

# 研究简报

## 一种新型硅藻土填充橡胶纳米复合材料研究

武卫莉\*, 陈 喆

(齐齐哈尔大学 材料科学与工程学院, 齐齐哈尔 161006)

**摘要:**橡胶的填料问题一直是人们的研究热点,针对炭黑和白炭黑在橡胶生产中存在的污染问题,本文选用成分结构与白炭黑类似的硅藻土来填充各种橡胶。首先对硅藻土进行了改性,并对不同改性剂改性硅藻土用于填充橡胶进行了研究。结果表明 2.5 份偶联剂 Si69 的改性效果最佳。通过机械共混法制备了改性硅藻土/橡胶纳米复合材料,通过力学性能测试确定了比较适合硅藻土填充的橡胶是氟橡胶、三元乙丙橡胶和丙烯酸酯橡胶。绿色环保且价格低廉的硅藻土可以替代白炭黑增强填充氟橡胶、三元乙丙橡胶和丙烯酸酯橡胶。

**关键词:**改性硅藻土; 填料; 橡胶; 复合材料; 力学性能

随着橡胶工业的发展,人们对于橡胶制品的要求越来越高,但纯橡胶不仅价格昂贵,而且自身强度低、耐热及耐腐蚀性差<sup>[1]</sup>,因此通常需要对其加入填料,在增强其力学性能的同时大大降低胶料的生产成本<sup>[2]</sup>。因此,选用一种合适的填料来增强橡胶一直是人们研究的热点<sup>[3]</sup>。目前的橡胶填料主要有炭黑和白炭黑、硅酸盐类无机填料、碳酸盐类无机填料等<sup>[4]</sup>。然而炭黑在橡胶加工过程中会造成严重的空气污染<sup>[5]</sup>,白炭黑在其生产过程中也存在废水、废渣等污染问题,且目前市场上有人用硅藻土作为硅源来提炼 SiO<sub>2</sub> 用以生产白炭黑<sup>[6]</sup>。因此,针对这个问题,本文直接用成分结构与白炭黑类似的硅藻土代替白炭黑来增强橡胶,大大缩短生产白炭黑所用工序,节省了成本。硅藻土的形体尺寸从几十纳米到几十微米不等,其表面的多孔结构均处在纳米范畴,是天然的纳米材料<sup>[7]</sup>。硅藻土作为生物沉积岩具有质轻比表面积大超强吸附性等特点,不会像白炭黑一样产生污染,在橡胶改性中有很大的利用价值,而且对于改善橡胶的耐热和耐腐蚀性很有帮助。目前在国内外硅藻土主要用于污水处理、助滤剂、催化剂载体以及建筑材料等领域,但在填充橡胶方面还处于探索阶段。本文用高温处理法和超声分散技术对一种黑龙江黑河产的新型硅藻土进行改性,并用其填充各种橡胶,通过白炭黑、改性后硅藻土填充橡胶复合材料力学性能的对比研究,确定最适合硅藻土填充的橡胶种类。

## 1 实验部分

### 1.1 原料

丁苯橡胶(SBR),四川长寿化工厂;天然橡胶(NR),海南天然橡胶集团公司;顺丁橡胶(BR),中国石化北京燕山石化化工集团天然气股份有限公司;甲基乙烯基硅橡胶(MVQ),东爵有机硅集团有限公司产品;氟橡胶(FKM),上海三爱富新材料股份有限公司;丁腈橡胶(NBR),兰州石化公司;氯丁橡胶(CR),重庆长寿化工有限公司;丙烯酸酯橡胶(ACM),遂宁青龙丙烯酸酯橡胶厂产品;三元乙丙橡胶(EPDM),吉林石化公司;黑河产硅藻土,白炭黑,防老剂 D,促进剂 M,硬脂酸钡,硬脂酸,氧化锌,黄油,3<sup>#</sup> 硫化剂,硫黄,铁红,硅烷偶联剂 KH550、KH590、Si69,以上均为市售工业级;氧化镁,氢氧化钙,DCP,阴离子表

10.14028/j.cnki.1003-3726.2017.11.006

收稿:2017-01-04;修回:2017-05-10;

基金项目:齐齐哈尔大学 2016 年研究生创新科研项目(YJSCX2016-024X);

\* 通讯作者简介:武卫莉(1961—),女,安徽省陆安县人,博士,教授(硕导),主要从事高分子材料加工改性及复合材料研究。E-mail:wuweili2001@163.com;Tel:13514602921.

