

应用理论

片层钠基蒙脱土调控炭黑对天然橡胶/丁苯橡胶 纳米复合材料性能的影响

刘超, 吴晓辉*, 卢咏来*, 张立群

(北京化工大学 材料科学与工程学院/先进弹性体材料研究中心, 北京 100029)

摘要:采用乳液共混法先制备天然橡胶(NR)/片层钠基蒙脱土(Na-MMT)、丁苯橡胶(SBR)/Na-MMT和NR/SBR/Na-MMT母胶,再制备得到相应的NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料,研究Na-MMT对NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的微观形貌、物理性能和耐磨性能的影响。结果表明:采用NR/Na-MMT母胶共混法制备的NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料中Na-MMT的分散效果最好,剥离状态的Na-MMT占比最大,炭黑的分散明显改善,片层Na-MMT可在一定程度上调控炭黑在NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料中的偏析行为;该橡胶纳米复合材料的定伸应力、拉伸强度和拉伸伸长率最大,阿克隆磨耗量最小(0.177 cm^3),磨耗表面沟壑最浅,耐磨性能最佳。

关键词:片层钠基蒙脱土;炭黑;偏析行为;分散;天然橡胶;丁苯橡胶;纳米复合材料;耐磨性能

中图分类号:TQ330.38⁺3;TQ332.1;TQ333.1

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2023)04-0251-09

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2023.04.0251



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

天然橡胶(NR)/丁苯橡胶(SBR)纳米复合材料应用十分广泛,这是由于NR/SBR纳米复合材料既能够保持NR的拉伸结晶性能、高弹性、耐疲劳性能等优点,又能够兼顾SBR的耐磨性能和耐老化性能^[1-4]。但是由于NR与SBR的粘性和极性差异以及混炼工艺等因素影响,炭黑在NR/SBR纳米复合材料中偏析在SBR相,故NR相的炭黑含量较小,NR/SBR纳米复合材料内部易出现缺陷,从而导致NR/SBR纳米复合材料的性能下降及其产品性能不达标^[5-15]。因此,调控炭黑在NR/SBR纳米复合材料中的偏析行为非常重要。

已有文献^[16-19]报道,炭黑与无机粘土具有强烈的相互作用,无机粘土-炭黑杂化填料可以形成更强的填料网络结构,使橡胶纳米复合材料具备更好的性能。因此,无机粘土可作为炭黑的分散控

制剂,诱导炭黑均匀分散,调控炭黑在NR/SBR纳米复合材料中的偏析行为。

蒙脱土(MMT)是常用的无机粘土,可将片层钠基MMT(Na-MMT)作为炭黑的分散控制剂和胶料的补强剂,即可采用乳液共混法制备NR/Na-MMT母胶,使Na-MMT先富集在NR中,以增强NR对炭黑的吸引作用,使炭黑对SBR的选择性降低,从而实现调控炭黑在NR/SBR纳米复合材料中的偏析行为。

本工作采用乳液共混法先制备NR/Na-MMT, SBR/Na-MMT 和 NR/SBR/Na-MMT 母胶,再将母胶与其他材料共混制得相应的NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料,研究Na-MMT对NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的微观形貌、物理性能和耐磨性能的影响,以期调控炭黑在NR/

作者简介:刘超(1997—),男,河北保定人,北京化工大学在读硕士研究生,主要从事炭黑/蒙脱土/橡胶纳米复合材料性能的研究。

***通信联系人**(844344565@qq.com; luyonglai@mail.buct.edu.cn)

引用本文:刘超, 吴晓辉, 卢咏来, 等. 片层钠基蒙脱土调控炭黑对天然橡胶/丁苯橡胶纳米复合材料性能的影响[J]. 橡胶工业, 2023, 70(4): 251-259.

Citation: LIU Chao, WU Xiaohui, LU Yonglai, et al. Regulation of carbon black by lamellar sodium-based montmorillonite and its influence on properties of NR/SBR nanocomposite[J]. China Rubber Industry, 2023, 70(4): 251-259.

SBR纳米复合材料中的偏析行为提供参考。

1 实验

1.1 主要原材料

NR(全乳胶)和NR胶乳,海南天然橡胶产业集团股份有限公司产品;SBR1502和SBR1502胶乳,中国石化齐鲁石油化工公司产品;Na-MMT,吉林刘房子膨润土科技有限公司产品;盐酸,北京化工厂有限责任公司产品;炭黑N330,卡博特化工(天津)有限公司产品。

1.2 基本配方

基本配方(用量/份):NR/SBR 50/50,炭黑N330 40,MMT 2.5,氧化锌 5,硬脂酸 3,防老剂4010NA 2,石蜡 2,环烷油 6,硫黄 1.2,促进剂CBS 1.5。

