

木质素酚醛树脂/丁苯橡胶复合材料的研究

徐建双, 谭雅婷, 刘 滔, 王 曦, 苏胜培*

(湖南师范大学 资源精细化与先进材料重点实验室, 湖南 长沙 410081)

摘要:以木质素部分替代苯酚合成木质素酚醛树脂(LPF),制备 LPF/丁苯橡胶(SBR)复合材料,并对其形态结构、物理性能和热稳定性进行研究。结果表明:LPF(木质素/苯酚用量比 30/70)/SBR 复合材料出现相分离,当 LPF 用量大于 25 份时,LPF 与 SBR 相互穿插,形成互穿网络结构。加入 LPF 可以改善复合材料的物理性能,当 LPF 中木质素/苯酚用量比为 30/70、LPF 用量为 25 份时,LPF/SBR 复合材料的综合性能最佳。与 SBR 硫化胶相比,LPF/SBR 复合材料质量损失率为 5%时的温度降低,质量损失率为 50%时的温度升高,质量保持率增大。

关键词:木质素酚醛树脂;丁苯橡胶;复合材料;物理性能;热稳定性

中图分类号:TQ330.1;TQ330.38⁺3 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2013)06-0331-07

木质素(lignin)是自然界中含量仅次于纤维素的天然高分子,每年以 5×10^{10} t 的速度再生。从制浆废液中提取的木质素一般以碱木质素形式存在,相对分子质量在几百到几百万之间,具有显著的多分散性和良好的性能^[1]。

木质素是一种结构复杂的芳香族天然高分子,具有三维网状空间结构,含有多种功能基团,其基本组成结构主要有 3 种:对羟基苯丙烷结构、愈创木基苯丙烷结构、紫丁香基苯丙烷结构。木质素结构单元之间的连接方式较多且位置不同,具有潜在的反应性能和反应点,因此可对其进行化学改性,开发木质素型化工材料。

在应用和研究较为活跃的木质素/高分子材料领域^[2-4],可通过化学反应和物理共混将木质素与酚醛树脂、聚氨酯、聚烯烃等复合,提高材料的性能并降低成本。木质素兼具刚性网络和柔顺侧链结构,并含有众多活性基团,常作为橡胶补强剂^[5-8]。木质素酚醛树脂(lignin-phenol-formaldehyde,简称 LPF)是利用木质素中的大量苯酚结构单元替代苯酚制备的一种改性酚醛树脂^[9-10]。目前,LPF 的研究主要集中在以木质素

为基础的胶粘剂产品方面^[11-12]。基于改性酚醛树脂的热固化特性,本工作利用木质素合成 LPF,制备生物基 LPF/丁苯橡胶(SBR)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

马尾松木质素,重均相对分子质量及其分布分别为 950 和 1.35,怀化市洪江万源化工有限公司产品;SBR,牌号为 1502,中国石油化工股份有限公司产品。

1.2 试验配方

SBR 100,氧化锌 5,硬脂酸 2,硫黄 2.5,促进剂 CZ 1.5,LPF 变量。

1.3 主要设备和仪器

TY-6002 型无转子硫化仪和 160 mm×320 mm 开炼胶,江都市天源试验机械有限公司产品;YJTJB 型液压机,成都航发液压工程有限公司产品;DHG-9075 型电热鼓风干燥箱,上海恒一科技有限公司产品;SM-6360LV 型扫描电子显微镜(SEM),日本电子公司产品;邵尔 A 型硬度计,上海实验仪器厂有限公司产品;WDW3020 型微控电子万能试验机,长春科新实验仪器有限公司产品;STA-409PC 型综合热重(TG)分析仪和 DSC-200 F3 型差示扫描量热(DSC)仪,德国耐驰公司产品。

基金项目:湖南师范大学潇湘学者启动资金资助项目(化050613)