面活性剂 Span80,98%浓硫酸,无水乙醇,以上均为市售分析纯;实验用水为蒸馏水。

1.2 硅藻土填充橡胶纳米复合材料制备

首先对硅藻土进行改性,将硅藻土置于超声仪中、调节温度为 60℃,水洗 1h,之后用 20%的硫酸溶液酸洗,抽滤并烘干,置于 400℃的马弗炉中进行高温处理,然后将硅藻土分别与改性剂 KH550、KH590、Si69、Span80 的醇溶液中进行有机包覆,在 60℃的温度下超声机械搅拌 2h 直至改性剂与硅藻土分散均匀,抽滤后在 50℃的干燥箱中烘干,得到改性硅藻土。然后用改性后的硅藻土填充橡胶,制备改性硅藻土/橡胶纳米复合材料,其制备过程为:橡胶经塑炼、混炼后(混炼配方如表 1),硫化制样,其中硫化温度为 150℃~180℃,硫化时间为 30min,硫化压力 10MPa,另外特种橡胶如氟橡胶和硅橡胶需在 200℃二段硫化 2h。

表 1 实验配方(质量份)  
Table 1 Experimental formulation (Mass)

| 配合剂                            | NR(或 SBR,BR) | FKM | EPDM | ACR | CR  | NBR | MVQ |
|--------------------------------|--------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 白炭黑(或硅藻土) 20                   | 20           | 20  | 20   | 20  | 20  | 20  |     |
| 氧化锌                            | 5            | —   | 5    | 5   | 8   | 5   | 3   |
| 促进剂 M                          | 2.5          | —   | 2.5  | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 硬脂酸                            | 2            | —   | 2    | —   | 2   | —   | 2   |
| 硬脂酸钡                           | —            | —   | —    | 1   | —   | —   | —   |
| 硫黄                             | 5            | —   | —    | 3   | 1   | 3   | —   |
| DCP                            | —            | —   | 5    | 3   | —   | 3   | 5   |
| 3#硫化剂                          | —            | 2.5 | —    | —   | —   | —   | —   |
| 防老剂 D                          | 1.5          | —   | 1.5  | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 改性剂                            | 2.5          | 2.5 | 2.5  | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| 氧化镁                            | —            | 3   | —    | —   | 2   | —   | —   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | —            | —   | —    | —   | —   | —   | 1   |
| 黄油                             | 5            | —   | —    | —   | 2   | —   | —   |
| 氢氧化钙                           | —            | 4   | —    | —   | —   | —   | —   |

1.3 测试及表征

对于硅藻土/橡胶复合材料,邵尔 A 型硬度用邵尔硬度计按 GB/T 531-1999 测定。拉伸强度的测试按 GB/T 528-2009 测定。在 200℃时间为 24h 条件下进行热老化,其测试按 GB 3512-2001 标准。磨耗测试按 GB/T56-2010 进行。用德国新帕泰克有限公司生产的纳米粒度仪对处理后的硅藻土进行粒度分析。采用美国 Perkin Elmer 公司生产的 Spectrum One 型傅里叶变换红外光谱仪,对改性前后的硅藻土进行光谱分析,扫描范围为 4000cm<sup>-1</sup>~450cm<sup>-1</sup>。扫描电镜分析用日本日立公司的 S-4300 型扫描电子显微镜表征。

