

原材料·配方

甲基丙烯酸羟乙酯接枝天然橡胶对白炭黑/天然橡胶复合材料性能的影响

刘宏超,王启方,汪月琼,林文锐,李永振,余和平*

(中国热带农业科学院农产品加工研究所 广东省天然橡胶加工重点实验室,广东 湛江 524001)

摘要:研究甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA)接枝天然橡胶(NR)(NR-g-HEMA)接枝率和用量对白炭黑/NR复合材料性能的影响。结果表明:与未加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料相比,加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料的硫化速度、交联程度、邵尔A型硬度、定伸应力和撕裂强度增大,压缩疲劳温升明显降低;当NR-g-HEMA接枝率为10%和用量为10份时,白炭黑/NR复合材料的拉伸强度最大,压缩疲劳温升最低;NR-g-HEMA与NR相容性较好,加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料中白炭黑在橡胶相中分散更均匀,两者具有更强的界面结合效果。

关键词:天然橡胶;甲基丙烯酸羟乙酯;接枝;白炭黑;复合材料;拉伸强度;压缩疲劳生热

中图分类号:TQ332.6;TQ330.38⁺3

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2022)08-0597-06

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2022.08.0597



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

白炭黑/天然橡胶(NR)复合材料由于具有抗湿滑性能好、滚动阻力和生热低等优势,在轮胎工业中广泛应用。但由于白炭黑的表面极性高,其与非极性NR的相容性差,因此白炭黑极易发生团聚现象,这限制了其对NR的补强作用。通常情况下,白炭黑需要经过表面改性才能用于制备白炭黑/NR复合材料,但普遍采用的硅烷偶联剂改性白炭黑的技术大多存在效率低、污染性大等缺点^[1-3]。甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA)是一种含有活性羟基的乙烯基类单体,主要应用于涂料、胶粘剂以及医用高分子材料等^[4-12]。采用HEMA接枝改性NR,并将极性较高的HEMA接枝NR(NR-g-HEMA)用于白炭黑/NR复合材料中可提升白炭黑与NR的相容性^[13-15]。

本工作研究NR-g-HEMA接枝率和用量对白炭黑/NR复合材料性能的影响,为有效提高白炭黑/NR复合材料的力学性能和进一步拓展其应用提供参考。

1 实验

1.1 原材料

NR,SCR5,海南天然橡胶产业集团股份有限公司产品;HEMA,化学纯,上海阿拉丁生化科技股份有限公司产品;沉淀法白炭黑,工业级,广州市新稀冶金化工有限公司产品;氧化锌和硬脂酸,工业级,石家庄晟鹏化工有限公司产品;硫黄,工业级,上海朗丽化学有限公司产品;促进剂MBT和CBS,工业品,山东开普勒生物科技有限公司产

基金项目:广东省天然橡胶加工重点实验室资助项目(2019B121203004);中国热带农业科学院基本科研业务费专项资金资助项目(1630122021005)
作者简介:刘宏超(1984—),女,辽宁昌图人,中国热带农业科学院农产品加工研究所助理研究员,硕士,主要从事天然橡胶及改性天然橡胶应用的基础研究。

*通信联系人(1619219853@qq.com)

引用本文:刘宏超,王启方,汪月琼,等.甲基丙烯酸羟乙酯接枝天然橡胶对白炭黑/天然橡胶复合材料性能的影响[J].橡胶工业,2022,69(8):597-602.

Citation: LIU Hongchao, WANG Qifang, WANG Yueqiong, et al. Effects of HEMA grafted NR on properties of silica/NR composites[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(8): 597-602.

