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2022)04-0227-03

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2022.04.0227



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

经济发展离不开运输,而轮胎是运输过程中不可忽视的一个产品,特别是2060年“碳中和”国家战略的提出,使得节油、环保汽车轮胎的制造成为一项重要工作。

轮胎的节油性能主要通过轮胎滚动阻力来表征^[1-2],欧盟、日本和中国都先后出台了轮胎标签法,对轮胎滚动阻力进行分级。目前各大轮胎企业主要是通过降低胎面胶生热来降低轮胎滚动阻力,但根据轮胎仿真结果^[3],胎面胶的滚动阻力约占轮胎的36%。轮胎在行驶过程中,胎侧胶的硬度小,屈挠变形大,基部胶连接胎面和带束层,屈挠变形也较大,这两个部位也是滚动阻力影响较大的部件,因此降低胎侧胶和基部胶的生热,是降低轮胎滚动阻力比较重要的一环。

轮胎基部胶和胎侧胶一般采用天然橡胶(NR)与丁二烯橡胶并用、炭黑填充体系进行配方设计,但若炭黑在NR中的分散性差,反而会提高胶料生热,对降低滚动阻力不利。间苯二甲酰肼DC-02(简称DC-02)是一种酰肼类化合物,属于NR低生热改性剂^[4],能与NR分子链末端和炭黑表面官能团发生反应,形成NR与炭黑之间的偶联,从而改善炭黑分散性,降低胶料生热。

本工作研究DC-02在低滚动阻力轮胎基部胶

和胎侧胶中的应用。

1 实验

1.1 主要原材料

NR,SVR3L,越南产品;镍系顺丁橡胶(BR),牌号9000,中国石油大庆石化分公司产品;钕系BR,牌号CB24,阿朗新科高性能弹性体(常州)有限公司产品;炭黑N330,N550和N660,卡博特(中国)投资有限公司产品;DC-02,大冢化学(上海)有限公司产品。

1.2 试验配方

试验配方见表1。

1.3 主要设备和仪器

PHM-2.2小型实验室密炼机,璧宏机械工业股份有限公司产品;S(X)K-160型开炼机,上海

表1 试验配方 份

组 分	基部胶		胎侧胶	
	试验配方	生产配方	试验配方	生产配方
NR	80	80	40	40
BR9000	20	20	0	0
BR CB24	0	0	60	60
炭黑N330	0	0	5	5
炭黑N550	0	0	35	35
炭黑N660	41.5	41.5	0	0
氧化锌	4	4	2.7	2.7
硬脂酸	1.2	1.2	1.7	1.7
DC-02	0.3	0	0.3	0
硫黄	3.2	3.2	1.8	1.8
其他	5.5	5.5	10.5	10.5

作者简介:王菲菲(1990—),女,浙江金华人,中策橡胶集团股份有限公司工程师,学士,主要从事半钢子午线轮胎配方设计及新材料研发工作。

E-mail: wangfeifei511@126.com

市拓林轻化机械厂产品;M200E型门尼粘度仪,北京友深电子仪器有限公司产品;GT-2000A型无转子硫化仪,上海诺甲仪器仪表有限公司产品;RPA2000橡胶加工分析仪,美国阿尔法科技有限公司产品;TS-2000M型拉力试验机,中国台湾高铁检测仪器有限公司产品;VR-7120型动态热机械分析仪,日本UESHIMA公司产品。

1.4 混炼工艺

胶料分两段混炼,均在密炼机中进行。一段混炼转子转速为 $60\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,混炼工艺为:投入生胶、炭黑、氧化锌、硬脂酸、DC-02等→升温至 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$,提压砣→压压砣→升温至 $130\text{ }^{\circ}\text{C}$,提压砣清扫→升温至 $155\text{ }^{\circ}\text{C}$,排胶→在开炼机上下片,放置4 h;二段混炼转子转速为 $25\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,混炼工艺为:投入一段混炼胶、硫黄、促进剂→混炼20 s,提压砣→压压砣→混炼20 s,提压砣→压压砣→升温至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,排胶→开炼机薄通6次后出片。