2 结果与讨论

2.1 改性硅藻土粒度分析

通常无机颗粒增强橡胶复合材料来说,无机粒子的粒径越小,则增强效果越好。从图 1 显示改性前的硅藻土其粒度分布从 2100nm~3400nm,其中 90%分布在 2880nm,且分布范围较广。改性后的硅藻土粒度分布较窄,从 520nm~1200nm,且 90%分布在 925nm 左右。因此,改性后硅藻土粒度变小,分布均匀。另外,从图右侧的 SEM 分析也可清楚的看到,改性前的硅藻土具有较大的粒度,并且团聚在一起,而

用 Si69 改性后硅藻土粒径明显减小,孔径增大,孔隙率有所增加,这是由于硅藻土孔隙中的杂质被除去,其表面被改性剂包覆,从而减少了硅藻土的团聚现象。

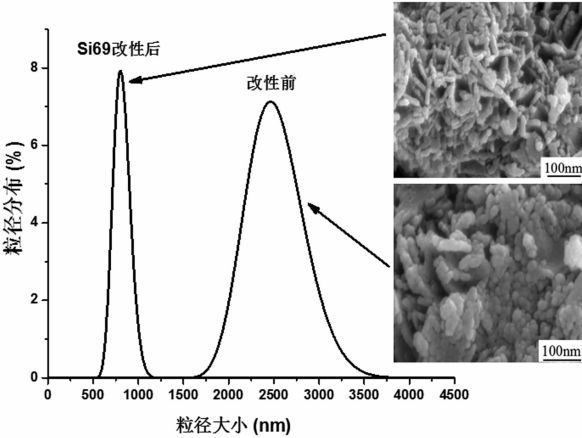


图 1 改性前后硅藻土的粒度分布图

Figure 1 Distribution of particle size of diatomaceous earth before and after modification

2.2 硅藻土改性前后红外光谱分析

硅藻土改性前后的红外光谱如图 2 所示,改性前硅藻土在  $1090\text{cm}^{-1}$  处存在很强的红外吸收峰,这主要是 Si—O 键的伸缩振动和弯曲振动,改性后的硅藻土该吸收峰均无明显变化,说明改性剂并没有与硅藻土发生交联。除了 KH550 外,与改性前硅藻土相比,在  $2920\text{cm}^{-1}$ 、 $2850\text{cm}^{-1}$  处出现—CH<sub>2</sub> 和—CH 的伸缩振动吸收峰,表明改性剂在硅藻土表面有沉积,由于 Si—O 键吸收峰未移动,所以并没有发生交联,可能只是物理吸附。KH550 和 Si69 改性后—OH 吸收峰( $3430\text{cm}^{-1}$ )明显消失,说明改性剂与硅藻土表面的一OH 发生了化学结合。

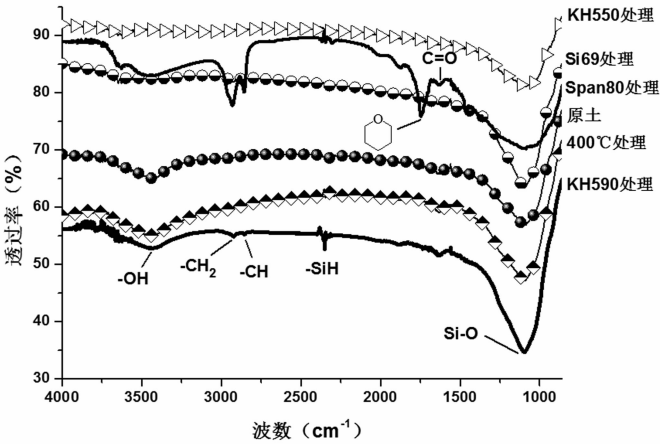


图 2 硅藻土改性前后红外光谱对比图

Figure 2 Comparison of IR spectra of diatomaceous earth before and after modification

