

LMPB-g-KH-570 改性纳米氮化硅/丙烯酸酯橡胶复合材料的制备与性能研究

杨文武^{1,2}, 苗继斌^{1,2}, 程国君^{1,2,3}, 钱家盛^{1,2*}, 夏 茹^{1,2}, 章于川^{1,2}

(1. 安徽大学 化学化工学院, 安徽 合肥 230039; 2. 安徽省绿色高分子材料重点实验室, 安徽 合肥 230039; 3. 安徽理工大学 材料科学与工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘要:采用溶液聚合法将硅烷偶联剂 KH-570 接枝到低相对分子质量的聚丁二烯液体橡胶(LMPB)分子长链中, 合成了新型大分子表面处理剂 LMPB-g-KH-570, 用其对纳米氮化硅进行表面改性, 制备改性纳米氮化硅/丙烯酸酯橡胶(ACM)复合材料, 并对其结构和性能进行研究。结果表明: LMPB-g-KH-570 与纳米氮化硅发生了化学键合; 在复合材料中加入适量 LMPB-g-KH-570, 可以改善纳米氮化硅在复合材料中的分散性, 提高复合材料的物理性能。

关键词:大分子表面处理剂; 纳米氮化硅; 丙烯酸酯橡胶; 复合材料

中图分类号: TQ330.38⁺3/⁺7; TQ333.97 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2012)10-0581-06

橡胶材料在应用过程中通常需要加入各种填料, 以满足现代工程所需要的强度、耐磨、耐老化等性能。纳米粉体的不断涌现为橡胶改性提供了大量新材料, 扩大了橡胶补强技术和功能橡胶材料领域的研究范围。但是纳米粉体的团聚问题成为其在橡胶工业中实际应用的瓶颈^[1-5]。O. H. Lin 等^[6]采用 3-氨基丙基三乙氧基硅烷对二氧化硅纳米粉体进行了表面改性, 结果表明小分子改性剂能够与纳米粉体发生化学键合。M. Avella 等^[7]将大分子聚丙烯酸丁酯接枝到纳米碳酸钙表面, 制备的纳米碳酸钙/聚甲基丙烯酸甲酯复合材料具有良好的物理性能和耐磨性能。R. Xia 等^[8]以合成的三元无规共聚物丙烯酸丁酯-甲基丙烯酸-丙烯腈作为大分子表面处理剂改性纳米氮化硅, 制备的丁腈橡胶基纳米复合材料的耐油性能得到提高。

本工作采用低相对分子质量聚丁二烯液体橡胶(LMPB)和硅烷偶联剂 KH-570, 通过自由基溶液接枝反应合成了新型大分子表面处理剂 LMPB-g-KH-570, 对纳米氮化硅进行表面包覆处理, 通过两辊共混技术制备改性纳米氮化硅/丙烯

酸酯橡胶(ACM)复合材料, 并对其结构和性能进行研究。

1 实验

1.1 主要原材料

ACM, 牌号 AR840, 日本东亚涂料公司提供; 纳米氮化硅, 粒径为 20~40 nm, 比表面积大于 115 m²·g⁻¹, 合肥开尔纳米技术发展有限责任公司产品; LMPB, 数均相对分子质量为 1 000±50, 乙烯质量分数为 0.6~0.7, 粘度为 150~2 000 mPa·s (20 ℃), 中国石化北京燕山石油化工股份有限公司产品; 硅烷偶联剂 KH-570, 化学纯, 南京康普顿曙光有机硅化工有限公司产品; 过氧化苯甲酰(BPO), 化学纯, 北京市北郊化工厂产品。

1.2 基本配方

ACM 100, 硬脂酸钠 2.5, 硬脂酸钾 0.5, 硫黄 0.4, 改性纳米氮化硅 0~2.5。

1.3 试验设备和仪器

SR-160 型两辊开炼机, 上海第一橡胶机械厂产品; 25 t 平板硫化机, 萍乡九州精密压机有限公司产品; CAV 400 型变换核磁共振谱仪(NMR), 瑞士 Bruker 公司产品; Neuxs-870 型傅里叶转换红外光谱仪(FTIR), 美国 Nicolet 公司产品; Pyris-1 型热重(TG)分析仪, 美国 PE 公司产品; Instron 21122 型拉力试验机, 英国 Instron 公司