1.3 主要设备与仪器

JIC-725型开炼机,湛江橡塑机械厂产品;RM-200C型密炼机,哈尔滨哈普电气技术有限责任公司产品;XQLB-350×350型平板硫化机,上海橡胶机械制造厂产品;D8 ADVANCE型X射线衍射(XRD)仪、Nano IR2-fs型原子力显微镜-红外光谱(AFM-IR)联用仪和Tensor-27型傅里叶红外光谱(FTIR)仪,德国布鲁克公司产品;H-9500型透射电子显微镜(TEM),日本日丽电器株式会社(中国)有限公司产品;AI-7000型拉力机,高铁检测仪器(东莞)有限公司产品;MZ-4061型阿克隆磨耗试验机,江苏明珠试验机械有限公司产品;MR-C3型无转子硫化仪,北京瑞达宇辰仪器有限公司产品。

1.4 试样制备

1.4.1 普通共混法NR/SBR和NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的制备

在密炼机中先加入NR和SBR共混,然后加入Na-MMT、氧化锌、防老剂4010NA、石蜡、硬脂酸,再加入炭黑和环烷油,混炼均匀后排胶至开炼机上加入硫黄和促进剂CBS,混炼均匀后出片。

将混炼胶置于平板硫化机上硫化,硫化条件为151℃/15 MPa× t_{90} 。

普通共混法制备的NR/SBR和NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料分别记为NR/SBR-A和NR/SBR/Na-MMT-A。

1.4.2 母胶共混法NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的制备

将Na-MMT分散液加入胶乳中,用质量分数为2%的盐酸絮凝橡胶/Na-MMT悬浮液,将絮凝物在70℃的烘箱中干燥至恒质量,干燥期间需每隔2h在开炼机上将橡胶/Na-MMT母胶压紧实,最终得到NR/Na-MMT母胶、SBR/Na-MMT母胶和NR/SBR/Na-MMT母胶(NR/SBR干胶质量比为1:1)。

在密炼机中先加入母胶与生胶共混,然后加入氧化锌、防老剂4010NA、石蜡、硬脂酸,再加炭黑和环烷油,混炼均匀后排胶至开炼机上加入硫黄和促进剂CBS,混炼均匀后出片。

将混炼胶置于平板硫化机上硫化,硫化条件为151℃/15 MPa× t_{90} 。

母胶共混法制备NR/SBR/MMT纳米复合材料的流程如图1所示,NR/Na-MMT,SBR/Na-

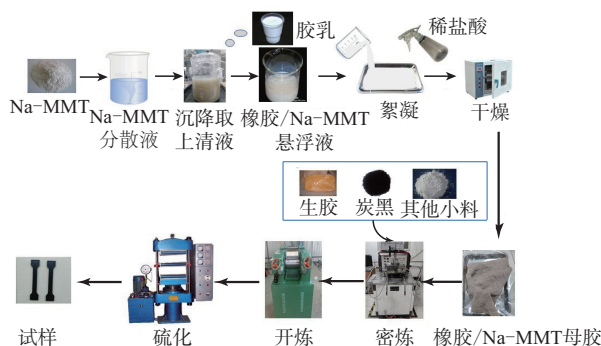


图1 母胶共混法制备NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的流程

Fig. 1 Preparation process of NR/SBR/Na-MMT nanocomposites by masterbatch blending

MMT和NR/SBR/Na-MMT母胶制备的NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料分别记为NR/SBR/Na-MMT-B1, NR/SBR/Na-MMT-B2, NR/SBR/Na-MMT-B3。

1.5 测试分析

(1) XRD分析。采用XRD仪对试样进行测试, 衍射角度(2θ) 范围为 $2^\circ \sim 10^\circ$, 扫描速度为 $1^\circ \cdot \text{min}^{-1}$, 以测定橡胶纳米复合材料中Na-MMT是否处于剥离状态。

(2) TEM分析。采用TEM对试样进行测试, 观察炭黑的分散和粘土片层的剥离和分散情况。

(3) FTIR分析。采用FTIR仪对试样进行测试, 波数范围为 $500 \sim 4\,000\text{ cm}^{-1}$ 。

(4) 纳米红外分析。采用AFM-IR联用仪, 在Tapping模式下并以SBR的特征峰波长为固定波长, 对试样表面进行观察, 可同时得到试样某一区域的特征峰成像图和红外相位图。

(5) 物理性能。邵尔A型硬度按照GB/T 531.1—2008进行测试; 拉伸性能按照GB/T 528—2009进行测试; 撕裂强度按照GB/T 529—2008进行测试, 拉伸速度均为 $500\text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

(6) 耐磨性能。按照GB/T 1689—2014进行测试。

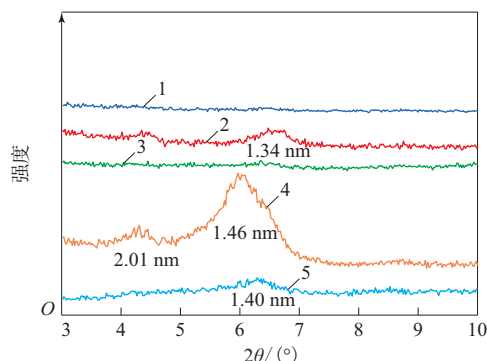
2 结果与讨论

2.1 XRD分析

NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的XRD谱如图2所示。

从图2可以看出: NR/SBR-A没有出现衍射峰, 这是因为未加入Na-MMT; NR/SBR/Na-MMT-A是采用普通共混法混炼的, 故很难在NR/SBR熔体中实现Na-MMT的剥离和插层, 因此仅在Na-MMT层间距为 1.34 nm 处存在低强度的衍射峰。