2.3 改性剂对硅藻土填充橡胶纳米复合材料力学性能影响

2.3.1 不同改性剂对复合材料力学性能的影响 实验中研究了不同改性剂对于硅藻土/橡胶复合材料力学性能的影响,其结果如表 2 所示。

由表 2 中可以看到,改性硅藻土/橡胶纳米复合材料比没有加入改剂的拉伸强度明显增加,扯断伸长率除了用 Si69 处理外,其余扯断伸长率和硬度均变化不大,磨损降低,说明耐磨性增强。通过热老化前后力学性能对比发现,硅烷偶联剂 Si69 对硅藻土/橡胶复合材料力学性能的增强最为突出,改性效果最好。

表 2 不同改性剂对硅藻土/橡胶纳米复合材料力学性能影响

| Table 2 Effect of various modifiers on mechanical properties of diatomaceous earth/rubber nano-composites |                     |                    |                     |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| 改性剂                                                                                                       | 拉伸强度/MPa<br>老化前/老化后 | 扯断伸长率/%<br>老化前/老化后 | 邵氏 A 型硬度<br>老化前/老化后 | 磨耗 (cm³/km)<br>老化前/老化后 |
| 天然橡胶                                                                                                      |                     |                    |                     |                        |
| 原土                                                                                                        | 4. 3/0. 7           | 507/204            | 56/57               | 0. 3/0. 3              |
| KH550                                                                                                     | 4. 1/1. 1           | 566/167            | 62/64               | 0. 2/0. 2              |
| KH590                                                                                                     | 4. 7/2. 6           | 666/339            | 57/61               | 0. 1/0. 1              |
| Si69                                                                                                      | 5. 6/4. 6           | 720/590            | 65/66               | 0. 1/0. 1              |
| Span80                                                                                                    | 4. 1/0. 6           | 373/128            | 57/63               | 0. 3/0. 3              |
| 顺丁橡胶                                                                                                      |                     |                    |                     |                        |
| 原土                                                                                                        | 1. 1/—              | 97/—               | 34/33               | 1. 7/1. 9              |
| KH550                                                                                                     | 1. 2/0. 7           | 112/89             | 36/35               | 1. 4/1. 6              |
| KH590                                                                                                     | 1. 6/—              | 58/—               | 36/38               | 1. 1/1. 0              |
| Si69                                                                                                      | 1. 8/—              | 200/—              | 45/58               | 0. 5/0. 7              |
| Span80                                                                                                    | 1. 1/0. 1           | 132/72             | 33/31               | 1. 1/1. 2              |
| 丁苯橡胶                                                                                                      |                     |                    |                     |                        |
| 原土                                                                                                        | 0. 8/—              | 245/—              | 45/46               | 1. 4/1. 6              |
| KH550                                                                                                     | 0. 9/—              | 276/—              | 49/48               | 1. 1/1. 2              |
| KH590                                                                                                     | 1. 1/0. 7           | 237/117            | 52/51               | 0. 8/0. 9              |
| Si69                                                                                                      | 1. 9/—              | 329/—              | 51/59               | 0. 4/0. 5              |
| Span80                                                                                                    | 1. 7/—              | 295/—              | 50/53               | 0. 5/0. 5              |
| 氟橡胶                                                                                                       |                     |                    |                     |                        |
| 原土                                                                                                        | 9. 8/7. 5           | 211/176            | 57/71               | 0. 1/0. 1              |
| KH550                                                                                                     | 11. 2/8. 4          | 267/183            | 74/78               | 0. 1/0. 1              |
| KH590                                                                                                     | 12. 1/9. 6          | 274/217            | 76/81               | 0. 1/0. 1              |
| Si69                                                                                                      | 12. 6/9. 8          | 290/263            | 79/82               | 0. 02/0. 04            |
| Span80                                                                                                    | 12. 3/8. 9          | 279/247            | 77/80               | 0. 1/0. 1              |
| 三元乙丙橡胶                                                                                                    |                     |                    |                     |                        |
| 原土                                                                                                        | 4. 0/2. 7           | 542/233            | 55/57               | 0. 1/0. 2              |