品。

1.2 主要设备和仪器

XK160型开炼机,广东省湛江机械厂产品;MDR2000型无转子硫化仪,美国阿尔法科技公司产品;XLB-U型平板硫化机,扬州市天发试验机械有限公司产品;U7-2080型万能拉力机,中国台湾优肯科技股份有限公司产品;PHILIPS XL30型扫描电子显微镜(SEM),荷兰飞利浦公司产品;Gabometer 4000型橡胶动态压缩生热仪,德国耐驰公司产品。

1.3 配方

NR/NR-g-HEMA 100,白炭黑 30,氧化锌 5,硬脂酸 1.5,硫黄 1,促进剂MBT 0.4,促进剂CBS 1。

考察NR-g-HEMA接枝率对白炭黑/NR复合材料性能的影响时,采用10份NR-g-HEMA,其接枝率(质量分数)分别为0,5%,10%,15%和20%;考察NR-g-HEMA用量对白炭黑/NR复合材料性能的影响时,采用接枝率为10%的NR-g-HEMA,其用量分别为0,5,10,15,20和30份。

1.4 试样制备

将NR和NR-g-HEMA先在开炼机上薄通2次,塑炼1 min,加入硬脂酸后3/4割刀1次,加入氧化锌和硫黄后3/4割刀1次,加入白炭黑后割刀2次,加入促进剂MBT和CBS后割刀3次,取出胶料,调整辊距,再加入胶料并打卷和过辊6次,胶料混炼均匀后出片。

将停放15 h的混炼胶在平板硫化机上硫化,硫化条件为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}\times t_{90}$ 。

1.5 测试分析

(1) 硫化特性。采用无转子硫化仪按GB/T 16584—1996《橡胶 用无转子硫化仪测定硫化特性》测试混炼胶的硫化特性,测试温度为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$,时间为30 min。

(2) 物理性能。采用万能拉力机分别按GB/T 528—2009《硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定》和GB/T 529—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶撕裂强度的测定(裤形、直角形和新月形试样)》测试硫化胶的拉伸性能和撕裂强度,其中撕裂强度测试采用直角形试样。

(3) SEM分析。硫化胶经液氮脆断,采用SEM

观察其断面形态。

(4) 压缩疲劳生热。采用橡胶动态压缩生热仪测试硫化胶的压缩疲劳温升,测试条件为冲程4.45 mm,负荷 1 MPa,温度 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$,压缩频率 50 Hz,时间 30 min。

2 结果与讨论

2.1 NR-g-HEMA接枝率对白炭黑/NR复合材料性能的影响

2.1.1 硫化特性

不同NR-g-HEMA接枝率的白炭黑/NR复合材料的硫化特性如表1所示。

表1 不同NR-g-HEMA接枝率的白炭黑/NR复合材料的硫化特性

Tab. 1 Vulcanization characteristics of silica/NR composites with different NR-g-HEMA grafting rates

项 目	NR-g-HEMA接枝率/%				
	0	5	10	15	20
$F_L/(dN\cdot m)$	0.76	0.76	0.55	0.50	0.68
$F_{max}/(dN\cdot m)$	7.50	8.89	9.12	8.39	8.94
$F_{max}-F_L/(dN\cdot m)$	6.74	8.13	8.57	7.89	8.26
t_{s1}/min	1.58	1.39	1.21	1.18	1.25
t_{10}/min	1.55	1.37	1.19	1.15	1.23
t_{90}/min	4.44	3.44	3.18	3.04	4.09

由表1可以看出,与未加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料相比,加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料的 $F_{max}-F_L$ 增大, t_{10} 和 t_{90} 缩短。这是由于NR-g-HEMA的羟基增强了橡胶与白炭黑之间的界面结合,从而减弱了白炭黑粒子之间的相互作用,且NR-g-HEMA的加入可以提高白炭黑/NR复合材料的硫化速度和交联程度,从而有利于复合材料的力学性能提高。

2.1.2 物理性能

不同NR-g-HEMA接枝率的白炭黑/NR复合材料的物理性能如表2所示。

从表2可以看出:与未加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料相比,加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料的邵尔A型硬度、300%定伸应力、500%定伸应力、拉伸强度以及撕裂强度增大,且随着NR-g-HEMA接枝率的提高而逐渐增大,这是因为NR-g-HEMA的加入,增强了复合材料中橡胶与白炭黑之间的相互作用;随着NR-g-HEMA接枝率的增大,白炭黑/NR复合材料的拉断伸长率逐渐