从图2还可以看出, NR/SBR/Na-MMT-B1的衍射峰不明显, 这可能因为NR的相对分子质量高达数百万, NR/Na-MMT悬浮液在絮凝过程中Na-MMT充分剥离, 分散效果好。NR/SBR/Na-MMT-B2存在2个衍射峰: 在Na-MMT层间距为 2.01 nm 处存在1个低强度的衍射峰, 这是由于Na-



1—NR/SBR-A; 2—NR/SBR/Na-MMT-A; 3—NR/SBR/Na-MMT-B1; 4—NR/SBR/Na-MMT-B2; 5—NR/SBR/Na-MMT-B3。1.34, 1.40, 1.46和2.01为Na-MMT层间距。

图2 NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的XRD谱
Fig. 2 XRD spectra of NR/SBR/Na-MMT nanocomposites

MMT与SBR分子链插层, 导致Na-MMT的层间距增大, 但该衍射峰强度较低, 说明Na-MMT的剥离程度较低; 在Na-MMT层间距为 1.46 nm 处衍射峰强度很高, 表明硫化时的高温高压使Na-MMT重新聚集, 其层间距减小, 分散性变差。NR/SBR/Na-MMT-B3在层间距为 1.40 nm 处存在1个低强度的衍射峰, 而在层间距为 2.0 nm 附近没有出现衍射峰, 说明Na-MMT的聚集程度较高, 分散性较差。

由于XRD无法观察到Na-MMT的剥离状态, 故采用TEM直观地观察Na-MMT的剥离、插层和聚集状态。

2.2 TEM分析

NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的TEM图像如图3所示。

由图3(a)可见, NR/SBR-A中不含片层Na-MMT; 由图3(b) — (e)可见, 4种NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料中都存在片层Na-MMT, 且可以观察到Na-MMT的聚集、插层和剥离, 但不同橡胶纳米复合材料中的Na-MMT的分散状态又各不相同。