作者简介:徐建双(1986—),女,云南腾冲人,湖南师范大学在读硕士研究生,主要从事高分子材料的研究。

* 通信联系人

1.4 试样制备

1.4.1 LPF

将木质素、苯酚、氢氧化钠、甲醛、乙醇装入三颈烧瓶中,搅拌升温至 80 ℃ 反应 4 h,在 60 ℃ 下减压脱水得 LPF。苯酚/甲醛的摩尔比为 1:1.5,氢氧化钠用量为苯酚质量的 5%,乙醇用量为苯酚质量的 100%,木质素与苯酚的用量比分

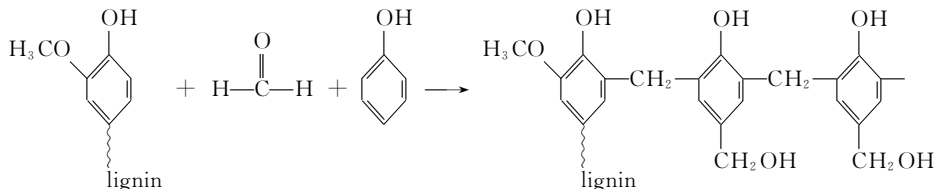


图1 木质素酚醛树脂的合成反应过程

1.5 测试分析

(1)微观结构。复合材料拉伸断面采用 SEM 进行观察并拍照,试样表面进行喷金处理。

(2)DSC 分析。试验条件:温度范围 -80~+200 ℃,升温速率 10 ℃·min⁻¹,氮气气氛,液氮冷却。

(3)物理性能。拉伸性能按 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》用 4 mm 裁刀切成哑铃形样条,然后按 HG/T 3868—2006《硫化橡胶 高温拉伸强度和拉伸伸长率的测定》进行测试;硬度按 GB/T 6031—1998《硫化橡胶或热塑性橡胶硬度的测定》进行测试。

(4)TG 分析。试验条件为:温度范围 室温~800 ℃,升温速率 20 ℃·min⁻¹,氮气气氛。

2 结果与讨论

2.1 红外分析

图2所示为木质素、酚醛树脂和 LPF(木质素/酚醛树脂用量比为 30/70)的红外光谱。

从图2可以看出:酚醛树脂在 3 350 cm⁻¹处为 O—H 振动吸收峰;2 950,2 880 和 1 480 cm⁻¹处分别为 —CH₂— 的反对称、对称伸缩振动和剪式振动吸收峰;1 600 和 1 510 cm⁻¹处为苯环上 C=C 骨架振动吸收峰;1 270 cm⁻¹处为酚羟基上的 C—O 吸收峰;1 010 cm⁻¹处为羟甲基上的 C—O 吸收峰,与文献[13]报道一致。LPF 与酚醛树脂具有相似的红外特征吸收峰,说明

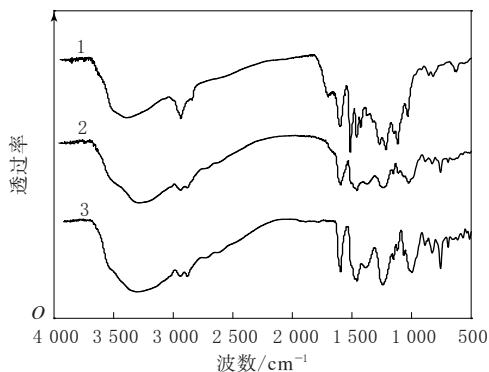
别为 30/70,50/50,70/30 和 100/0。LPF 的合成反应过程如图1所示。

1.4.2 LPF/SBR 复合材料

将不同用量比的 LPF/SBR 加入配合剂后在开炼机上常温混炼 1 h,室温放置 24 h;加入硫化剂在开炼机上混炼 20 min,室温放置 24 h 后进行硫化,硫化条件为 160 ℃/10 MPa×60 min。

