

高性能羧基化多壁碳纳米管/NR 复合材料的制备、结构与性能

吴 宁¹, 王振华¹, 张立群^{1,2*}

(1. 北京化工大学 北京市新型高分子材料制备与加工重点实验室, 北京 100029; 2. 北京化工大学 教育部纳米材料制备与应用科学重点实验室, 北京 100029)

摘要:以超声分散的羧基化多壁碳纳米管(MC)悬浮液填充天然胶乳,采用喷雾干燥法制备 MC/NR 复合材料,研究偶联剂 Si69 和 KH-550 改性对复合材料中填料分散及各项性能的影响。结果表明:喷雾干燥法制备的 MC/NR 复合材料中碳纳米管分散较好;偶联剂 Si69 和 KH-550 与 MC 表面的羧基发生了化学反应,使其在复合材料中的分散得到进一步改善;当 MC 用量高于 10 份时,KH-550 改性 MC/NR 复合材料表现出优异的物理性能和导电性能。

关键词:羧基化多壁碳纳米管;NR;复合材料;喷雾干燥;硅烷偶联剂

中图分类号:TQ330.38+3;TQ331.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2011)11-0645-08

橡胶因其特有的高弹性,常被用于制备动态条件下使用的制品,如传动带、轮胎等。由于橡胶是热的不良导体,在动态工况下橡胶制品内部产生的大量热无法及时导出,热量积聚所形成的高温往往会加速制品局部老化使其性能下降,最终导致制品提前损坏。此外,动态橡胶制品在使用过程中产生的静电积累往往会带来巨大的安全隐患。前人在解决动态生热方面进行了大量工作,主要有降低生热和及时导出生热两个思路,如通过使用低生热橡胶基体、加入硅烷偶联剂改善界面作用及填料分散、填充新型补强导热填料及时导出生热等^[1-3]。在静电防护方面则主要通过填充导电填料将产生的电荷及时导出^[4]。如果寻找到一种合适的填料使复合材料具有优异力学性能的同时,还具有良好的导电和导热性能,就可以同时解决橡胶制品的动态生热和静电积累两大问题。

碳纳米管因其优异的力学、光学、导电和导热性能以及在纳米复合材料领域巨大的应用潜力,已成为橡胶纳米复合材料领域的一个研究热点^[5-9]。由于小尺寸效应,较高的比表面能导致碳纳米管很容易在复合材料内发生团聚,使复合材

料的多方面优异性能大幅下降。近年来大量研究表明,原位聚合、喷雾干燥或对碳纳米管表面进行羧基化等方法均可有效改善碳纳米管在聚合物基体中的分散效果^[10-13]。

本工作采用十二烷基苯磺酸钠(SDBS)作为表面活性剂,通过喷雾干燥法制备分散较好的羧基化多壁碳纳米管(MWNT-COOH,简称 MC)/NR 复合材料,研究偶联剂 Si69 和 KH-550 改性对复合材料中填料分散以及物理性能的影响,进而优选改性效果较好的硅烷偶联剂作为改性剂,对高填充量下 MC/NR 复合材料的物理性能、导电性能和导热性能进行研究。

1 实验

1.1 主要原材料

MC,纯度大于 95%,管径小于 8 nm,长度为 10~30 μm ,化学气相沉积法制备,成都时代纳米有限公司产品;天然胶乳,北京乳胶制品厂提供;SDBS,分析纯,北京化工厂产品;偶联剂 Si69,分析纯,荆州市江汉精细化工有限公司产品;偶联剂 KH-550,分析纯,北京申达硅烷偶联剂厂产品。

1.2 试验配方

未改性 MC/NR 复合材料:NR 100,MC 10,氧化锌 5,硬脂酸 2,防老剂 4010NA 1,硫黄 2,促进剂 D 0.5,促进剂 DM 0.5,促进

作者简介:吴宁(1985—),女,北京人,北京化工大学在读硕士研究生,主要从事新型补强导热填料及橡胶补强理论的研究。

* 通信联系人

剂 TMTD 0.2。

不同偶联剂改性 MC/NR 复合材料:硅烷偶联剂(Si69 或 KH-550) 2,其余组分和用量同未改性 MC/NR 复合材料。

KH-550 改性 MC/NR 复合材料:MC 和偶联剂 KH-550 变量,其余组分和用量同未改性 MC/NR 复合材料。

1.3 试样制备

1.3.1 硅烷偶联剂改性 MC

将一定量的 MC 和硅烷偶联剂混合,加入适量的乙醇并超声分散 30 min 制成悬浮液,置于 110 °C 烘箱中脱去乙醇,升温至 143 °C 反应 30 min,然后置于乙醇体系中进行索氏抽提,抽提时间为 60 h,最后在真空烘箱中脱去乙醇,即得偶联剂改性 MC。