由图3(b)可见, 普通共混法NR/SBR/Na-MMT-A中Na-MMT呈微米级分散, 达不到纳米级的分散和补强效果。

由图3(c)可见, NR/SBR/Na-MMT-B1中MMT的分散效果最好, 剥离状态的Na-MMT占比

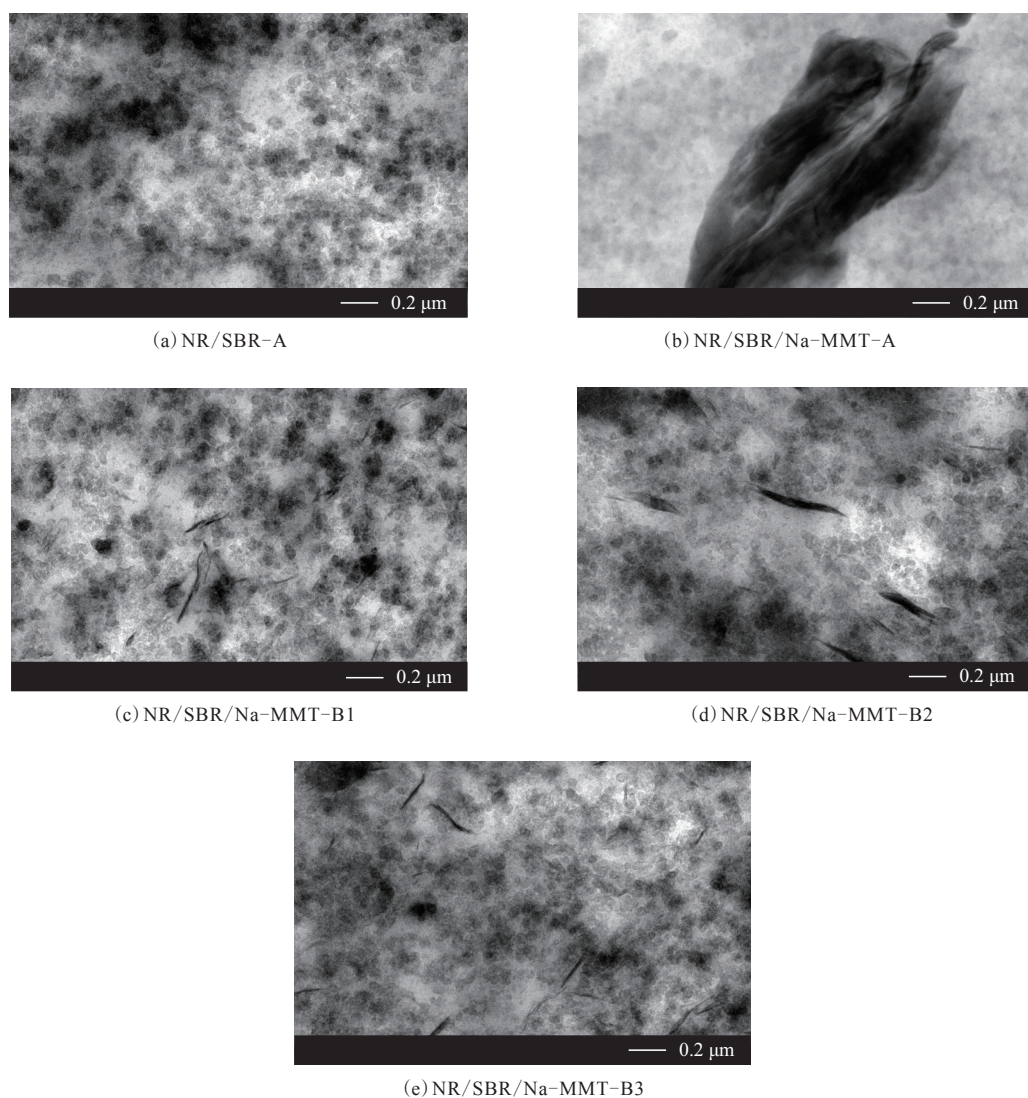


图3 NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的TEM照片
Fig. 3 TEM photos of NR/SBR/Na-MMT nanocomposites

最大,且Na-MMT与炭黑的填料网络结构最强。这是因为NR的相对分子质量高,为数百万,因此NR分子链的缠绕性好,采用母胶共混法引入Na-MMT时,Na-MMT被NR大分子链紧密缠绕和包裹,非常有利于Na-MMT的剥离。另外,NR/SBR/Na-MMT-B1纳米复合材料中Na-MMT在混炼初期主要分布在NR相中,Na-MMT与炭黑形成复杂的杂化填料网络结构,缠结和吸引部分炭黑,这在一定程度上阻止炭黑偏析到SBR中,从而改善了炭黑分布,同时也降低了炭黑富集在SBR中对MMT的挤压作用。

由图3(d)和(e)可见,NR/SBR/Na-MMT-B2

和NR/SBR/Na-MMT-B3中Na-MMT的剥离程度低。分析认为,SBR的相对分子质量为数十万,与NR相差1个数量级,采用母胶共混法引入Na-MMT时,SBR分子链对Na-MMT的缠结作用弱,导致Na-MMT剥离程度低,且Na-MMT在SBR中的分布会使炭黑更难向NR中分散。

但TEM不能分辨橡胶基体,故不能观察炭黑的偏析行为,因此为了观察Na-MMT对炭黑的偏析行为的影响进行纳米红外分析。

2.3 纳米红外分析

NR和SBR的FTIR光谱如图4所示。

从图4可以看出,NR和SBR具有不同的特征基

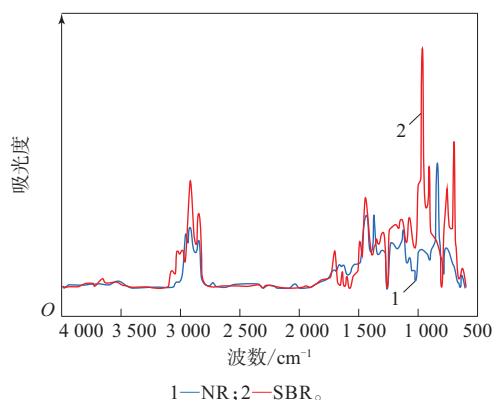


图4 NR和SBR的FTIR光谱

Fig. 4 FTIR spectra of NR and SBR

团,在波数约为 966 cm^{-1} 时,SBR具有强度很高的聚丁二烯特征峰,而NR没有。

纳米红外分析(也称为AFM-IR联用分析)的AFM相位图对材料的表面性质包含表面形貌、结构、硬度、粘弹性等高度敏感,由于NR的弹性模量高于SBR,NR区域在相位图中的信号强度会高于SBR区域,而NR/SBR纳米复合材料中炭黑富集区域的模量同样较高,其在相位图中信号强度也较高,因此只靠相位图无法确定AFM相位图中信号强度高的区域是NR还是炭黑富集区域的橡胶。

纳米红外分析可以确定相位图中每一区域对应橡胶的性质,即同时分析同一区域的纳米红外特征峰成像图和相位图,因此可以判断相位图中信号强度高的区域对应橡胶的性质。纯NR/SBR并用胶的纳米红外分析表明,NR区域对应的相位图区域的信号强度高,SBR区域对应的相位图区域的信号强度低^[20]。当加入炭黑后NR/SBR纳米复合材料的纳米红外分析结果与纯NR/SBR并用胶一致,表明填料分布均匀,并未发生严重的偏析;当加入炭黑后NR/SBR纳米复合材料的NR区域对应的相位图区域的信号强度低,SBR区域对应的相位图区域的信号强度高,则说明填料的偏析行为影响了NR和SBR的模量,炭黑分布不均匀。

同一区域的纳米红外特征峰成像图与相位图难以联合分析,为了同时观察测试区域的特征峰成像图和相位图,将纳米红外特征峰成像图中特征峰强度低的NR区域选定,染为绿色,将其置于相位图上。