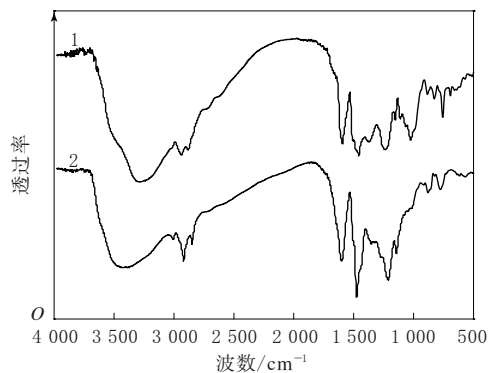
LPF 与酚醛树脂具有相似的化学结构^[14]。

为了证明 LPF 具有加热自交联的性质,将 LPF 于 160 ℃ 下固化 3 h,固化前后 LPF 的红外光谱如图3所示。



1—木质素;2—LPF;3—酚醛树脂。

图2 木质素、酚醛树脂和 LPF 的红外光谱



1—固化前;2—固化后。木质素/苯酚用量比 30/70。

图3 固化前后 LPF 的红外光谱

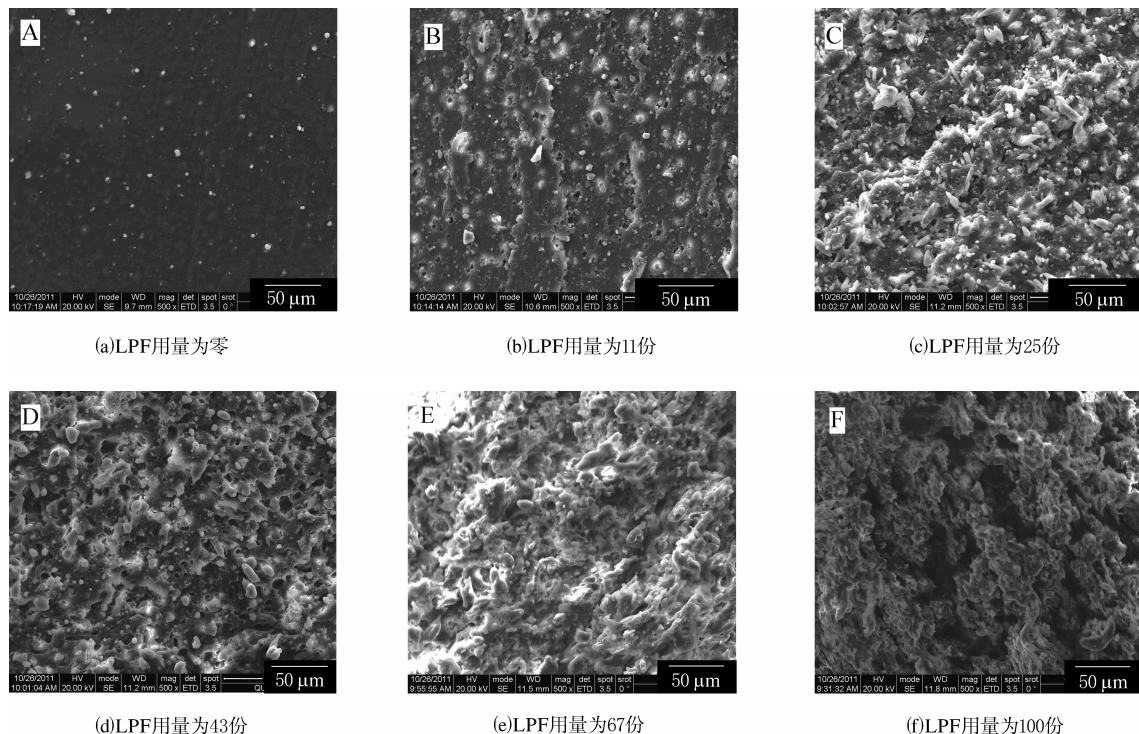
从图3可以看出,固化后的LPF在 $1\ 010\text{ cm}^{-1}$ 处无明显羟甲基 C—O 吸收峰,以苯环 $1\ 600$ 和 $1\ 510\text{ cm}^{-1}$ 处的 $\text{C}=\text{C}$ 骨架振动吸收峰为参照,固化 LPF 的 $-\text{CH}_2-$ 在 $2\ 950, 2\ 880$ 和 $1\ 480\text{ cm}^{-1}$ 处的特征吸收峰增强,说明 LPF 发生了羟甲基缩合反应,也说明成功合成了热固性的 LPF。