1.3.2 MC/NR 悬浮液

将一定量的 MC 浸润在含表面活性剂 SDBS 的去离子水中,其中 SDBS 和 MC 的质量比为 6 : 10,混合液中固形物质量分数约为 0.01,然后用超声细胞粉碎机将混合液进行超声分散处理约 3 h,使碳纳米管在去离子水中充分分散。将混合液加入到一定量的天然胶乳中,加入适量的水稀释使混合液中固形物质量分数约为 0.1,机械搅拌 30 min,待喷雾干燥使用。

1.3.3 MC/NR 母胶

将 MC/NR 悬浮液通过计量泵输入瑞士 Buchi 公司生产的 B-290 型喷雾干燥仪中,采用喷雾干燥法制得 MC/NR 母胶。试验条件为:空气进口温度 190 °C,通针频率 6 次·min⁻¹,进料率 20%。

1.3.4 MC/NR 复合材料

在 MC/NR 母胶中按常规加料顺序依次添加橡胶助剂,按常规的橡胶加工工艺在广东湛江机械厂生产的 $\Phi 160$ mm $\times$ 320 mm 开炼机上混炼。用北京环峰化工机械实验厂生产的 P3555B2 型硫化仪测定 t_{90} 后,于浙江湖州东方机械有限公司生产的 XLB-D 350 $\times$ 350 型电热平板硫化机上硫化试样,硫化条件为 143 °C $\times$ t_{90} 。

1.4 测试分析

1.4.1 扫描电子显微镜(SEM)分析

采用美国 FEI 公司生产的 XL-30 型 SEM 进

行分析,试样采用冷冻淬断断面,断面表面喷金处理。

1.4.2 透射电子显微镜(TEM)分析

冷冻超薄切片制样,通过日本日立公司生产的 H-800-1 型 TEM 观察共混物相态结构,加速电压为 200 kV。

1.4.3 X 射线光电子能谱(XPS)分析

采用美国 Thermo Electron 公司生产的 ESCALAB 250 型 XPS 仪(1 486.6 eV 光子)进行分析,X 射线源在 150 W 减速源下得到,用来分析物质元素及其含量。

1.4.4 傅里叶转换红外光谱(FTIR)分析

采用德国 Bruker 公司生产的 TENSOR 27 型 FTIR 仪测试硅烷偶联剂改性后 MC 的表面化学组成,波数范围为 400~4 000 cm⁻¹,分辨率为 4 cm⁻¹。

1.4.5 拉伸性能

使用深圳市新三思材料检测有限公司生产的 CMT4104 型电子拉力机于 23 °C 下对试样进行拉伸性能测试,拉伸速率为 500 mm·min⁻¹。

1.4.6 动态热力学分析(DTMA)

采用美国流变科学仪器有限公司生产的 DMTA V 型 DTMA 仪进行测试。测量条件为:拉伸模式,频率 10 Hz,应变幅度 0.1%,升温速率 3 °C·min⁻¹,温度范围 -100~+60 °C。

1.4.7 导电性能

采用美国安捷伦科技有限公司生产的 4294 型阻抗分析仪进行测定。

1.4.8 导热性能

采用美国 Laser Comp 公司生产的 HC-110 型热流量仪测定热导率。试样尺寸为 $\Phi 51$ mm $\times$ 6 mm,冷热板温度分别为 40 和 60 °C,接触压力为 414 kPa。

2 结果与讨论

2.1 MC 的微观形貌

MC 的 SEM 和 TEM 照片分别如图 1 和 2 所示。可以看出,MC 的管状结构明显,管径约为 10 nm,长径比很大。由于碳纳米管二维尺寸小于 100 nm,因此其比表面积较大,表面能高,碳纳米管之间聚集缠绕现象较为明显。

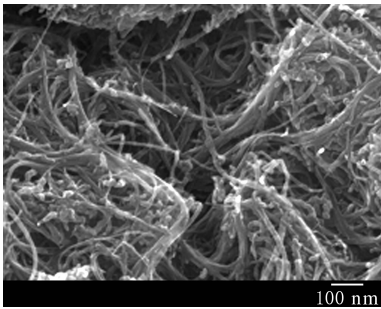


图 1 MC 的 SEM 照片(放大 10 万倍)