表2 不同NR-g-HEMA接枝率的白炭黑/NR复合材料的物理性能

项 目	NR-g-HEMA接枝率/%				
	0	5	10	15	20
邵尔A型硬度/度	45	46	46	47	49
300%定伸应力/MPa	3.5	4.0	4.4	4.5	4.6
500%定伸应力/MPa	10.5	12.4	13.6	14.2	14.3
拉伸强度/MPa	18.8	19.6	22.2	21.3	20.4
拉断伸长率/%	645	607	599	589	584
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	25	27	30	30	31

减小,这是因为NR-g-HEMA的加入,导致复合材料的弹性下降;白炭黑/NR复合材料的拉伸强度呈先增大后减小的趋势,在NR-g-HEMA接枝率为10%时,复合材料的拉伸强度达到最大,为22.2 MPa,这是因为当NR-g-HEMA接枝率过大时,复合材料的弹性较差,白炭黑在橡胶相中分散不均匀,复合材料的拉伸性能下降。

2.1.3 压缩疲劳生热性能

不同NR-g-HEMA接枝率的白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升如图1所示。

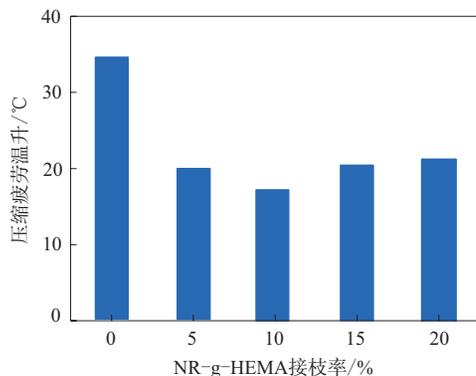


图1 不同NR-g-HEMA接枝率的白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升

Fig. 1 Compression fatigue temperature rises of silica/NR composites with different NR-g-HEMA grafting rates

由图1可以看出:未加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升为34 °C左右,而加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升均大幅度降低;当NR-g-HEMA接枝率为10%时,白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升最低,仅为17 °C左右;继续增大NR-g-HEMA接枝率,白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升呈升高趋势;当NR-g-HEMA接枝率达到20%时,白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升超过21 °C,这是

因为适当的NR-g-HEMA接枝率可以增强橡胶与白炭黑的界面结合,当NR-g-HEMA接枝率过大时,白炭黑/NR复合材料的邵尔A型硬度偏大,复合材料压缩时容易产生内生热^[16-18]。

2.2 NR-g-HEMA用量对白炭黑/NR复合材料性能的影响

2.2.1 硫化特性

不同NR-g-HEMA用量的白炭黑/NR复合材料的硫化特性如表3所示。

表3 不同NR-g-HEMA用量的白炭黑/NR复合材料的硫化特性

Tab. 3 Vulcanization characteristics of silica/NR composites with different NR-g-HEMA amounts

项 目	NR-g-HEMA用量/份					
	0	5	10	15	20	30
F_L /(dN·m)	0.76	0.94	0.55	1.03	0.85	0.71
F_{max} /(dN·m)	7.50	8.24	9.12	8.51	8.35	7.94
$F_{max}-F_L$ /(dN·m)	6.74	7.30	8.57	7.48	7.50	7.23
t_{s1} /min	1.58	1.18	1.21	1.22	1.22	1.20
t_{10} /min	1.55	1.15	1.19	1.20	1.19	1.17
t_{90} /min	4.44	3.51	3.18	3.06	2.55	2.57

由表3可以看出:随着NR-g-HEMA用量的增大,白炭黑/NR复合材料的 t_{90} 总体缩短;当NR-g-HEMA用量为10份时,白炭黑/NR复合材料的 F_{max} 和 $F_{max}-F_L$ 最大,表明白炭黑粒子之间的作用力最小,而橡胶与白炭黑之间的相互作用力最大,复合材料的交联程度最大,这是因为白炭黑与NR-g-HEMA的相互作用增强了白炭黑在橡胶相中的分散程度^[19-21]。

2.2.2 物理性能

不同NR-g-HEMA用量的白炭黑/NR复合材料的物理性能如表4所示。

表4 不同NR-g-HEMA用量的白炭黑/NR复合材料的物理性能

Tab. 4 Physical properties of silica/NR composites with different NR-g-HEMA amounts