2.2 SEM 分析

LPF/SBR 复合材料拉伸断面的 SEM 照片如图4所示。

由于 SBR 是柔软的弹性体^[15],固化 LPF 是

硬质树脂^[13],二者材质差异较大。从图4可以看出,SBR 硫化胶的拉伸断面较为平整,加入 LPF 后复合材料的拉伸断面变粗糙,随着 LPF 用量的增大,复合材料断面的粗糙程度加剧。此外,当 LPF 用量较小时,交联的 LPF 以颗粒形式分散在 SBR 基体中[图4(b)]。从图4(d)~(f)可以看出,当 LPF 用量大于 25 份时,LPF 呈连续相,与 SBR 相互贯穿形成互穿网络结构^[16]。这说明 LPF/SBR 复合材料中出现相分离,形成两相聚合物,且 LPF 用量大于 25 份后,LPF 与 SBR 相互贯穿,形成互穿网络结构。



放大 500 倍。LPF 中木质素/苯酚用量比 30/70。

图4 LPF/SBR 复合材料拉伸断面的 SEM 照片

图5所示为 SBR 硫化胶、LPF/SBR 复合材料和固化 LPF 的 DSC 曲线。

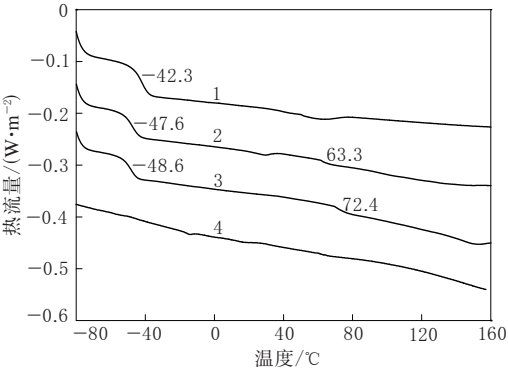
从图5可以看出:SBR 硫化胶的玻璃化温度(T_g)为 $-42.3\text{ }^{\circ}\text{C}$;固化后的 LPF 在测试温度范围内没有出现明显的 T_g ;两种 LPF/SBR 复合材料均出现了 T_{g1} 和 T_{g2} ,且随着 LPF 用量的增大, T_{g1} 降低、 T_{g2} 升高。复合材料的 T_{g1} 没有升高,说明复合材料中两相相容性较差,该结论与 SEM 结果保持一致。

2.3 物理性能

2.3.1 硫化条件的影响

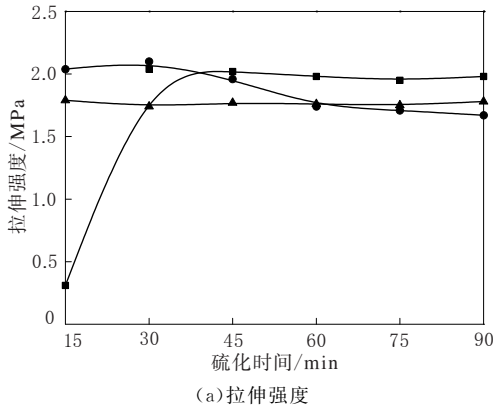
SBR 硫化胶和 LPF/SBR 复合材料(LP F 用量为 43 份)在不同硫化条件下的物理性能如图6和7所示。

从图6可以看出:当硫化温度为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,随着硫化时间的延长,SBR 硫化胶的拉伸强度先增大后略有减小,拉伸伸长率增大;当硫化温度为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,硫化时间在 30 min 内的SBR硫化胶拉