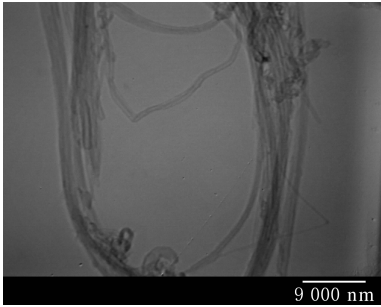


图 2 MC 的 TEM 照片(放大 20 万倍)

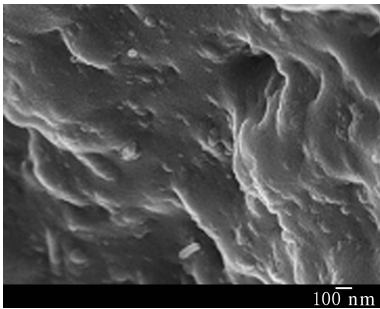
2.2 硅烷偶联剂改性对 MC/NR 复合材料中填料分散的影响

不同硅烷偶联剂改性的 MC/NR 复合材料低温淬断面的 SEM 照片如图 3 所示。可以看出: MC 由于经过羧基化处理,与 NR 基体之间的界面作用较强,在碳纳米管边缘未出现明显的相分离现象;加入硅烷偶联剂后,其界面相互作用得到了进一步加强。

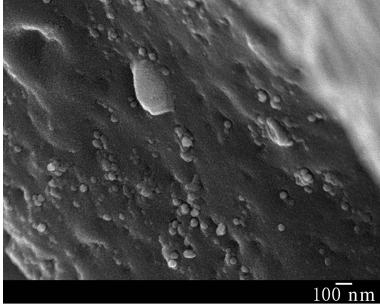
不同硅烷偶联剂改性的 MC/NR 复合材料的 TEM 照片如图 4 所示。可以看出:喷雾干燥法制备的 MC/NR 复合材料中,MC 在 NR 中分散较为均匀,可视区域内未出现明显的聚集缠绕;而经过硅烷偶联剂改性的纳米复合材料中 MC 分散更为均匀,尤其是经 KH-550 改性后。这一结果表明通过超声预分散以及喷雾干燥等技术可使 MC 较为均匀地分散在 NR 基体中,而硅烷偶联剂改性则可以进一步改善分散效果。

2.3 硅烷偶联剂改性 MC 的机理

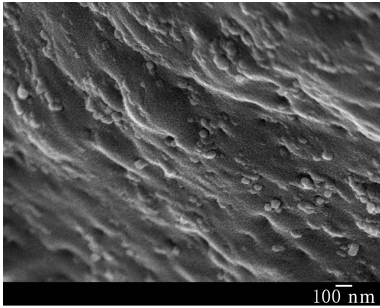
不同硅烷偶联剂改性前后 MC 的 FTIR 谱如图 5 所示。通过对比可以看到:经过偶联剂 Si69 改性后的 MC 表面在 $2\,922\text{ cm}^{-1}$ 处出现了一 CH_2 — 伸缩振动峰,并且在 $1\,098\text{ cm}^{-1}$ 处出现了一 SiO — 伸缩振动峰;而经过偶联剂 KH-



(a) 未改性



(b) Si69 改性



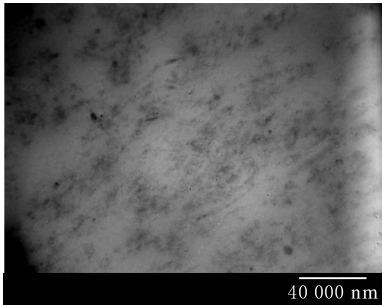
(c) KH-550 改性

图 3 不同硅烷偶联剂改性的 MC/NR 复合材料的 SEM 照片(放大 5 万倍)

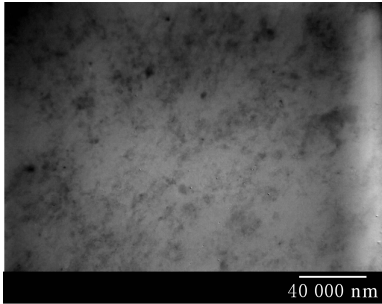
550 改性后的 MC 表面除了出现了 $2\,922\text{ cm}^{-1}$ 处的 — CH_2 — 伸缩振动峰和 $1\,098\text{ cm}^{-1}$ 处的一 SiO — 伸缩振动峰外,在 $1\,628\text{ cm}^{-1}$ 处还出现了一 NH — 的伸缩振动峰。未改性的 MC 表面在相应位置未发现类似的吸收峰,因此可以初步判断偶联剂 Si69 和 KH-550 在高温条件下均可以与 MC 表面的羧基发生缩合反应,并接枝在碳纳米管表面。