| KH550                                                                                                     | 4. 1/2. 3           | 569/314            | 56/60               | 0. 1/0. 1              |
| KH590                                                                                                     | 4. 7/3. 6           | 608/335            | 59/60               | 0. 1/0. 1              |
| Si69                                                                                                      | 5. 8/4. 6           | 611/353            | 60/61               | 0. 06/0. 09            |
| Span80                                                                                                    | 4. 08/0. 57         | 578/322            | 56/60               | 0. 1/0. 1              |
| 丙烯酸酯橡胶                                                                                                    |                     |                    |                     |                        |
| 原土                                                                                                        | 2. 9/1. 8           | 547/501            | 54/57               | 0. 1/0. 2              |
| KH550                                                                                                     | 3. 6/2. 2           | 569/579            | 59/61               | 0. 1/0. 1              |
| KH590                                                                                                     | 3. 8/2. 7           | 687/584            | 60/63               | 0. 1/0. 1              |
| Si69                                                                                                      | 4. 8/3. 6           | 714/688            | 61/67               | 0. 06/0. 08            |
| Span80                                                                                                    | 3. 7/2. 4           | 708/632            | 57/64               | 0. 1/0. 1              |
| 氯丁橡胶                                                                                                      |                     |                    |                     |                        |
| 原土                                                                                                        | 7. 8/7. 0           | 461/84             | 48/51               | 0. 1/0. 1              |
| KH550                                                                                                     | 8. 4/7. 7           | 467/87             | 53/54               | 0. 1/0. 1              |
| KH590                                                                                                     | 9. 6/8. 0           | 521/119            | 55/57               | 0. 1/0. 1              |
| Si69                                                                                                      | 9. 9/8. 1           | 504/99             | 56/59               | 0. 04/0. 06            |
| Span80                                                                                                    | 8. 6/7. 5           | 469/89             | 57/58               | 0. 1/0. 1              |
| 丁腈橡胶                                                                                                      |                     |                    |                     |                        |
| 原土                                                                                                        | 4. 7/1. 6           | 298/91             | 56/59               | 0. 2/0. 3              |
| KH550                                                                                                     | 4. 8/1. 7           | 421/109            | 57/63               | 0. 2/0. 3              |
| KH590                                                                                                     | 5. 4/1. 9           | 418/107            | 58/69               | 0. 1/0. 2              |
| Si69                                                                                                      | 5. 5/2. 3           | 424/110            | 60/70               | 0. 1/0. 2              |
| Span80                                                                                                    | 4. 0/2. 1           | 391/120            | 61/67               | 0. 2/0. 2              |
| 硅橡胶                                                                                                       |                     |                    |                     |                        |
| 原土                                                                                                        | 0. 4/—              | 77/—               | 45/48               | 1. 0/1. 1              |
| KH550                                                                                                     | 0. 9/—              | 92/—               | 48/49               | 0. 7/0. 8              |
| KH590                                                                                                     | 1. 1/—              | 103/—              | 50/51               | 0. 7/0. 7              |
| Si69                                                                                                      | 1. 2/0. 6           | 122/68             | 54/59               | 0. 7/0. 7              |
| Span80                                                                                                    | 0. 6/—              | 78/—               | 52/53               | 0. 8/0. 9              |

2. 3. 2 Si69 用量对硅藻土/氟橡胶力学性能的影响 前面研究发现,采用硅烷偶联剂 Si69 对硅藻土进

行政改性比没有加入改性剂及其它改性剂的效果好,但没有考虑改性剂用量。因此,本文在实验中研究了 Si69 改性剂用量对硅藻土/氟橡胶力学性能的影响,如表 3 所示。由表 3 可知,Si69 用量为 2.5 份时力学性能最佳,其原因可能是因为偶联剂的增加导致其分解的自由基增加,而多余的自由基会发生自聚,起反作用。