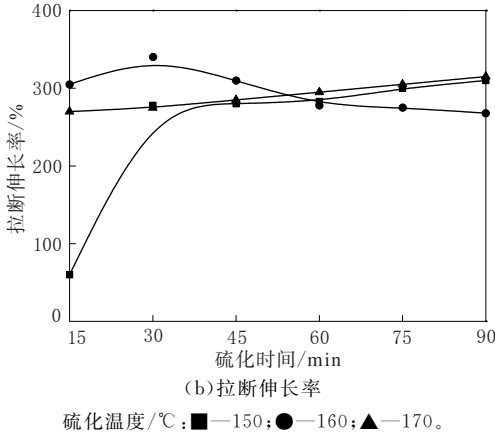


1—SBR 硫化胶;2 和 3—LPF/SBR 复合材料(LP F 用量分别为 25 和 67 份);4—固化 LPF。LPF 中木质素/苯酚用量比 30/70。

图 5 SBR 硫化胶、LPF/SBR 复合材料和
固化 LPF 的 DSC 曲线



(a) 拉伸强度

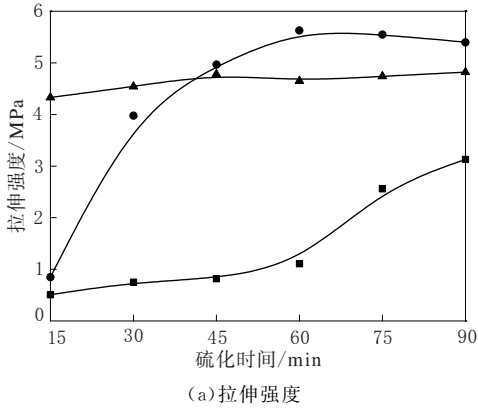


(b) 拉断伸长率

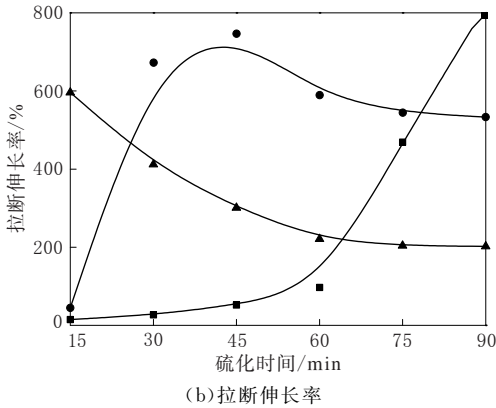
硫化温度/℃: ■—150; ●—160; ▲—170。

图 6 硫化条件对 SBR 硫化胶物理性能的影响

伸强度变化不明显,硫化时间超过 30 min 后,拉伸强度呈减小趋势,拉断伸长率先增大后减小;当硫化温度为 170 °C 时,随着硫化时间的延长,SBR 硫化胶的拉伸强度变化不明显,拉断伸长率呈增大的趋势。分析认为:SBR 硫化胶的物理性能与其交联密度有关,硫磺硫化橡胶的交联密度通常



(a) 拉伸强度



(b) 拉断伸长率

LPF 中木质素/苯酚用量比 30/70。其余注同图 6。

图 7 硫化条件对 LPF/SBR 复合材料物理性能的影响随着硫化时间的延长而增大^[15],继续延长硫化时间会因出现硫化返原现象使交联密度减小。在低硫化温度(150 °C)下,随着交联密度的增大,SBR 硫化胶的拉伸强度和拉断伸长率呈先增大后减小趋势;在高硫化温度(170 °C)下,由于在硫化初期就出现过硫化,交联密度有一定程度的降低,因此 SBR 硫化胶拉伸强度变化不明显,拉断伸长率呈增大趋势。

从图 7 可以看出:当硫化温度相同时,随着硫化时间的延长,LPF/SBR 复合材料拉伸强度和拉断伸长率的变化趋势与 SBR 硫化胶不同。由于加入含有大量酚羟基的 LPF 延迟了胶料的硫化^[17],LPF/SBR 复合材料拉伸强度达到最大值的硫化时间明显较 SBR 长,且由于 LPF 的补强作用,LPF/SBR 复合材料拉伸强度整体大于 SBR 硫化胶(硫化时间为 15 和 30 min 除外)。