不同硅烷偶联剂改性前后 MC 的 XPS 谱如图 6 和 7 所示,元素分析如表 1 所示。

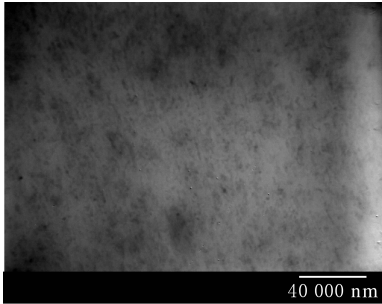
从图 6 和 7 可以看出:Si69 改性 MC 的 XPS 谱中出现了 Si 和 S 元素的特征峰;而 KH-550 改性



(a)未改性

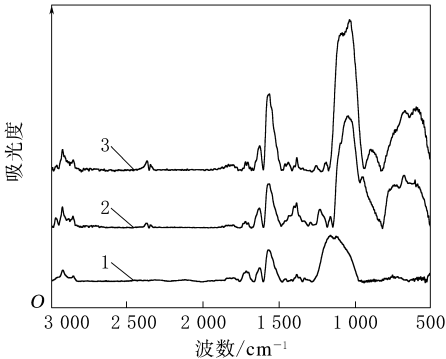


(b)Si69 改性



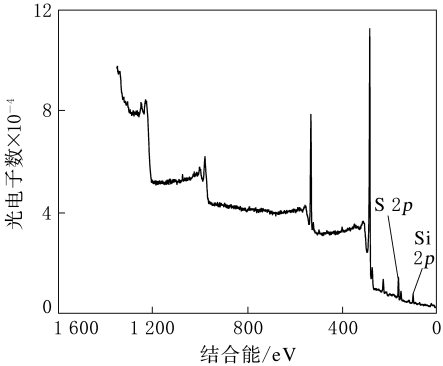
(c)KH-550 改性

图 4 不同硅烷偶联剂改性的 MC/NR 复合材料的 TEM 照片(放大 5 万倍)

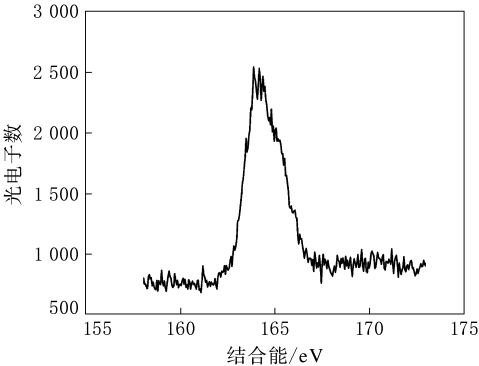


1—未改性;2—Si69 改性;3—KH-550 改性。

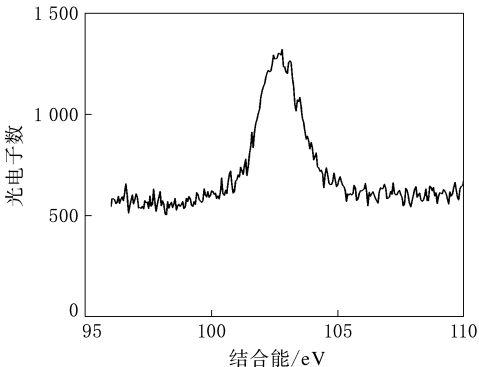
图 5 不同硅烷偶联剂改性前后 MC 的 FTIR 谱



(a)全图



(b)S2p



(c)Si2p

图 6 Si69 改性 MC 的 XPS 谱

MC 的 XPS 谱中出现了 Si 和 N 元素的特征峰。从表 1 的元素分析数据可知,未改性 MC 只含有 C 和 O 两种元素(H 元素不能被 XPS 检测),而硅烷偶联剂改性后的 MC 所含元素和元素含量均发生了变化,且与硅烷偶联剂的元素组成相对应。这一结果与 FTIR 分析结果相一致,偶联剂 Si69 与 KH-550 在改性过程中确实与 MC 表面的羧基发生了化学反应,并接枝在碳纳米管表面。