基金项目: 国家科技攻关项目(2005BA316C)

作者简介: 杨文武(1987—), 男, 安徽舒城人, 硕士, 主要从事聚合物基纳米复合材料的研究, 现就职于海尔集团。

* 通信联系人

产品;S-4800型扫描电子显微镜(SEM),日本日立公司产品;Ultracut 970114型超薄切片机,英国剑桥仪器公司产品;JEM-2100SX型高分辨透射电子显微镜(TEM),日本电子株式会社产品。

1.4 试样制备

1.4.1 大分子表面处理剂 LMPB-g-KH-570 接枝共聚物的合成

在带有搅拌器、冷凝管和氮气通入管的 250 mL 三口圆底烧瓶中,依次加入一定量的 LMPB、硅烷偶联剂 KH-570 和二甲苯,待其充分溶解,将水浴温度升至 80 ℃ 后,逐渐滴加定量 BPO 的二甲苯溶液,30~60 min 内滴完,同时升温至 90 ℃,反应一段时间,得到接枝产物的二甲苯溶液。在 LMPB-g-KH-570 接枝反应液中加入定量的甲醇,使接枝共聚物沉淀。沉淀物经多次反复洗涤,除去未反应的硅烷偶联剂 KH-570 和 LMPB 后,于 50 ℃ 下真空干燥至恒质量。

1.4.2 纳米氮化硅的表面改性

称取适量纳米氮化硅粉体,加入二甲苯溶剂中,超声分散 15 min 后用高剪切分散乳化机剪切分散 5 min,再倒入 500 mL 三口烧瓶中,在 80 ℃ 下高速搅拌,同时加入一定质量的大分子表面处理剂 LMPB-g-KH-570,通氮气保护。反应 3 h 后取出,先放置于通风橱中自然风干,再置于 50 ℃ 烘箱中真空干燥 24 h,取出球磨过筛,得到改性纳米氮化硅。

1.4.3 改性纳米氮化硅/ACM 复合材料的制备

采用两段混炼工艺进行混炼。一段混炼在两辊开炼机上进行,将 ACM、硫化剂和改性纳米氮化硅共混制成母炼胶,停放 8 h 后再进行二段混炼,混炼胶均匀下片,停放 8 h。

试样先在平板硫化机上进行一段硫化,硫化条件为 175 ℃/15 MPa×8 min,然后放入烘箱中进行二段硫化,硫化条件为 170 ℃×4 h。

1.5 测试分析

1.5.1 NMR 分析

$^1\text{H-NMR}$ 采用 NMR 进行分析,溶剂为氘代氯仿,大分子表面处理剂 LMPB-g-KH-570 溶液质量浓度为 30 mg·mL⁻¹。

1.5.2 FTIR 分析

采用 FTIR 测定大分子表面处理剂改性前后

纳米氮化硅表面官能团的变化,以验证表面包覆改性情况。先将干燥溴化钾放入研钵中研磨,再加入少许纳米氮化硅,轻轻研磨均匀、压片,扫描速率为 3 cm⁻¹·s⁻¹。

1.5.3 TG 分析

TG 分析的条件为:氮气氛围,升温速率 20 ℃·min⁻¹,氮气流量 30 mL·min⁻¹。

1.5.4 物理性能

拉伸性能按 ASTM D 412《硫化橡胶、热塑橡胶和热塑性弹性体试验方法——拉伸(1998)》进行测试,试样为哑铃形,拉伸速率为 500 mm·min⁻¹;撕裂性能按 ASTM D 624C《常规硫化橡胶和热塑性弹性体的撕裂强度试验方法(2000)》进行测试,试样为直角形,拉伸速率为 500 mm·min⁻¹。