NR/SBR-A的纳米红外分析图像的优化方法

如图5所示。其中,图5(a)为NR/SBR-A的纳米红外特征峰成像图,图5(c)为NR/SBR-A的同一区域的相位图。将图5(a)中特征峰强度低的NR区域选定并染为绿色(将染为绿色的区域称为NR区域),并导出得到图5(b)。将图5(b)叠放在图5(c)上,得到图6(a)。将所有NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的纳米红外图像都按照图5方式进行处理,即优化后的NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的纳米红外分析图像如图6所示。

从图6(a)可以看出,NR/SBR-A的NR区域大部分都位于相位图中信号强度低的区域,说明NR

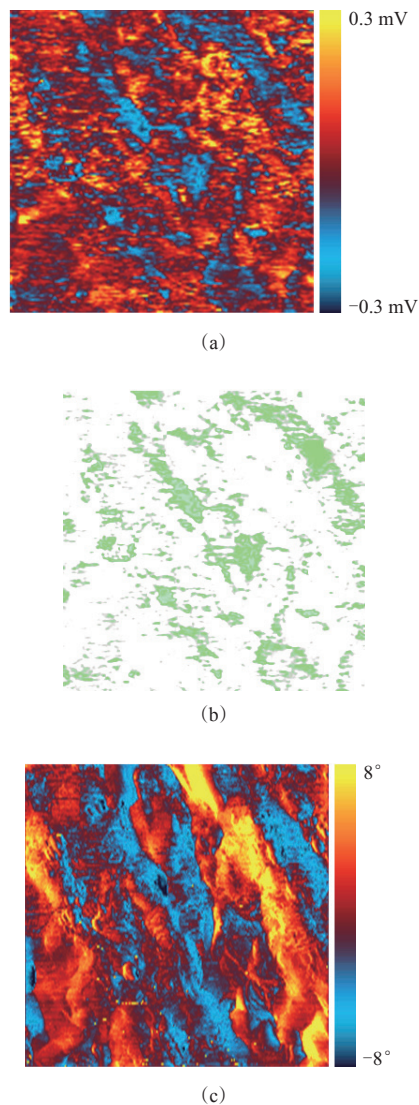


图5 NR/SBR-A的纳米红外分析图像的优化方法示意

Fig. 5 Schematics of optimized method for nano-infrared analysis images of NR/SBR-A