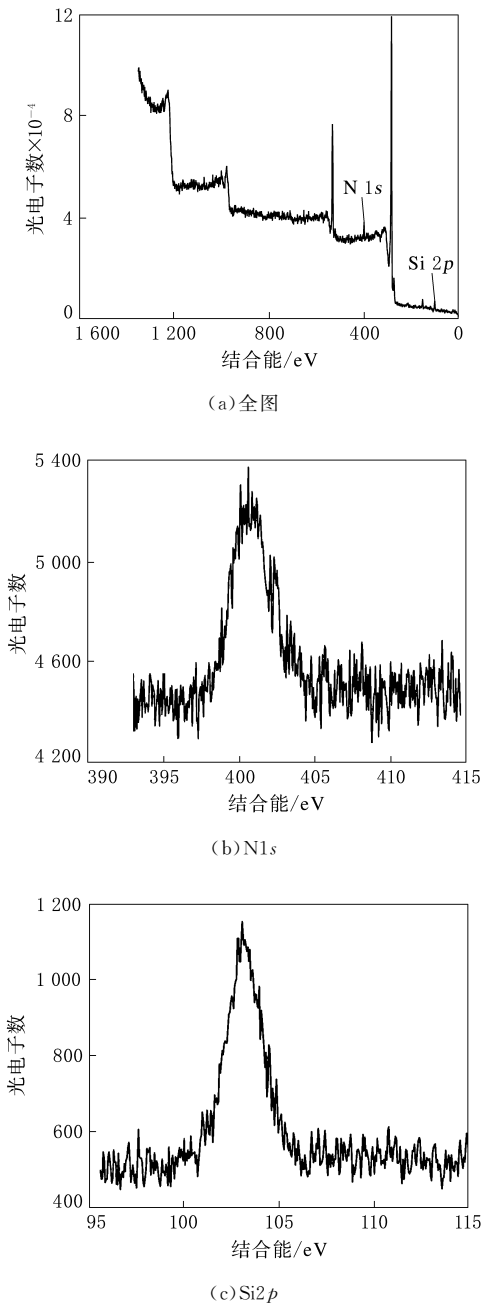


图 7 KH-550 改性 MC 的 XPS 谱

表 1 不同硅烷偶联剂改性 MC 的 XPS 元素质量分数			
元 素	未改性 MC	Si69 改性 MC	KH-550 改性 MC
C	0.948 9	0.794 1	0.820 8
O	0.051 1	0.129 0	0.124 1
Si	—	0.037 5	0.028 4
S	—	0.039 4	—
N	—	—	0.026 7

2.4 硅烷偶联剂改性对 MC/NR 复合材料性能的影响

2.4.1 物理性能

硅烷偶联剂改性对 MC/NR 复合材料物理性能的影响如表 2 所示。

表 2 硅烷偶联剂改性对 MC/NR 复合材料物理性能的影响

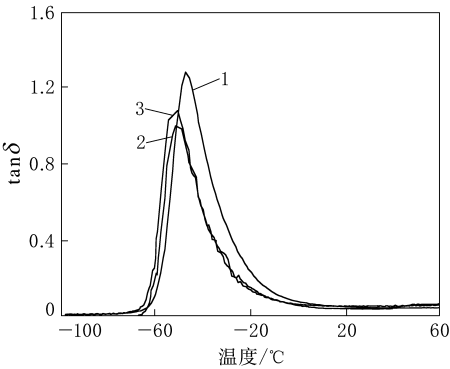
项 目	未改性 MC	Si69 改性 MC	KH-550 改性 MC
邵尔 A 型硬度/度	58	64	62
100%定伸应力/MPa	2.1	2.4	2.3
300%定伸应力/MPa	5.3	6.7	6.4
拉伸强度/MPa	22.1	12.5	17.5
拉伸伸长率/%	540	412	512

从表 2 可以看到,硅烷偶联剂改性后 MC/NR 复合材料的拉伸强度和拉伸伸长率有所下降,而 100%及 300%定伸应力均增大。这主要是由于硅烷偶联剂的加入增大了 MC 表面与 NR 大分子链之间的相互作用,提高了碳纳米管与橡胶基体之间的粘合力,但同时也阻碍了拉伸过程中 NR 的拉伸结晶行为,综合结果导致复合材料的拉伸伸长率和拉伸强度有所下降;而界面作用的增强对小应变下束缚橡胶分子链运动更为有利,因而复合材料定伸应力出现较明显的提高。