1.5.5 改性纳米氮化硅的分散性

分别采用 SEM 和 TEM 观察改性纳米氮化硅在改性纳米氮化硅/ACM 复合材料中的分散情况。

2 结果与讨论

2.1 $^1\text{H-NMR}$ 分析

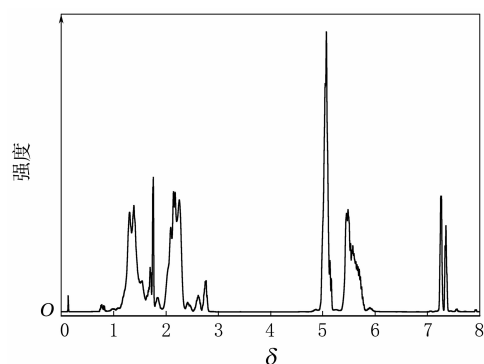
LMPB 接枝反应前后的 $^1\text{H-NMR}$ 谱如图 1 所示。

从图 1(a)和(b)可以看出: δ 为 4.9~5.3 处对应的双键峰与 δ 为 1.25 处对应的—CH₂—吸收峰的积分高度之比基本不变,说明接枝反应不在双键上; δ 为 1.7 处对应的叔碳氢的吸收峰明显减弱,说明接枝反应发生在叔碳原子上;同时在 LMPB-g-KH-570 谱上出现了 LMPB 没有而硅烷偶联剂 KH-570 有的—O—CH₃ 和—CH₃ 对应的吸收峰,其峰值分别在 3.6 和 0.85~1.14 处。 $^1\text{H-NMR}$ 分析证实 LMPB-g-KH-570 是接枝共聚物^[9]。

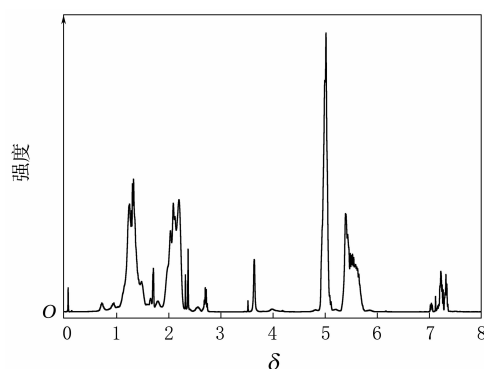
2.2 FTIR 分析

KH-570, LMPB 和 LMPB-g-KH-570 的 FT-IR 谱如图 2 所示。

从图 2 可以看出, LMPB 在 1 731 和 1 090 cm⁻¹ 处没有吸收峰, LMPB-g-KH-570 在这两处有强烈的吸收峰,这两个峰为硅烷偶联剂 KH-570 的 C=O 和 Si—O—C 的特征吸收峰。同时

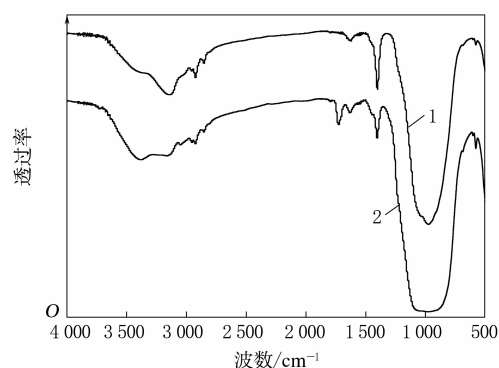


(a) LMPB



(b) LMPB-*g*-KH-570

图 1 LMPB 接枝反应前后的¹H-NMR 谱



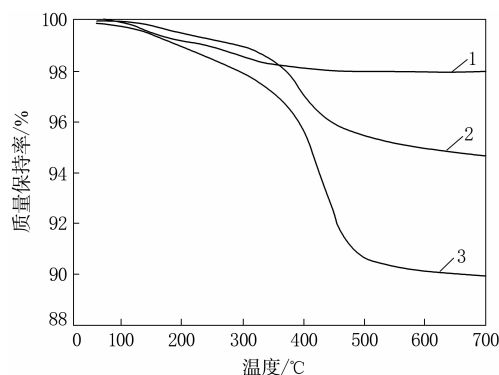
1—改性前;2—改性后。

图 3 纳米氮化硅改性前后的 FTIR 谱

改性纳米氮化硅出现了一些新的吸收峰:2 966 cm^{-1} 处附近为 $-\text{CH}_3$ 和 $-\text{CH}_2-$ 的伸缩振动峰;1 730 cm^{-1} 处为羰基 ($\text{C}=\text{O}$) 伸缩振动特征吸收峰。在 1 090 cm^{-1} 处附近酯基 $\text{C}-\text{O}$ 的伸缩振动峰与 $\text{Si}-\text{O}$ 的伸缩振动峰叠加导致改性纳米氮化硅峰较未改性纳米氮化硅明显变强、变宽。这些峰均为 LMPB-*g*-KH-570 接枝共聚物的特征吸收峰,由此可以看出,大分子表面处理剂已成功接枝在纳米氮化硅表面^[10]。