2.3.2 LPF 用量的影响

LPF 用量对 LPF/SBR 复合材料物理性能的影响如表 1 所示。

表 1 LPF 用量对 LPF/SBR 复合材料物理性能的影响

项 目	LPF 用量/份					
	0	11	25	43	67	100
邵尔 A 型硬度/度	49	51	57	63	77	93
拉伸强度/MPa	2.3	7.7	8.4	5.2	2.8	3.0
拉断伸长率/%	299	573	629	621	566	6
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	10	16	16	19	21	20

注:LPF 中木质素/苯酚用量比 30/70。

从表 1 可以看出,随着 LPF 用量的增大,LPF/SBR 复合材料的邵尔 A 型硬度和撕裂强度总体呈增大趋势,拉伸强度和拉断伸长率先增大后减小。分析认为:硬质交联 LPF 具有较高的强度和模量,加入 LPF 后复合材料的硬度、拉伸强度和撕裂强度在一定范围内增大;当 LPF 用量继续增大时,由于出现相分离(见 SEM 分析结果)使得部分性能下降。当 LPF 用量较小时,交联 LPF 以颗粒形式分散在基体中,一方面由于产生补强作用而延缓了断裂的发生,另一方面作为塑性变形源可能引发塑性形变,且 LPF 颗粒与橡胶相界面相互作用差使变形时发生界面滑移^[18],使复合材料的拉断伸长率增大;而当 LPF 用量增大至形成连续相后,由于固化后 LPF 具有高模量及低形变,此时复合材料的拉断伸长率减小。

与 SBR 硫化胶相比,LPF 用量为 25 份的 LPF/SBR 复合材料的硬度、拉伸强度、拉断伸长率和撕裂强度分别提高了 16%,265%,110% 和 61%,综合性能较好。

2.3.3 LPF 组分的影响

LPF 组分对 LPF/SBR 复合材料(LP F 用量为 25 份)物理性能的影响如表 2 所示。

表 2 LPF 组分对 LPF/SBR 复合材料物理性能的影响

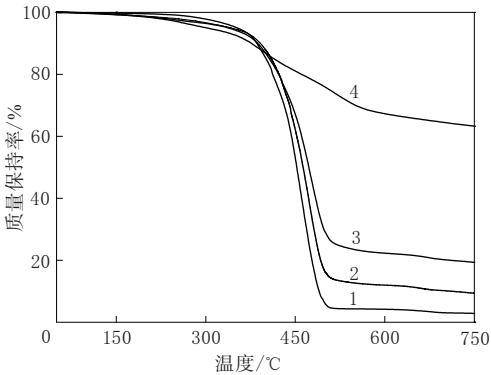
项 目	木质素/苯酚用量比				
	0/100	30/70	50/50	70/30	100/0
邵尔 A 型硬度/度	59	57	56	55	53
拉伸强度/MPa	6.2	8.4	4.1	3.1	2.0
拉断伸长率/%	554	629	480	484	282
撕裂强度/(kN·m ⁻¹)	16	16	16	15	11

从表 2 可以看出:随着 LPF 中木质素用量的增大,LPF/SBR 复合材料的硬度减小;拉伸强度先增大后减小,拉伸强度和拉断伸长率均在木质素/苯酚用量比为 30/70 时出现最大值;撕裂强度先趋于稳定后减小。分析认为,当木质素用量较小时,LPF 的交联反应主要依赖于苯酚上基团的

反应,木质素仅起辅助作用;当木质素用量增大且大于苯酚用量时,LPF 的交联反应由木质素分子中酚基团的反应决定,其反应性远低于苯酚,从而对 LPF 交联反应造成影响^[13]。当木质素/苯酚用量比为 30/70 时,复合材料的综合性能较好。

2.4 热稳定性

含有芳香环结构的酚醛树脂固化后交联密度较大,因此其热稳定性较好^[19]。图 8 所示为 SBR 硫化胶、LPF/SBR 复合材料和固化 LPF 的 TG 曲线。