2.4.2 动力学学性能

不同硅烷偶联剂改性 MC/NR 复合材料的损耗因子(tanδ)-温度曲线如图 8 所示。

从图8可以看出,经偶联剂Si69和KH-550



注同图 5。

图 8 不同硅烷偶联剂改性 MC/NR 复合材料的 tanδ-温度曲线

改性后,MC/NR 复合材料的玻璃化转变区域对应的峰高下降,且玻璃化温度(T_g)向低温方向移动。表明加入硅烷偶联剂后,碳纳米管与橡胶大分子的界面相互作用有所提高。而偶联剂改性后复合材料的 T_g 向低温方向移动,可能是由于部分硅烷偶联剂未能富集在 MC 表面发生反应,而是在复合材料内部出现了塑化效果,从而导致复合材料出现 T_g 降低的现象。

60℃下的 $\tan\delta$ 值通常用来间接表征复合材料的动态生热能力。从图 8 可以看出,硅烷偶联剂改性后 MC/NR 复合材料在 60℃下的 $\tan\delta$ 出现微小上升,这可能是由于在橡胶混炼加工过程中,碳纳米管因其自身很高的长径比而极易发生断裂进而形成较短的碳管,而硅烷偶联剂改性改善了填料分散状态,有可能导致小应变下棒状的短碳管之间的相互摩擦加剧,从而使得复合材料的 $\tan\delta$ 没有下降反而略微上升。

2.5 偶联剂 KH-550 改性 MC/NR 纳米复合材料的性能

对比偶联剂 Si69 和 KH-550 的改性效果可以看出,KH-550 由于其所带的氨基与 MC 表面的羧基更易发生化学反应,因而对 MC/NR 复合材料具有更好的改性效果,改性后的复合材料拉伸性能也更为优异,因此后续试验主要研究 KH-550 改性 MC/NR 复合材料的性能。

2.5.1 物理性能

KH-550 改性 MC 用量对 MC/NR 纳米复合材料物理性能的影响如表 3 所示。

表 3 KH-550 改性 MC 用量对 MC/NR 复合材料物理性能的影响

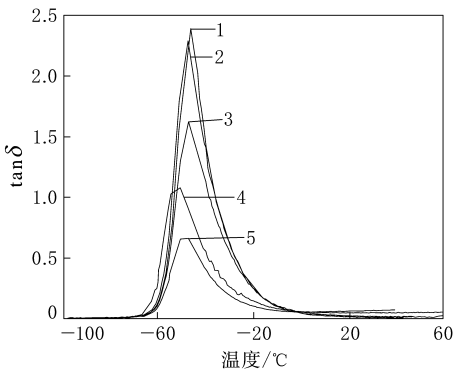
项 目	MC/KH-550 并用比				
	0/2	1/2.02	5/2.1	10/2.2	20/2.4
邵尔 A 型硬度/度	44	47	56	64	74
100%定伸应力/MPa	1.0	1.0	1.6	2.0	2.3
300%定伸应力/MPa	2.5	3.0	4.7	4.8	5.0
拉伸强度/MPa	25.0	21.2	18.4	20.7	21.9
拉断伸长率/%	628	611	535	596	623

从表 3 可以看出,KH-550 改性 MC/NR 复合材料的拉伸强度和拉断伸长率随着 MC 用量的增大呈现先减小后增大的趋势,而 100%和 300%定伸应力始终随着 MC 用量的增大而增

大。这主要是由于混炼过程中 MC 发生断裂形成较短的棒状结构,使其出现类似短纤维补强橡胶的规律^[14],即在体积分数较小时,小应变下界面剪应力的迅速增大造成 MC 末端脱胶进而导致材料未到达拉伸应力的较高水平就已提前破坏,拉断伸长率与拉伸强度均下降;而在体积分数较大时,界面面积增大造成小应变下剪应力相对减小,使得 MC 末端脱胶现象不会提前出现,复合材料整体拉伸强度较高。此外,由于 MC 与橡胶基体之间的界面面积增大,复合材料的定伸应力也随之增大。

2.5.2 动态力学性能

KH-550 改性 MC 用量对 MC/NR 复合材料 $\tan\delta$ -温度曲线的影响如图 9 所示。



MC/KH-550 并用比:1—0/2;2—1/2.02;
3—5/2.1;4—10/2.2;5—20/2.4。

图 9 KH-550 改性 MC 用量对 MC/NR 复合材料 $\tan\delta$ -温度曲线的影响

从图 9 可以看出,随着 KH-550 改性 MC 用量的增大,复合材料的 $\tan\delta$ 值变小,而 T_g 有向低温方向移动的趋势,60℃下的 $\tan\delta$ 值逐渐增大。这主要是由于加入填料后产生了稀释作用,即体积效应; T_g 的降低可能是由于部分未接枝到 MC 表面的 KH-550 小分子在复合材料内产生一定的增塑效果,从而导致复合材料整体表现出 T_g 降低的趋势。