项 目	NR-g-HEMA用量/份					
	0	5	10	15	20	30
邵尔A型硬度/度	45	45	46	47	47	48
300%定伸应力/MPa	3.5	3.8	4.4	4.5	4.6	4.8
500%定伸应力/MPa	10.5	11.4	13.6	13.3	14.4	14.7
拉伸强度/MPa	18.8	20.2	22.2	20.0	19.2	18.3
拉断伸长率/%	645	633	599	582	550	575
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	25	29	30	30	30	30

从表4可以看出:加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料的邵尔A型硬度、300%定伸应力、500%定伸应力以及撕裂强度均大于未加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料;随着NR-g-HEMA用量的增大,白炭黑/NR复合材料的邵尔A型硬度、300%定伸应力、500%定伸应力以及撕裂强度呈增大趋势,拉断伸长率呈减小趋势,这是由于NR-g-HEMA的加入,增强了白炭黑/NR复合材料中橡胶与白炭黑之间的相互作用,降低了复合材料的弹性;当NR-g-HEMA的用量为10份时,白炭黑/NR复合材料的拉伸强度达到最大,这是因为当NR-g-HEMA用量过大时,更多的白炭黑粒子分散于NR-g-HEMA中,而不与NR基体结合。

2.2.3 压缩疲劳生热性能

不同NR-g-HEMA用量的白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升如图2所示。

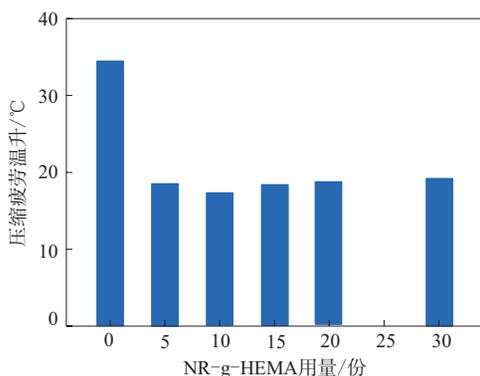


图2 不同NR-g-HEMA用量的白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升

Fig. 2 Compression fatigue temperature rises of silica/NR composite with different NR-g-HEMA amounts

从图2可以看出:加入NR-g-HEMA后白炭黑/NR复合材料的压缩疲劳温升急剧降低;当NR-g-HEMA用量为10份时,复合材料的压缩疲劳温升最低;继续增大NR-g-HEMA用量,白炭黑/NR复合材料压缩疲劳温升又升高,但变化幅度不大,说明加入少量的NR-g-HEMA即可以提高白炭黑/NR复合材料的抗压疲劳生热性能。

2.2.4 SEM分析

不同NR-g-HEMA用量的白炭黑/NR复合材料的SEM照片如图3所示。

从图3可以看出:未加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料中白炭黑在橡胶相中分散不均匀,

白炭黑团聚现象严重,影响白炭黑对橡胶的补强效果;加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料中白炭黑在橡胶相中分布较均匀,白炭黑与橡胶的界面结合相对紧密,白炭黑未出现明显的团聚现象,且NR-g-HEMA与NR有很好的相容性,当NR-g-HEMA用量较大时,白炭黑与橡胶仍未出现明显的相分离,表明NR-g-HEMA的加入,有利于白炭黑在橡胶相中分散,增强了白炭黑/NR复合材料的界面结合效果,从而提高复合材料的力学性能,这与物理性能试验结果相一致。

3 结论

(1)与未加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料相比,加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料的硫化速度、交联程度、邵尔A型硬度、300%定伸应力、500%定伸应力以及撕裂强度增大,压缩疲劳温升明显降低。

(2)当NR-g-HEMA接枝率为10%和用量为10份时,白炭黑/NR复合材料的拉伸强度最大,压缩疲劳温升最低。

(3)NR-g-HEMA与NR相容性较好,且加入NR-g-HEMA的白炭黑/NR复合材料中白炭黑在橡胶相中分散更均匀,两者具有更强的界面结合效果。

参考文献:

- [1] 付文,李美书,王丽.白炭黑改性剂对天然橡胶性能的影响[J].橡胶科技,2016,14(8):17-21.
FU W, LI M S, WANG L. Effect of silica modifiers on properties of silica filled NR compound[J]. Rubber Science and Technology, 2016, 14(8): 17-21.
- [2] 张鹏宇,王娜,杨凤,等.偶联剂对白炭黑/天然橡胶纳米复合材料性能的影响[J].材料研究学报,2015,29(8):607-612.
ZHANG P Y, WANG N, YANG F, et al. Influence of coupling agent Si69 on properties of nanocomposites of nature rubber with different sized nano-silica[J]. Chinese Journal of Materials Research, 2015, 29(8): 607-612.
- [3] 卫飞云,刘宏超,曹端林,等.HEMA接枝改性天然胶乳的制备及其粘接性能研究[J].中国胶粘剂,2013,22(6):21-25.
WEI F Y, LIU H C, CAO D L, et al. Study on the preparation and bonding properties of natural rubber latex grafted and modified by HEMA[J]. China Adhesives, 2013, 22(6): 21-25.
- [4] 吴瑞红.制备方法对纳米白炭黑/NR复合材料结构与性能的影响[J].塑料,2016,45(4):61-63.

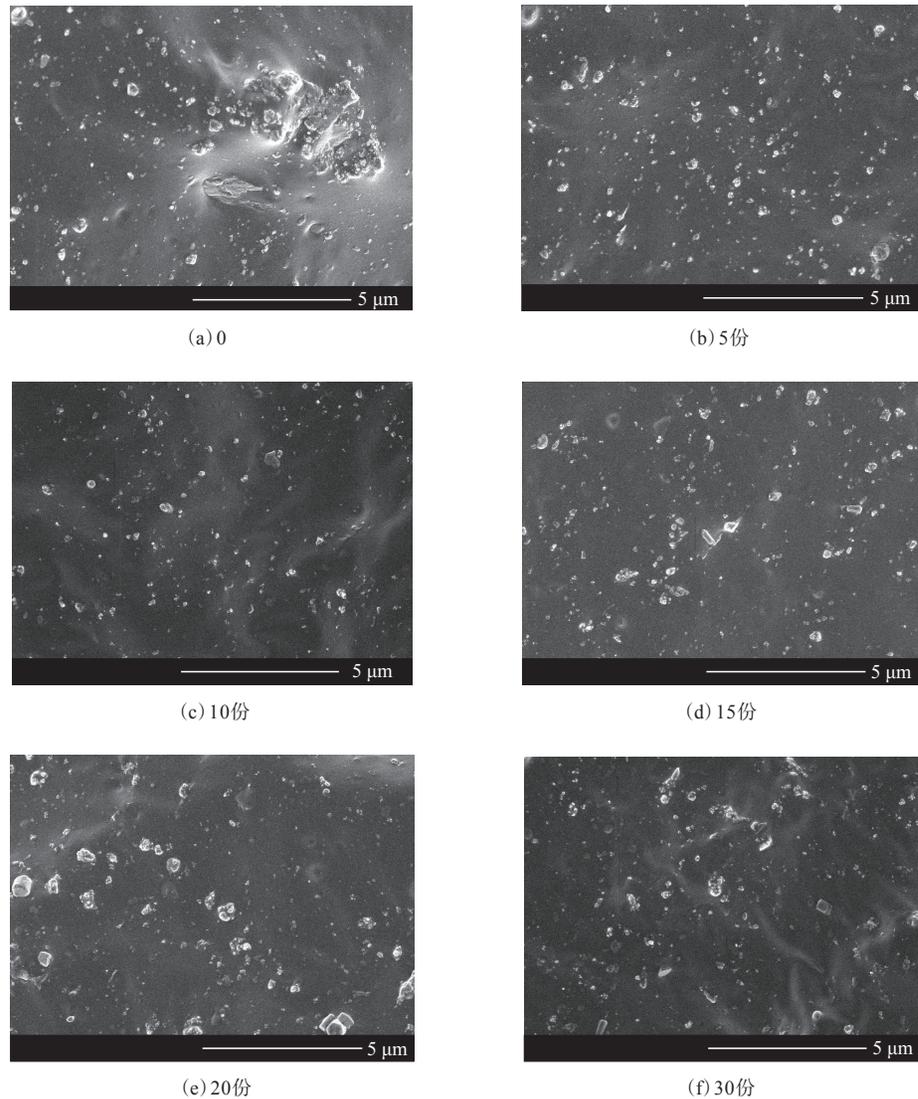


图3 不同NR-g-HEMA用量的白炭黑/NR复合材料的SEM照片
Fig. 3 SEM photos of silica/NR composites with different of NR-g-HEMA amounts

- WU R H. Effect of fabrication methods on the microstructure and properties of nano SiO_2 /NR composite[J]. *Plastics*, 2016, 45 (4) : 61-63.
- [5] 陆波, 胡军, 梁小华. HEMA接枝氯丁橡胶胶粘剂高温粘接强度的研究[J]. *中国胶粘剂*, 2020, 29 (9) : 20-23.