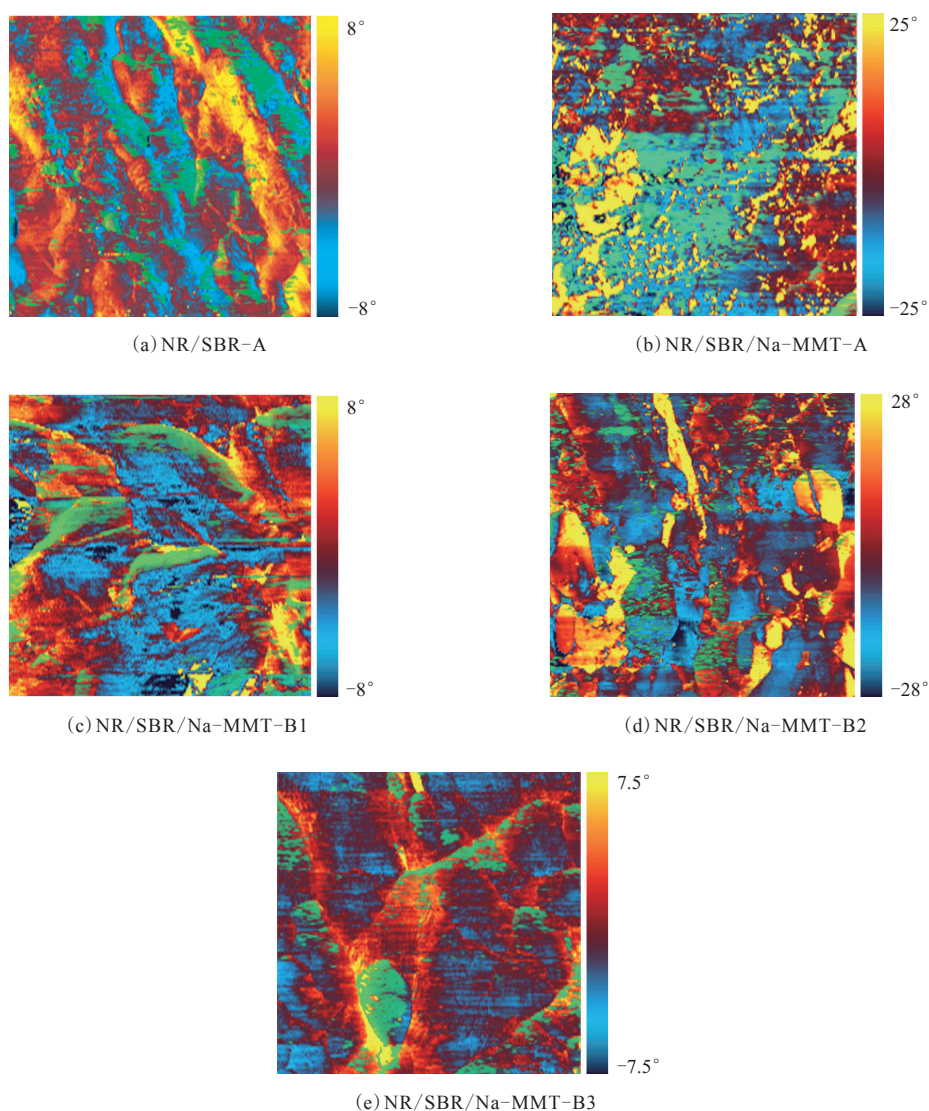


图6 优化后NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的纳米红外分析图像

Fig. 6 Optimized nano-infrared analysis images of NR/SBR/Na-MMT nanocomposites

区域的弹性模量低于SBR区域,炭黑未富集在NR中,因此在NR/SBR-A中炭黑主要分布在SBR相中。

从图6(b)可以看出,NR/SBR/Na-MMT-A的纳米红外相位图不均匀细化,且NR区域多数位于相位图中信号强度低的区域,规律与NR/SBR-A结果相一致,未达到调控炭黑偏析的效果。

从图6(c)可以看出,NR/SBR/Na-MMT-B1的NR区域在相位图中高信号强度区域的分布比例明显增大,说明炭黑在NR相与SBR相的偏析行为得到明显调控。

从图6(d)可以看出,NR/SBR/Na-MMT-B2的NR区域分布杂乱无规律,在相位图中高信号强

度和低信号强度区域都有所分布,说明炭黑在NR相与SBR相的分散并未有明显改善。

从图6(e)可以看出,NR/SBR/Na-MMT-B3的NR区域主要位于相位图中信号强度低的区域,规律与NR/SBR-A的结果相一致,未达到改善炭黑分布的效果。

综上所述,采用NR/Na-MMT母胶共混法引入Na-MMT,对炭黑在NR/SBR纳米复合材料中的偏析行为具有较为明显的调控作用。

2.4 物理性能

NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的物理性能如表1所示。

表1 NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的物理性能
Tab. 1 Physical properties of NR/SBR/Na-MMT nanocomposites

项 目	NR/SBR-A	NR/SBR/Na-MMT-A	NR/SBR/Na-MMT-B1	NR/SBR/Na-MMT-B2	NR/SBR/Na-MMT-B3
邵尔A型硬度/度	55	57	63	58	60
100%定伸应力/MPa	2.4	2.1	2.9	2.6	2.5
300%定伸应力/MPa	11.2	9.6	13.3	11.9	11.9
拉伸强度/MPa	28.8	26.4	29.3	28.9	28.6
拉断伸长率/%	556	572	583	581	557
拉断永久形变/%	16	20	20	20	26
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	45	42	45	44	47

由表1可得:NR/SBR/Na-MMT-B1的定伸应力、拉伸强度和拉断伸长率最大,这是因为该橡胶纳米复合材料的Na-MMT的剥离程度最高和炭黑的偏析行为得到调控,Na-MMT与炭黑形成的杂化填料网络结构最强,且由于Na-MMT片层对橡胶分子链在拉伸方向上的约束作用更强,拉伸结晶现象更明显,橡胶纳米复合材料的力学性能最佳。NR/SBR/Na-MMT-B2 和 NR/SBR/Na-MMT-B3 的炭黑偏析行为未得到有效调控,故其力学性能提升不大;NR/SBR/MMT-A中MMT为微米级分散,不能发挥有效的补强作用,反而易形成应力集中点,导致橡胶纳米复合材料的力学性能降低。

2.5 耐磨性能

NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的耐磨性能如图7所示。

从图7可以看出,NR/SBR/Na-MMT-B1的阿克隆磨耗量最小,为0.177 cm³,耐磨性能最好,可

见Na-MMT的高剥离程度和炭黑偏析行为的调控,提升了橡胶纳米复合材料的耐磨性能。

阿克隆磨耗试验后NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料表面的SEM照片如图8所示。

从图8可以看出,NR/SBR/Na-MMT-B1磨耗表面的沙拉马赫条纹间距最小和沟壑最浅,进一步验证了其耐磨性能最佳。

3 结论

(1)从TEM分析得出,NR/SBR/Na-MMT-B1中MMT的分散效果最好,剥离状态的Na-MMT占比最大,且Na-MMT与炭黑的网络结构最强。

(2)从纳米红外分析可得,NR/SBR/Na-MMT-B1中炭黑的分散得到明显改善,片层Na-MMT可在一定程度上调控炭黑在SBR相的偏析行为。

(3)NR/SBR/Na-MMT-B1的定伸应力、拉伸强度和拉断伸长率最大。

(4)NR/SBR/Na-MMT-B1的阿克隆磨耗量最小(0.177 cm³),磨耗表面的沙拉马赫条纹间距最小和沟壑最浅,其耐磨性能最佳。

参考文献:

[1] ESSAWY H, EL-NASHAR D. The use of montmorillonite as a reinforcing and compatibilizing filler for NBR/SBR rubber blend[J]. Polymer Testing, 2004, 23 (7) : 803-807.

[2] SALLEH S Z, AHMAD M Z, ISMAIL H. Properties of natural rubber/recycled chloroprene rubber blend:Effects of blend ratio and matrix[J]. Procedia Chemistry, 2016, 19:346-350.