2.5.3 导电性能

碳纳米管与常用的导电或导热填料不同,具有很高的长径比,即使在橡胶混炼后发生断裂,其仍可在较低用量下使碳纳米管之间相互接触形成导电导热网链,同时碳纳米管复合材料还具有明

显的各向异性,因此在导电导热功能复合材料的制备方面具有特有的优势。

KH-550 改性 MC/NR 复合材料沿平行和垂直 MC 取向方向上的电阻率如表 4 所示。

表 4 KH-550 改性 MC/NR 复合材料沿平行和垂直 MC 取向方向上的电阻率 $M\Omega \cdot m$

方 向	MC/KH-550 并用比				
	0/2	1/2.02	5/2.1	10/2.2	20/2.4
与取向方向平行	965	314	385	4.22	0.010 5
与取向方向垂直	965	306	243	53.9	0.026 5

从表 4 可以看出:MC/NR 复合材料的电阻率随着碳纳米管用量的增大逐渐减小,在用量为 20 份时达到 $1.05 \times 10^4 \Omega \cdot m$,约为纯胶的 10^{-5} ;在用量高于 5 份时电阻率迅速下降,很可能此时已经出现了导电网链结构;平行和垂直 MC 取向两个方向上测得的电阻率在低用量时差异较小,高用量时差异十分明显,平行方向上测得的电阻率明显小于垂直方向。这主要是由于用量较低时 MC 之间还未形成导电网链,因而各向异性不明显。

2.5.4 导热性能

KH-550 改性 MC 用量对 MC/NR 复合材料热导率的影响如图 10 所示。

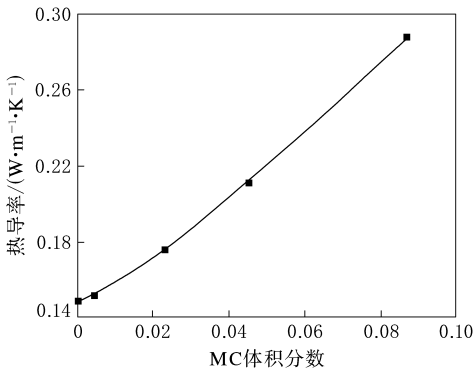


图 10 KH-550 改性 MC 用量对 MC/NR 复合材料热导率的影响

从图 10 可以看出,随着 MC 体积分数的增大,复合材料的热导率逐渐增大,在体积分数约为 0.087 时,热导率达到 $0.29 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$,约为纯胶的 2 倍;整体变化趋势基本呈线性规律,并未出现明显的导热逾渗现象。这主要是由于橡胶复合材料的导热机理与导电机理具有较大差异,复

合材料导热逾渗现象不仅需要形成导热网链,还需要导热网链达到一定数量,才可使热导率迅速上升。MC 因其形状系数的优势更易形成导热网链,但受较小体积分数的制约,导热网链数量无法满足导热逾渗的需求,因而在研究范围内无法观察到导热逾渗现象。

3 结论

(1)采用 SDBS 作为表面活性剂,通过超声分散及喷雾干燥等工艺技术成功制备了 MC/NR 复合材料,有效地改善了碳纳米管在橡胶复合材料中的分散状态。

(2)偶联剂 Si69 与 KH-550 均可与 MC 发生化学反应并接枝在其表面,在提高 MC 与橡胶基体之间相互作用的同时,进一步改善了 MC 在复合材料中的分散,赋予复合材料更加优异的物理性能。

(3)MC 用量较高时,KH-550 改性 MC/NR 复合材料不仅表现出优异的物理性能,同时还具有良好的导电和导热性能,从而在制备防静电轮胎以及解决胎肩胶生热破坏问题等方面具有特有的优势。受目前碳纳米管工业化规模小、单独使用成本较高等因素制约,未来将炭黑与碳纳米管复配制备新型轮胎制品更具有实际意义。

参考文献:

[1] 吴友平,赵青松,赵素合. 偶联剂 Si69 原位改性白炭黑 SBR 胶料性能的影响[J]. 橡胶工业,2008,55(2):75-79.

[2] 王雷,赵素合. 几种新型胎面用 SBR 的结构与性能[J]. 橡胶工业,2009,56(11):659-664.

[3] 王振华,卢咏来,张立群. 纳米氧化锌/EPDM 复合材料的性能研究[J]. 橡胶工业,2009,56(10):581-587.