- LU B, HU J, LIANG X H. Study on high temperature bonding strength of HEMA grafted chloroprene rubber adhesive[J]. *China Adhesives*, 2020, 29 (9) : 20-23.
- [6] 赖华, 董德全, 陈君求, 等. 木器涂料用羟基丙烯酸乳液的合成及应用[J]. *中国涂料*, 2020, 35 (2) : 55-59.
- LAI H, DONG D Q, CHEN J Q, et al. Synthesis and application of hydroxyl acrylic emulsion for wood coatings[J]. *China Coatings*, 2020, 35 (2) : 55-59.
- [7] KWOK A K, QIAO G G, SOLOMON D H. Interpenetrating amphiphilic polymer networks of poly (2-hydroxyethyl methacrylate) and poly (ethylene oxide) [J]. *Chemistry Materials*, 2004, 16 (26) : 5650-5658.
- [8] MACIEJEWSKA M, ROGULSKA M, JÓZWICKI M, et al. Synthesis and characterization of porous copolymers of 2-hydroxyethyl methacrylate with ethylene glycol dimethacrylate[J]. *Polymers Advanced Technologies*, 2021, 32 (6) : 2566-2575.
- [9] ZASOŃSKA B A, BROŹ A, ŠLOUF M, et al. Magnetic superporous poly (2-hydroxyethyl methacrylate) hydrogel scaffolds for bone tissue engineering[J]. *Polymers*, 2021, 13 (11) : 1871.
- [10] 蒋晓茵, 冯学鹏, 盛扬, 等. 生物基可降解交联聚氨酯的合成及表征[J]. *高分子材料科学与工程*, 2017, 33 (11) : 22-28.
- JIANG X H, FENG X P, SHENG Y, et al. Synthesis and characterization of biodegradable and crosslinked polyurethane[J]. *Polymer Materials Science & Engineering*, 2017, 33 (11) : 22-28.
- [11] 朱坤婷, 余静静, 彭彬. 甲基丙烯酸羟乙酯对人牙髓组织的毒性及