表 3 Si69 用量对硅藻土/氟橡胶力学性能的影响

Table 3 Effect of Si69 content on the mechanical properties of diatomaceous earth/fluorine rubber

| Si69/份 | 拉伸强度/MPa | 扯断伸长率/%  | 邵氏 A 型硬度 | 磨耗 (cm <sup>3</sup> /km) |
|--------|----------|----------|----------|--------------------------|
|        | 老化前/老化后  | 老化前/老化后  | 老化前/老化后  | 老化前/老化后                  |
| 0      | 9.8/7.5  | 211/176  | 57/71    | 0.1/0.1                  |
| 1.0    | 10.2/8.1 | 267/183  | 74/78    | 0.1/0.1                  |
| 1.5    | 11.2/9.4 | 274/217  | 76/81    | 0.1/0.1                  |
| 2.0    | 12.3/8.9 | 279/247  | 77/80    | 0.1/0.1                  |
| 2.5    | 12.6/9.8 | 290/263  | 79/82    | 0.02/0.04                |
| 3.0    | 12.5/9.3 | 424/110  | 76/80    | 0.1/0.2                  |
| 3.5    | 11.0/8.1 | 391/1102 | 71/77    | 0.1/0.2                  |

2.4 Si69 改性硅藻土与白炭黑力学性能比较

改性偶联剂 Si69 处理的白炭黑与硅藻土填充各种橡胶力学性能的对比如表 4 所示。结果发现,除氟橡胶外,改性硅藻土对所有橡胶的影响不明显,对有些橡胶增强效果不如白炭黑,如顺丁橡胶和丁苯橡胶。热老化后力学性能极差,稍一用力就断裂,没有测得数据。由表 4 对比发现,硅藻土对氟橡胶、三元乙丙橡胶及丙烯酸酯橡胶有较好的增强效果,其中对氟橡胶的增强效果最为明显,说明硅藻土最适合增强氟橡胶。

表 4 Si69 处理的白炭黑和硅藻土对不同橡胶力学性能的影响

Table 4 Effect of silica and diatomaceous earth treated with Si69 on mechanical properties of various rubbers

| 橡胶           | 拉伸强度/MPa | 扯断伸长率/% | 邵氏 A 型硬度 | 磨耗 (cm <sup>3</sup> /km) |
|--------------|----------|---------|----------|--------------------------|
|              | 老化前/老化后  | 老化前/老化后 | 老化前/老化后  | 老化前/老化后                  |
| Si69-白炭黑作增强剂 |          |         |          |                          |
| 顺丁橡胶         | 1.9/—    | 221/—   | 45/60    | 0.7/0.9                  |
| 丁苯橡胶         | 2.0/—    | 410/—   | 53/60    | 0.6/0.8                  |
| 氟橡胶          | 9.85/6.3 | 247/231 | 78/80    | 0.03/0.05                |
| 三元乙丙橡胶       | 5.2/4.9  | 541/213 | 63/64    | 0.07/0.1                 |
| 丙烯酸酯橡胶       | 2.9/2.6  | 691/594 | 61/64    | 0.06/0.09                |
| 氯丁橡胶         | 10.1/8.3 | 542/122 | 58/87    | 0.05/0.07                |
| 丁腈橡胶         | 5.9/2.4  | 401/129 | 62/70    | 0.13/0.2                 |
| 硅橡胶          | 1.8/0.9  | 115/85  | 57/61    | 0.5/0.8                  |
| 天然橡胶         | 9.4/6.6  | 932/763 | 55/56    | 0.1/0.1                  |
| Si69-硅藻土作增强剂 |          |         |          |                          |
| 顺丁橡胶         | 1.8/—    | 200/—   | 45/58    | 0.5/0.7                  |
| 丁苯橡胶         | 1.9/—    | 329/—   | 51/59    | 0.4/0.5                  |
| 氟橡胶          | 12.6/9.8 | 290/263 | 79/82    | 0.02/0.04                |
| 三元乙丙橡胶       | 5.8/4.6  | 611/353 | 60/61    | 0.06/0.09                |
| 丙烯酸酯橡胶       | 4.8/3.6  | 714/688 | 61/67    | 0.06/0.08                |
| 氯丁橡胶         | 9.9/8.1  | 504/99  | 56/59    | 0.04/0.06                |
| 丁腈橡胶         | 5.5/2.3  | 424/110 | 60/70    | 0.1/0.2                  |
| 硅橡胶          | 1.2/0.6  | 122/68  | 54/59    | 0.7/0.7                  |
| 天然橡胶         | 5.6/4.6  | 720/590 | 65/66    | 0.1/0.1                  |