[4] 王雷,赵素合. 白炭黑/炭黑/SBR 复合材料的结构和抗静电性研究[J]. 橡胶工业,2009,56(12):709-715.

[5] Iijima S. Helical Microtubules of Graphitic Carbon[J]. Nature,1991,354(7):56-59.

[6] Ebbesen T W. Carbon Nanotubes[J]. Phys. Today,1996,49(6):26-32.

[7] Treacy M M,Ebbesen T W,Gibson J M. Exceptionally High Young's Modulus Observed for Individual Carbon Nanotubes [J]. Nature,1996,381(6584):678-680.

[8] Cadek M,Coleman J N,Ryan K P, et al. Reinforcement of Polymers with Carbon Nanotubes: The Role of Nanotube Surface Area[J]. Nano Letters,2004,4(2):353-356.

- [9] Wei C, Srivastava D, Cho K. Thermal Expansion and Diffusion Coefficients of Carbon Nanotube-polymer Composites [J]. Nano Letters, 2002, 2(6): 647-650.
- [10] Yao X, Wu H X, Wang Joseph, et al. Carbon Nanotube/poly (methyl methacrylate) (CNT/PMMA) Composite Electrode Fabricated by In Situ Polymerization for Microchip Capillary Electrophoresis [J]. Chemistry, 2007, 13(3): 846-853.
- [11] Shaffer M S P, Fan X, Windle A H. Dispersion and Packing of Carbon Nanotubes [J]. Carbon, 1998, 36 (11): 1603-1611.
- [12] Zhou X W, Zhu Y F, Gong Q M. Preparation and Properties of the Powder SBR Composites Filled with CNTs by Spray Drying Process [J]. Materials Letters, 2006, 60 (29-30): 3769-3775.
- [13] Wang J D, Zhu Y F, Zhou X W. Preparation and Mechanical Properties of Natural Rubber Powder Modified by Carbon Nanotubes [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2006, 100(6): 4697-4702.
- [14] 张立群, 金日光, 耿海萍, 等. 短纤维橡胶复合材料强度的理论研究. I. 纵度的理论预测 [J]. 复合材料学报, 1998, 15 (4): 89-96.

收稿日期: 2011-05-25

Preparation, Structure and Properties of High-performance MWNT-COOH/NR Composite

WU Ning, WANG Zhen-hua, ZHANG Li-qun

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029)

Abstract: Carboxylated MWNT-COOH(MC)/NR composite was prepared by spray drying method from NR latex filled with supersonically dispersed suspension of MC, and the effects of coupling agent Si69 and KH-550 on filler dispersion and properties of composite were studied. The results showed that the dispersion of MC in MC/NR composite prepared by spray drying method was good. Coupling agent Si69 and KH-550 chemically reacted with carboxyl group on MC, which led to further improvement on the dispersion of MC. When the addition level of MC was more than 10 phr, KH-550 modified MC/NR composite showed excellent physical properties and electrical conductivity.

Key words: MWNT-COOH; NR; composite; spray drying; silane coupling agent

普利司通在美国境内轮胎日产量 将增加 13 000 条

中图分类号: TQ336.1 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2011年9月26日报道:

普利司通美洲公司正在建设 20.83 万 m² 的厂房,以扩大其美国境内轮胎产量。此外,该公司还将对其位于田纳西州沃伦郡的工厂投资 3 660 万美元。

上周该公司声称,将在其南卡罗来纳州艾肯郡的轿车和轻型载重轮胎厂再新增 4.41 万 m² 厂房,之前,该公司于 2010 年 7 月已经宣布在此厂增建 2.47 万 m² 的厂房,该厂厂房总计将扩张近 7 万 m²。艾肯厂原日产能为 25 000 条轿车和

轻型载重轮胎,这次扩产将使其日产能在原来的基础上新增 12 000 条轮胎。

在艾肯厂附近将新建面积为 13.95 万 m² 的新工程机械子午线轮胎厂。新厂将生产大型和巨型工程机械轮胎,这些轮胎目前仅由其日本下关和北九州厂生产。预计新厂将使该公司在美国的工程机械子午线轮胎日产量接近 100 条。

对田纳西州沃伦厂的投资将使其载重轮胎日产能增加 900 条,届时沃伦厂的日产能将达到 8 000 条载重轮胎和公共汽车轮胎。

当所有在建项目竣工时,普利司通在美国的轮胎日产能将增加约 13 000 条,即其在美国 6 家工厂总产能提高 15%,投资超过 13 亿美元。

(赵敏摘译 吴秀兰校)