[3] SRIVASTAVA V K, BASAK G C, SAHA S, et al. Epoxidized polybutadiene rubber as an effective compatibilizer for acrylonitrile butadiene rubber and polybutadiene rubber blend[J]. Journal of Elastomers & Plastics, 2022, 54 (1) : 42-55.

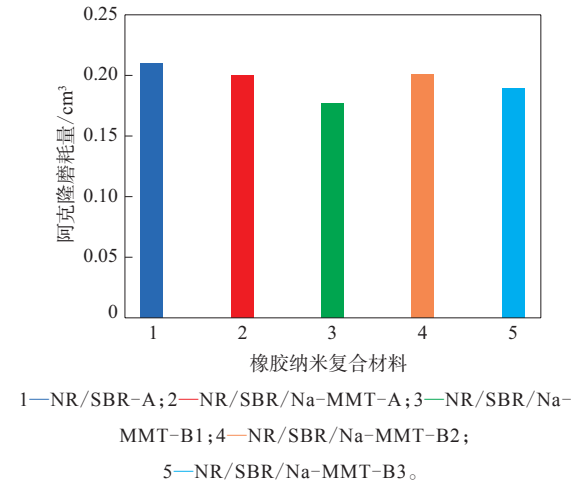


图7 NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料的阿克隆磨耗量
Fig. 7 Akron abrasions of NR/SBR/Na-MMT nanocomposites

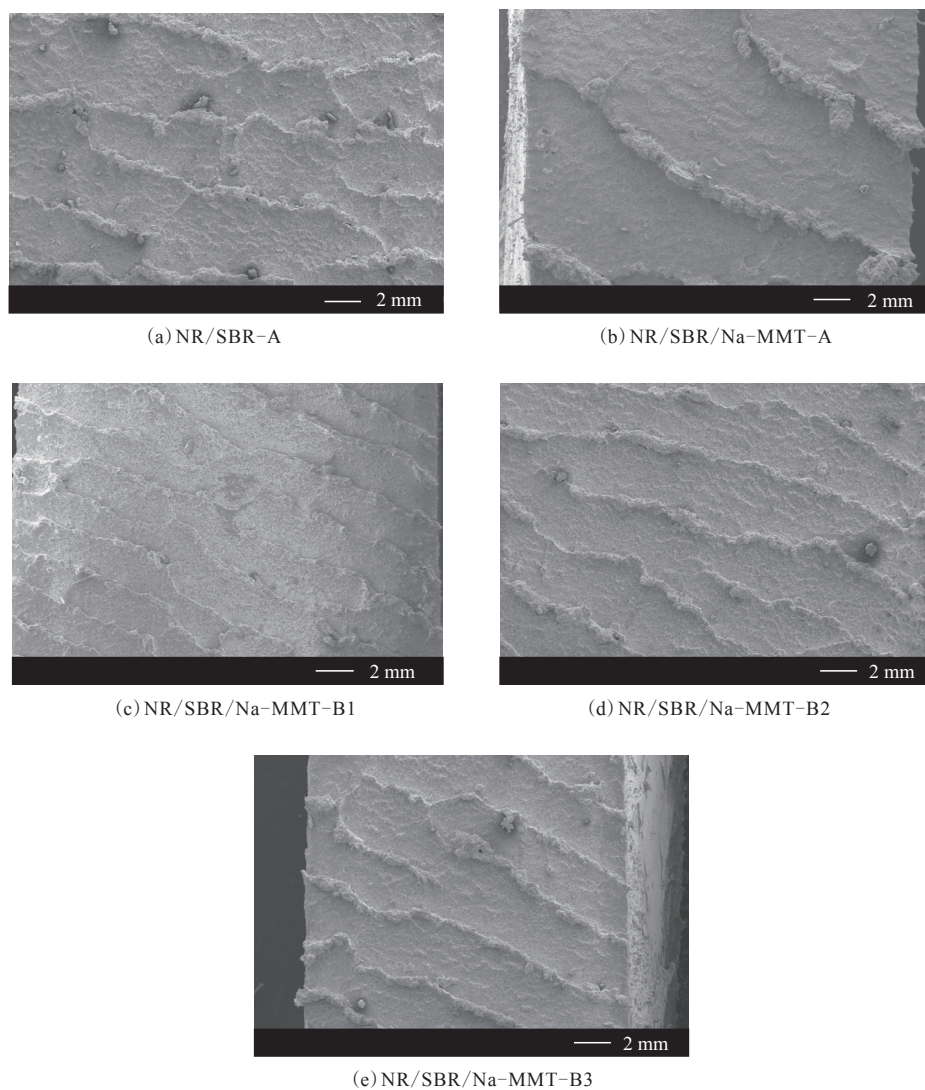


图8 NR/SBR/Na-MMT纳米复合材料磨损表面的SEM照片
Fig. 8 SEM photos of worn surfaces of NR/SBR/Na-MMT nanocomposites