2.3 TG 分析

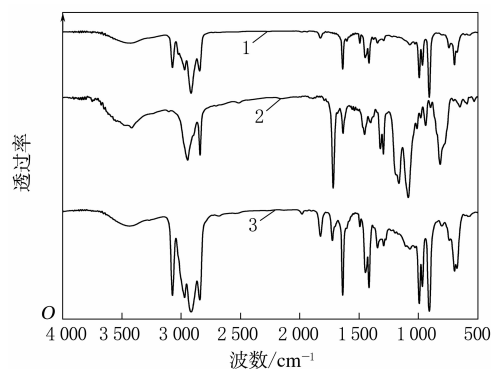
纳米氮化硅改性前后的 TG 曲线如图 4 所示。



1—未改性纳米氮化硅;2—改性并索提纳米氧化硅;
3—改性未索提纳米氮化硅。

图 4 纳米氮化硅改性前后的 TG 曲线

从图 4 可以看出,未改性纳米氮化硅从 60 $^{\circ}\text{C}$ 开始有质量损失峰,这主要是由于纳米氮化硅表面的 $\text{Si}-\text{OH}$, $\text{Si}-\text{NH}_2$, Si_2-NH 和 $\text{Si}-\text{H}$ 发生相互反应产生氨气、氮气和 水等小分子物质导致质量损失,在 354.7~600 $^{\circ}\text{C}$ 时则无明显的质量损失。而经 LMPB-*g*-KH-570 改性后的纳米氮化硅



1—LMPB;2—KH-570;3—LMPB-*g*-KH-570。

图 2 LMPB, KH-570 和 LMPB-*g*-KH-570 的 FTIR 谱

还可以明显地看到 1 643 cm^{-1} 处的双键峰强度增大,说明双键几乎没有参与反应。LMPB 是由苯环封端的,因此在 3 000~3 100 cm^{-1} 处出现了苯环上 $\text{C}-\text{H}$ 的伸缩振动峰,700 和 750 cm^{-1} 处为苯环上氢的面外弯曲振动峰。

纳米氮化硅改性前后的 FTIR 谱如图 3 所示。

从图 3 可以看出,与未改性纳米氮化硅相比,

(索提 72 h 后)在 354.7~600 ℃时有明显的质量损失,质量损失率约为 3.373%,这是由 LMPB-g-KH-570 分解所致,其质量损失率小于 LMPB-g-KH-570 加入量的 11%。这是因为 LMPB-g-KH-570 在与纳米氮化硅粒子表面基团发生反应后,部分未完全反应的大分子表面处理剂在索氏提取时已随二甲苯被除去,因此可以推断 LMPB-g-KH-570 已包覆到纳米氮化硅表面。在 LMPB-g-KH-570 与纳米氮化硅的反应中,3.373%为化学包覆,7.004%为物理吸附和化学包覆。通过 TG 曲线可以推断出大分子表面处理剂 LMPB-g-KH-570 的利用率。

(1)LMPB-g-KH-570 的利用率: $\frac{7.004\%}{11\%}\times 100\%=63.67\%$ 。

(2)LMPB-g-KH-570 对纳米氮化硅的化学包覆率: $\frac{3.373\%}{11\%}\times 100\%=30.66\%$ 。

(3)LMPB-g-KH-570 对纳米氮化硅的物理包覆率: $\frac{7.004\%-3.373\%}{11\%}\times 100\%=33.01\%$ 。

2.4 改性纳米氮化硅用量对改性纳米氮化硅/ACM 复合材料物理性能的影响

改性纳米氮化硅用量对改性纳米氮化硅/ACM 复合材料物理性能的影响如表 1 所示。

表 1 改性纳米氮化硅用量对纳米氮化硅/ACM 复合材料物理性能的影响

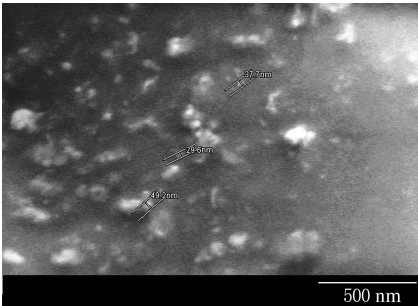
项 目	改性纳米氮化硅用量/份						
	0	0.3	0.5	1	1.5	2	2.5
拉伸强度/MPa	0.76	0.76	0.75	0.77	0.78	0.95	0.95
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	4	3	3	3	4	4	3