- 自噬研究[J]. 口腔医学研究, 2018, 34(4): 384-387.
- ZHU K T, YU J J, PENG B. Inhibition of human dental pulp viability by 2-hydroxyethyl methacrylate[J]. Journal of Oral Science Research, 2018, 34(4): 384-387.
- [12] 姜雨辰, 陈思怡. DMAEMA/HEMA水凝胶的制备及性能表征[J]. 广东化工, 2021, 48(22): 119-121.
- JIANG Y C, CHEN S Y. Preparation and characterization of DMAEMA/HEMA hydrogel[J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48(22): 119-121.
- [13] WEI F Y, YU H P, ZENG Z Q, et al. Preparation and structural characterization of hydroxyethyl methacrylate grafted natural rubber latex[J]. Polimeros-Ciencia E Tecnologia, 2014, 24(3): 283-290.
- [14] 姚海楠, 丁雪佳. HEMA和NVP对硅橡胶亲水性能的影响[J]. 橡胶工业, 2018, 65(11): 1218-1223.
- YAO H N, DING X J. Effect of HEMA and NVP on hydrophilicity of silicone rubber[J]. China Rubber Industry, 2018, 65(11): 1218-1223.
- [15] 王琴梅. 聚氨酯表面接枝聚甲基丙烯酸羟乙酯的研制[J]. 中山医科大学学报, 2001, 22(1): 25-28.
- WANG Q M. Immobilization of poly(2-hydroxyethyl methacrylate) onto polyetherurethane surface[J]. Academic Journal of Sun Yat-sen University (Medical Sciences), 2001, 22(1): 25-28.
- [16] 付文, 刘安华, 杨军. 原位接枝改性炭黑对天然橡胶性能的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2014, 42(6): 51-56, 72.
- FU W, LIU A H, YANG J. Effects of in-situ grafting-modified carbon black on properties of natural rubber[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2014, 42(6): 51-56, 72.
- [17] 金仲, 夏忠林, 罗筑, 等. 接枝改性对芳纶纤维增强天然橡胶复合材料性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程, 2015, 31(8): 56-61.
- JIN Z, XIA Z L, LUO Z, et al. Grafting modification of aramid fiber on aramid fiber reinforced natural rubber composites[J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2015, 31(8): 56-61.
- [18] 穆娟, 丁海琴, 吕惠芳. 纳米二氧化硅增强聚氯乙烯韧性和塑化性能的研究[J]. 塑料科技, 2022, 50(1): 62-65.
- MU J, DING H Q, LYU H F. Study on toughening and plasticizing properties of PVC reinforced by nano silica[J]. Plastics Science and Technology, 2022, 50(1): 62-65.
- [19] 刘杰胜, 木子佳, 余荆城, 等. 二氧化硅填料与硅橡胶基胶相互作用研究[J]. 武汉工业学院学报, 2013(4): 27-31.
- LIU J S, MU ZI J J, YU J C, et al. Study on the interaction between the modified silica filler and the silicone rubber matrix PDMS[J]. Journal of Wuhan Polytechnic University, 2013(4): 27-31.
- [20] 方亮, 李秋影, 许海燕, 等. 炭黑表面活性对填料网络和填料与橡胶之间相互作用的影响[J]. 华东理工大学学报(自然科学版), 2008, 34(5): 684-687.
- FANG L, LI Q Y, XU H Y, et al. Effect of surface activity of carbon black on the strength of filler network and filler-rubber interaction[J]. Journal of East China University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2008, 34(5): 684-687.
- [21] 曲亮, 解希铭, 于国柱, 等. 橡胶-填料相互作用对丁苯橡胶/白炭黑复合材料性能的影响[J]. 中国科学(化学), 2014, 44(11): 1723-1732.
- QU L L, XIE X M, YU G Z, et al. Effect of rubber-filler interactions on the properties of silica filled styrene-butadiene rubber[J]. Scientia Sinica Chimica, 2014, 44(11): 1723-1732.

收稿日期: 2022-02-24

Effects of HEMA Grafted NR on Properties of Silica/NR Composites

LIU Hongchao, WANG Qifang, WANG Yueqiong, LIN Wending, LI Yongzhen, YU Heping

(Agricultural Products Processing Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang 524001, China)

Abstract: The effects of graft ratio and amount of 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) grafted natural rubber (NR) (NR-g-HEMA) on the properties of silica/NR composites were investigated. The results showed that, compared with the silica/NR composites without NR-g-HEMA, the vulcanization rate, cross-link degree, Shore A hardness, modulus and tear strength of the silica/NR composites with NR-g-HEMA increased, and the compression fatigue temperature rise decreased significantly. When NR-g-HEMA grafting rate was 10% and amount was 10 phr, the tensile strength of silica/NR composites was the largest, and the compression fatigue temperature rise was the lowest. NR-g-HEMA had good compatibility with NR, silica was more uniformly dispersed in the rubber phase with the addition of NR-g-HEMA, and the silica and rubber had stronger interfacial bonding effect.

Key words: NR; HEMA; grafting; silica; composite; tensile strength; compression fatigue heat build-up