1.5 性能测试

各项性能均按相应的国家或企业标准测试。

2 结果与讨论

2.1 DC-02与NR的作用机理

DC-02的结构式如图1所示,DC-02与NR的反应如图2所示。

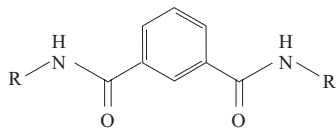


图1 DC-02的结构式

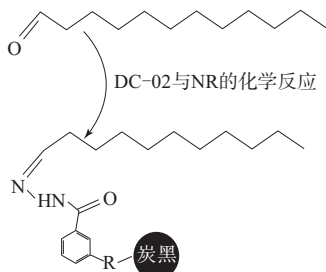


图2 DC-02与NR的化学反应示意

从图1和2可以看出,DC-02的一端可与NR的分子链末端醛基反应,另一端与炭黑结合,形成类似的偶联体,从而提高炭黑分散性,降低NR/炭黑胶料的生热和滚动阻力。

2.2 胶料性能

DC-02对胶料性能的影响如表2所示, $\tan\delta$ 为损耗因子。

表2 DC-02对胶料性能的影响

项 目	基部胶		胎侧胶	
	试验配方	生产配方	试验配方	生产配方
门尼粘度[ML(1+4) 100 $^{\circ}\text{C}$]	57	52	51	46
门尼焦烧时间 t_5 (127 $^{\circ}\text{C}$)/min	11.5	12.4	22.5	22.6
硫化仪数据(160 $^{\circ}\text{C}$)				
F_L /(dN $\cdot$ m)	1.59	1.50	1.78	1.67
$F_{\max}$ /(dN $\cdot$ m)	14.43	14.89	11.72	10.97
t_{10} /min	1.3	1.4	3.1	3.2
t_{90} /min	3.1	3.5	6.7	6.7
密度/(Mg $\cdot$ m $^{-3}$)	1.098	1.091	1.079	1.080
邵尔A型硬度/度	58	57	55	52
100%定伸应力/MPa	2.5	2.5	1.4	1.3
300%定伸应力/MPa	10.8	10.5	5.0	5.0
拉伸强度/MPa	19.1	20.0	11.3	12.5
拉伸伸长率/%	441	455	543	592
撕裂强度/(kN $\cdot$ m $^{-1}$)	26	29	34	43
屈挠试验				
次数			192 217	192 217
裂口			无	无
60 $^{\circ}\text{C}$ 时的 $\tan\delta$	0.027	0.031	0.086	0.104

注:硫化条件为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}\times 15\text{ min}$ 。

从表2可以看出:在基部胶和胎侧胶中加入DC-02,胶料的门尼粘度增大,加工性能变差,门尼焦烧时间缩短,硫化特性无明显变化;硫化胶的硬度增大,撕裂强度减小,其他物理性能变化不大。分析认为:DC-02的加入会形成NR/DC-02/炭黑的偶联体,增加了配方中的结合胶,造成门尼粘度增大;同时这种偶联体能提供更好的补强效果,造成硬度也会增大。因此,DC-02的用量应有所控制,建议在0.1~0.5份之间。

从表2还可以看出,在基部胶和胎侧胶中加入DC-02,胶料60 $^{\circ}\text{C}$ 时的 $\tan\delta$ 都有所下降,说明其确实可以提高炭黑的分散性,降低胶料的动态生热,这对降低轮胎滚动阻力是有利的,因此生产成品轮胎进行滚动阻力验证。

2.3 成品性能

采用试验配方胶料生产205/60R16 92H轮胎,并对其进行滚动阻力、高速和耐久性能测试,结果如表3—5所示。

表3 成品轮胎的滚动阻力测试结果

项 目	试验轮胎	生产轮胎
试验速度/(km·h ⁻¹)	80.02	80.01
动半径/m	0.297 8	0.298 3
轮胎质量/kg	9.27	9.26
滚动阻力系数(25℃)/ (N·kN ⁻¹)	7.8	8.0

表4 成品轮胎的高速性能测试结果

试验阶段	行驶速度/ (km·h ⁻¹)	测试时间/min	
		试验轮胎	生产轮胎
1	210	10	10
2	220	10	10
3	230	10	10
4	240	10	10
5	250	10	10
6	260	10	10
7	270	10	10

注:试验负荷为630 kg;高速性能国家标准要求在210 km·h⁻¹下保持10 min。

表5 成品轮胎的耐久性能测试结果

试验阶段	负荷率/%	行驶时间/h	
		试验轮胎	生产轮胎
1	85	4	4
2	90	6	6
3	100	24	24
4	110	10	10
5	120	10	10
6	130	10	10
7	140	10	10
8	150	46	46

注:额定负荷为630 kg;耐久性能国家标准要求在120 km·h⁻¹下行驶34 h以上。

从表3可以看出,与生产轮胎相比,试验轮胎

的滚动阻力系数减小了0.2 N·kN⁻¹,滚动阻力降低2.5%。从表4和5可以看出,试验轮胎的高速和耐久性能均满足国家标准要求,且与生产轮胎处于同等水平。

3 结论

(1)DC-02作为一种酰肼类化合物,其一端可与NR末端的醛基发生反应,另一端与炭黑结合,能提高NR/炭黑胶料的分散性,降低胶料的生热和滚动阻力。

(2)在基部胶和胎侧胶中加入DC-02,不会对胶料的硫化特性和物理性能产生明显影响,但用量应控制在0.1~0.5份之间,否则会带来加工困难的问题。

(3)采用DC-02生产的成品轮胎滚动阻力下降,高速和耐久性能均满足国家标准要求。DC-02在低滚动阻力轮胎中具有较好的应用前景。

参考文献:

[1] ZHANG P, MORRIS M, DOSHI D. Materials development for lowering rolling resistance of tires[J]. Rubber Chemistry and Technology, 2016, 89(1): 79-116.

[2] 张瑞,郑龙,许宗超,等. 氧化石墨烯对绿色轮胎胎面胶用复合材料结构与性能的影响[J]. 橡胶工业, 2021, 68(11): 827-831.

[3] 尤金艳,臧孟炎. 乘用车子午线轮胎滚动阻力的有限元仿真分析[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(31): 8469-8473.

[4] 蒂耶 J,德兰特希尔 S,肖万 B. 基于天然橡胶和含二酰肼的增强无机填料的组合物[P]. 中国:CN 102257056A, 2011-11-23.

收稿日期:2022-01-19

Application of M-phthaloyl Hydrazide in Low Rolling Resistance Tire

WANG Feifei, CHENG Qiming, BAI Hao, LU Xiaoqi

(Zhongce Rubber Group Co., Ltd, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The application of m-phthaloyl hydrazide DC-02 in low rolling resistance tire was studied. The results showed that by adding DC-02 in the base compound and sidewall compound, the Mooney viscosity of the compounds increased, the scorch time was shortened, the vulcanization characteristics and physical properties changed little and the dynamic heat build-up decreased significantly. The appropriate dosage of DC-02 was 0.1~0.5 phr. The rolling resistance of the finished tire decreased and the high speed performance and durability met the requirements of national standards.

Key words: m-phthaloyl hydrazine; tire; base compound; sidewall compound; carbon black dispersion; heat build-up; rolling resistance