从表 1 可以看出,随着改性纳米氮化硅用量的增大,复合材料的拉伸强度先减小后增大。与未加改性纳米氮化硅的 ACM 硫化胶相比,添加 2 份改性纳米氮化硅的复合材料拉伸强度提高了 25%。当改性纳米氮化硅用量为 0.5 份时,复合材料的拉伸强度最小,这可能是由于在混炼过程中改性纳米氮化硅促进了橡胶分子链的断裂所致。当改性纳米氮化硅用量在 0.5 份以上时,粉体表面所包覆的 LMPB-g-KH-570 在纳米粒子与橡胶基体之间起到了较好的化学连接作用,改善了纳米氮化硅粒子与 ACM 基体之间的相容性,

从而使复合材料的拉伸强度提高。当改性纳米氮化硅用量小于 1 份时,复合材料的撕裂强度随改性纳米氮化硅用量的增大而呈减小趋势,这主要是由于混炼导致相对分子质量减小造成的;当改性纳米氮化硅用量为 2 份时,复合材料的撕裂强度较高,而继续增大改性纳米氮化硅用量,则导致粒子过多,团聚现象严重,不利于纳米氮化硅在 ACM 基体中均匀分散,因而撕裂强度下降^[1]。

2.5 改性纳米氮化硅在改性纳米氮化硅/ACM 复合材料中的分散性

改性纳米氮化硅/ACM 复合材料的 SEM 照片如图 5 所示。

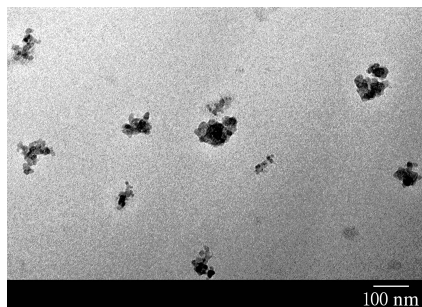


改性纳米氮化硅用量为 2 份。
图 5 改性纳米氮化硅/ACM 复合材料的 SEM 照片(放大 6 万倍)

从图 5 可以看出,改性纳米氮化硅粒子在复合材料中的粒径在 100 nm 以内,粒径较小,分布均匀,拉伸断面产生很多的剪切变形。这是由于一方面随着粒径的减小,粒子表面积增大,纳米氮化硅粒子与 ACM 基体接触面积增大,化学键合点增多,纳米氮化硅粒子与橡胶分子链结合得更牢固;另一方面,改性纳米氮化硅表面包覆了 LMPB-g-KH-570,由于 LMPB-g-KH-570 分子链中含有大量双键,其能参与橡胶的硫化,接枝到橡胶分子链上,并融入橡胶体系中,防止了纳米氮化硅粒子在 ACM 基体中的团聚。SEM 分析表明,ACM 复合材料物理性能的提高主要是由于改性纳米氮化硅对 ACM 基质产生了补强作用所致。

改性纳米氮化硅/ACM 复合材料的 TEM 照片如图 6 所示。

从图 6 可以看出,改性纳米氮化硅均匀地分散于 ACM 基体中,分散性较好。纳米氮化硅的粒径在 100 nm 左右,纳米氮化硅颗粒表面包覆了 LMPB-g-KH-570。由于大分子链与橡胶的相容性很好,且分子链中含有的双键还可参与橡胶



注同图 5。

图 6 改性纳米氮化硅/ACM 复合材料的 TEM 照片

基体的硫化,使原本与橡胶相容性较差的纳米氮化硅粒子能很好地分散于橡胶基体中,从而发挥出纳米氮化硅粒子优良的性能,提高纳米氮化硅/ACM 复合材料的物理性能。

3 结论

(1)通过溶液接枝反应制备了新型大分子表面处理剂 LMPB-*g*-KH-570。NMR 和 FTIR 分析表明已成功合成了 LMPB-*g*-KH-570,并能化学包覆到纳米氮化硅粉体表面;TG 分析表明,LMPB-*g*-KH-570 对纳米氮化硅颗粒的表面改性为物理吸附和化学包覆,化学包覆率为 30.66%,物理包覆率为 33.01%。