- [4] BAZLI L, ESKANDARINEZHAD S, KAKUR N, et al. Electrical properties of polymer blend composites based on silicone rubber/EPDM/clay for high voltage insulators[J]. Journal of Composites and Compounds, 2021, 3 (6) : 18-24.
- [5] TAVAKOLI M, KATBAB A A, NAZOCKDAST H. NR/SBR/organoclay nanocomposites: Effects of molecular interactions upon the clay microstructure and mechano-dynamic properties[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2012, 123 (3) : 1853-1864.
- [6] RAHMATPOUR A, ABDOLLAHI M, SHOJAEE M. Structure and mechanical properties of 50/50 NR/SBR blend/pristine clay nanocomposites[J]. Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics, 2008, 47 (3) : 523-531.
- [7] PAL K, PAL S K, DAS C K, et al. Influence of fillers on NR/SBR/XNBR blends. Morphology and wear[J]. Tribology International, 2010, 43 (8) : 1542-1550.
- [8] MOHAN T P, KURIAKOSE J, KANNY K. Effect of nanoclay reinforcement on structure, thermal and mechanical properties of natural rubber-styrene butadiene rubber (NR-SBR) [J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2011, 17 (2) : 264-270.
- [9] COTTEN G R, MURPHY L J. Mixing of carbon black with rubber. VI. Analysis of NR/SBR blends[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1988, 61 (4) : 609-618.
- [10] RIGBI Z. Reinforcement of rubber by carbon black[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1980, 55 (4) : 1180-1220.
- [11] CHATTOPADHYAY P K, CHATTOPADHYAY S, DAS N C, et al. Impact of carbon black substitution with nanoclay on microstructure and tribological properties of ternary elastomeric composites[J]. Materials & Design, 2011, 32 (10) : 4696-4704.

- [12] GOPI J A, PATEL S K, CHANDRA A K, et al. SBR-clay-carbon black hybrid nanocomposites for tire tread application[J]. Journal of Polymer Research, 2011, 18 (6) : 1625-1634.
- [13] CALLAN J E, HESS W M, SCOTT C E. Elastomer blends compatibility and relative response to fillers[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1971, 44 (3) : 814-837.
- [14] GUBBLES F, VANLATHAM E, JEROME R, et al. Design of electrical conductive composites: Key role of the morphology on the electrical properties of carbon black filled polymer blends[J]. Macromolecules, 1995, 28 (5) : 1559-1566.
- [15] KOTANI M, DOHI H, KIMURA H. Characterization of carbon filler distribution ratio in polyisoprene/polybutadiene rubber blends by high-resolution solid-state ^{13}C NMR[J]. Macromolecules, 2007, 40 (26) : 9451-9454.
- [16] ESMIZADEH E, NADERI G, PARAN S M R. Preparation and characterization of hybrid nanocomposites based on NBR/nanoclay/carbon black[J]. Polymer Composites, 2017, 38 (S1) : 181-188.
- [17] QU L L, HUANG G S, ZHANG P, et al. Synergistic reinforcement of nanoclay and carbon black in natural rubber[J]. Polymer International, 2010, 59 (10) : 1397-1402.
- [18] KONISHI Y, CAKMAK M. Nanoparticle induced network self-assembly in polymer-carbon black composites[J]. Polymer, 2006, 47 (15) : 5371-5391.
- [19] SHARMA P, PANWAR V, KHARITONOV A P, et al. Effect of nanoclay on carbon black reinforced blend of amorphous-semicrystalline polymers[J]. Polymer Bulletin, 2017, 74 (8) : 3341-3351.
- [20] JEON I H, KIM H, KIM S G. Characterization of rubber micro-morphology by atomic force microscopy (AFM) [J]. Rubber Chemistry and Technology, 2003, 76 (1) : 1-11.

收稿日期: 2022-12-16

Regulation of Carbon Black by Lamellar Sodium-based Montmorillonite and Its Influence on Properties of NR/SBR Nanocomposite

LIU Chao, WU Xiaohui, LU Yonglai, ZHANG Liquan

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: Natural rubber (NR)/lamellar sodium-based montmorillonite (Na-MMT), styrene-butadiene rubber (SBR)/Na-MMT and NR/SBR/Na-MMT masterbatches were prepared by emulsion blending method, then the corresponding NR/SBR/Na-MMT nanocomposites were prepared, and the effect of Na-MMT on the microscopic morphology, physical properties and wear resistance of the NR/SBR/Na-MMT nanocomposites was investigated. The results showed that the dispersion of Na-MMT in the NR/SBR/Na-MMT nanocomposites prepared by using the NR/Na-MMT masterbatch was the best, and the proportion of Na-MMT in the exfoliated state was the largest, the dispersion of carbon black was also obviously improved, and the lamellar Na-MMT could regulate the segregation behavior of carbon black in the NR/SBR/Na-MMT nanocomposites to a certain extent. As a result, the tensile strength, stress at constant elongation and elongation at break of the NR/SBR/Na-MMT nanocomposites were the largest, the Akron abrasion was the smallest (0.177 cm^3), and the grooves on the worn surface was shallowest, showing the best wear resistance.

Key words: lamellar sodium-based montmorillonite; carbon black; segregation behavior; dispersion; NR; SBR; nanocomposite; wear resistance

欢迎订阅《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》杂志
欢迎刊登广告