3 结 论

本文用黑龙江黑河产的硅藻土代替白炭黑来填充各种橡胶,采用高温处理法和超声分散技术对硅藻土进行了改性,制备了改性硅藻土/橡胶纳米复合材料,并对改性硅藻土进行粒度分析和红外光谱分析。通过对比,研究不同改性剂对硅藻土增强橡胶力学性能的影响,结果发现:采用硅烷偶联剂 Si69 改性效果最好,且用量为 2.5 份最佳。硅藻土对氟橡胶、三元乙丙橡胶及丙烯酸酯橡胶较白炭黑增强效果好,其中对氟橡胶的补强效果最为突出。通过本论文的研究发现,在对氟橡胶、三元乙丙橡胶和丙烯酸酯橡胶补强或填充方面,可以采用绿色环保且价格低廉的硅藻土替代白炭黑。

参考文献:

[ 1 ] Lorena M A, Silva, Fabiana D A, Elenilson G A, Filho, Marcos R M, Eduardo R A, Tiago V. Fuel, 2016, 86:50~57.  
[ 2 ] 魏绪玲,付含琦,郑聚成,龚光碧,刘燕萍,梁滔. 高分子通报,2014, 2: 31~35.  
[ 3 ] 张馨,乌仁其木格,李林英. 弹性体,2016, 26 (6): 56~59.  
[ 4 ] 刘霞. 橡胶参考资料,2016, 46 (3): 6~14.  
[ 5 ] Han J J, Zhang Y D, Wu C F, Xie L S, Ma Y L. J Macromol Sci, 2015, 54 (4): 401~410.  
[ 6 ] Yu P, He H, Jia Y C, Tian S H, Chen J, Jia D M, Luo Y F. Polym Test, 2016, 54: 176~185.  
[ 7 ] Gustavo G, Edgar C, Saúl C, Jonas H, Johanne M. Micropor Mesopor Mat, 2016, 219: 29~37.

A New Diatomaceous Earth Filled Rubber Nanocomposites

WU Wei-li\*, CHEN Zhe

(College of Materials Science and Engineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

**Abstract:** The problem of rubber filler has always been the hot topic. In view of the pollution problem of carbon black and silica in rubber production, the diatomaceous earth with similar structure to silica has been chosn to fill all kinds of rubbers in this work. Firstly, the diatomaceous earth has been modified with various modifiers to reinforce the rubbers. The results show that the modification effect of coupling agent Si69 with 2.5 phr is the best. The modified diatomaceous earth/rubber nano-composites were prepared by mechanical blending method. According to the mechanical properties tests, the more suitable diatomaceous earth reinforced rubbers were fluorine rubber (FKM), ethylene-propylene-diene monomer rubber (EPDM) and acrylate rubber (ACM). And green environmental protection and low cost of diatomaceous earth can replace silica to reinforce and fill fluorine rubber, ethylene-propylene-diene monomer rubber and acrylate rubber.

**Key words:** Modified-diatomaceous earth; Filler; Rubber; Composites; Mechanical properties