(2)在纳米氮化硅/ACM 复合材料中加入适量的大分子表面处理剂 LMPB-*g*-KH-570,能有效改善纳米氮化硅在复合材料中的微观结构,提高复合材料的物理性能。

(3)SEM 和 TEM 分析结果表明,改性纳米氮化硅均匀地分散于 ACM 基体中,其粒径在 100 nm 以下,纳米氮化硅表面化学包覆的 LMPB-*g*-KH-570 与 ACM 基体的相容性很好,有效地改善了无机相与有机相的界面作用。

参考文献:

- [1] Spitalsky Z, Tasis D, Papagelis K, et al. Carbon Nanotube-Polymer Composites; Chemistry, Processing, Mechanical and Electrical Properties[J]. Progress in Polymer Science, 2010, 35(1): 357-401.
- [2] Falco A D, Goyanes S, Rubiolo G H, et al. Carbon Nanotubes as Reinforcement of Styrene-Butadiene Rubber[J]. Applied Surface Science, 2007, 254(1): 262-265.
- [3] Ranimal S, Siby V, Kuruvilla J, et al. Diffusion and Transport through Nanocomposites of Natural Rubber(NR), Carboxylated Styrene Butadiene Rubber(XSBR) and Their Blends[J]. Journal of Membrane Science, 2006, 282(1-2): 162-170.
- [4] Liu Q F, Zhang Y D, Xu H L. Properties of Vulcanized Rubber Nanocomposites Filled with Nanokaolin and Precipitated Silica[J]. Applied Clay Science, 2008, 42(1-2): 232-237.
- [5] Pradhan S, Costa F R, Wagenknecht U, et al. Elastomer/LDH Nanocomposites; Synthesis and Studies on Nanoparticle Dispersion, Mechanical Properties and Interfacial Adhesion[J]. European Polymer Journal, 2008, 44(10): 3122-3132.
- [6] Lin O H, Akil H M, Ishak Z A M. Characterization and Properties of Activated Nanosilica/Polypropylene Composites with Coupling Agents[J]. Polymer Composites, 2009, 30(11): 1693-1700.
- [7] Avella M, Errico M E, Gentile G. PMMA Based Nanocomposites Filled with Modified CaCO₃ Nanoparticles[J]. Macromolecular Symposia, 2007, 247(1): 140-146.
- [8] Xia R, Zhang Y C, Zhu Q R, et al. Surface Modification of Nano-sized Silicon Nitride with BA-MAA-AN Tercopolymer[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2008, 107(1): 562-570.
- [9] Xia R, Li M H, Zhang Y C, et al. Synthesis of Tercopolymer BA-MMA-VTES and Surface Modification of Nano-size Si₃N₄ with This Macromolecular Coupling Agent[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2008, 107(2): 1100-1107.
- [10] Tai Y L, Qian J S, Zhang Y C, et al. Study of Surface Modification of Nano-SiO₂ with Macromolecular Coupling Agent (LMPB-*g*-MAH)[J]. Chemical Engineering Journal, 2008, 141(1-3): 354-361.
- [11] 邵艳龙, 吴可量, 苗继斌, 等. 纳米 AlN 润滑材料的制备研究[J]. 润滑油, 2008, 23(4): 38-42.

收稿日期: 2012-04-29

Preparation and Properties of LMPB-*g*-KH-570 Modified Nano-silicon Nitride/ACM Composite

YANG Wen-wu^{1,2}, MIAO Ji-bin^{1,2}, CHENG Guo-jun^{1,2,3}, QIAN Jia-sheng^{1,2}, XIA Ru^{1,2}, ZHANG Yu-chuan^{1,2}
(1. Anhui University, Hefei 230039, China; 2. The Key Laboratory of Environment-friendly Polymer Materials of Anhui Province, Hefei 230039, China; 3. Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: A new macromolecular coupling agent LMPB-*g*-KH-570 was synthesized by grafting silane coupling agent KH-570 onto low molecular weight liquid polybutadiene rubber (LMPB) via solu-

tion polymerization. The surface of nano-silicon nitride was modified by LMPB-g-KH-570, and the modified nano-silicon nitride/ACM composite was prepared. The structure and properties of the composite were investigated. The results showed that, LMPB-g-KH-570 was chemically bonded with nano-silicon nitride; by adding proper level of LMPB-g-KH-570, the dispersion of nano-silicon nitride in the composite and the physical properties of the composite were improved.

Key words: macromolecular coupling agent; nano-silicon nitride; ACM; composite

常压连续脱硫技术推广正当时

中图分类号:TQ330.56

文献标志码:D

2012年8月9—10日,中国橡胶工业协会废橡胶综合利用分会在成都召开了硫化橡胶粉常压连续脱硫技术交流研讨会。分会秘书长曹庆鑫表示,目前硫化胶粉常压连续脱硫成套设备和技术已具备了工业化生产的成熟工艺,其推广也已具备3个有利条件,即技术成熟、国家政策鼓励、企业推广意愿较强。可广泛适用于再生胶、硫化胶粉塑化生产的常压连续脱硫成套技术,已成为废橡胶综合利用产业实现绿色发展、升级换代的最佳选择。

中国橡胶工业协会会长范仁德表示,一方面,目前我国已是世界上最大的橡胶消耗国和废橡胶产生国,废旧轮胎产生量越来越大,这为中国废橡胶再生业提供了充足的资源;另一方面,我国也是橡胶资源匮乏的国家,生胶资源主要依赖进口,充分利用废旧橡胶资源是保证橡胶再生资源循环利用的前提。但橡胶再生要保证无害化回收、环保型利用,不能产生二次污染。

在传统的再生胶生产中,污染主要产生在脱硫程序。将废轮胎、废橡胶制品粉碎成胶粉后与脱硫剂在脱硫罐内反应,卸料过程会有大量恶臭废气排放。都江堰市新时代工贸有限公司董事长肖官禄表示,任何再生胶企业偶尔发生的生产安全事故和环保问题,都会使再生胶行业的其他企业因此陷入舆论的漩涡。再生胶企业的生存环境需要所有企业一起努力才能得到改善,推广绿色、环保的再生胶生产工艺已成为企业必须要做的事。

针对传统动态脱硫法产生大量废水、废气和不安全因素的问题,业内不少企业花费了大量时间和精力开发新的再生胶生产工艺,以都江堰市新时代工贸有限公司、山东金山橡塑装备科技有限公司为代表开发的单螺旋、双螺旋常压、变频调

速、数显智能温控、连续联动化生产的硫化胶粉常压连续脱硫成套设备脱颖而出。

该工艺将硫化胶粉、活化剂等经搅拌输送到脱硫机中,采用在螺旋装置内的密封输送状态下加热脱硫与夹套螺旋冷却方法完成脱硫降温,实现常压脱硫、降低能耗,生产过程无废水、废气排放。与传统动态脱硫法相比,常压连续脱硫法可节能20%以上,并且无废水、废气排放,还使操作人员减少2/3,设备使用钢材减少3/4,占地面积减少2/3。

在2012年6月1日发布的《国家鼓励的循环经济技术、工艺和设备名录(第一批)》中,硫化胶粉常压连续脱硫成套设备成为唯一在废橡胶综合利用行业被列为国家鼓励推广的循环经济技术、工艺和装备。

肖官禄说,在常压连续脱硫技术成熟应用和产品转型生产符合欧盟REACH法规要求的环保型再生胶后,企业将彻底告别过去的社会不良形象,有足够底气接受舆论和周围群众的监督。目前,该公司已经与业内山东新东岳集团有限公司、利津县鑫兴化工厂、三门峡市中赢橡胶科技有限公司等15家企业建立了合作关系,转让出售的80多套常压连续脱硫技术装备都在稳定运行中。

针对部分代表认为目前这一技术的实际单线生产规模偏小的问题,肖官禄说,在扩大新工艺单线生产能力上,该公司已做出了积极努力:全部淘汰了生产近20年的日产5t设备,2011年年底完成了日产10和15t常压连续脱硫机的研制。经过几个月的试运行,完全达到了设计要求,不仅能够确保设备的正常运行,再生胶产品质量也完全达到了高标准要求。目前该公司开发的重点是根据客户要求,将常压连续脱硫设备进一步改造,以达到操作更简单、稳定运行时间更长的目标。

(摘自《中国化工报》,2012-08-17)