注同图 5。

图 8 SBR 硫化胶、LPF/SBR 复合材料和固化 LPF 的 TG 曲线

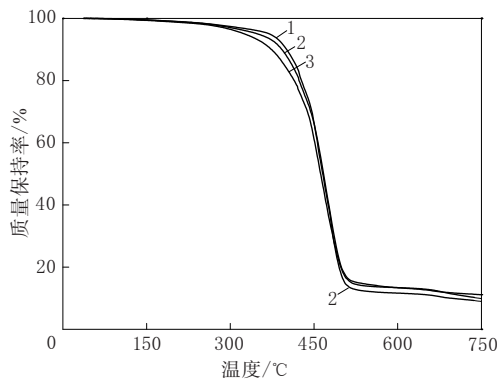
从图 8 可以看出,随着 LPF 用量的增大,复合材料质量损失率为 5% 时的温度($T_{5\%}$)降低,质量损失率为 50% 时的温度($T_{50\%}$)升高,质量保持率增大。 $T_{5\%}$ 降低可能是由于 LPF 中的木质素热稳定性相对较差的缘故;加入具有较多芳香环结构的酚醛树脂使 $T_{50\%}$ 升高,提高了复合材料的热稳定性,同时也因酚醛树脂的高残炭率使复合材料质量保持率增大。

不同 LPF 组分的 LPF/SBR 复合材料(LP F 用量为 25 份)的 TG 曲线如图 9 所示。

从图 9 可以看出:随着 LPF 中木质素用量的增大,LPF/SBR 复合材料的 $T_{5\%}$ 、 $T_{50\%}$ 和质量保持率均逐渐降低,这是由于在高温(超过 200 °C)下木质素易快速分解的缘故^[20]。

3 结论

(1)热固性的 LPF 加入 SBR 中出现相分离,复合材料为两相聚合物,当 LPF 用量大于 25 份时,LPF 与 SBR 相互贯穿,形成互穿网络结构。



木质素/苯酚用量比:1—0/100;2—50/50;3—100/0。

图9 不同LPF组分的LPF/SBR复合材料的TG曲线

(2)加入LPF可以显著改善复合材料的物理性能。与SBR硫化胶相比,LPF(木质素/苯酚用量比为30/70)用量为25份的LPF/SBR复合材料的硬度、拉伸强度、拉伸伸长率和撕裂强度分别提高了16%,265%,110%和61%;LPF组分对复合材料的物理性能也有较大影响。

(3)TG分析结果表明,LPF/SBR复合材料具有较好的热稳定性,加入LPF(木质素/苯酚用量比为30/70)后,复合材料质量损失率为50%时的温度升高,质量保持率增大。

参考文献:

- [1] 秋增昌,王海毅.木质素的应用研究现状与进展[J].西南造纸,2004(3):29-33.
- [2] Wang J S, John Manley R S, Feldman D. Synthetic Polymer-Lignin Copolymers and Blends[J]. Progress in Polymer Science, 1992, 17(4): 611-646.
- [3] Calvo-Flores F G, Dobado J A. Lignin as Renewable Raw Material[J]. ChemSusChem, 2010, 3(11): 1227-1235.
- [4] Hatakeyama H, Hatakeyama T. Lignin Structure, Properties, and Applications[J]. Advance in Polymer Science, 2010, 232: 1-63.
- [5] 袁桂芳,苏胜培,舒友亮.造纸黑液在PVC/NBR热塑性弹性体中的应用[J].塑料工业,2010,38(S1):136-139.

- [6] 曹仲林,廖泽栋,宋青霞,等.木质素-蒙脱土复合物代替三角带底胶中炭黑的应用研究[J].精细化工中间体,2010,40(6):51-55.
- [7] Liao Z D, Wang X, Xu Y H, et al. Cure Characteristics and Properties of NBR Composites Filled with Co-precipitates of Black Liquor and Montmorillonite[J]. Polymers for Advanced Technologies, 2012, 23(7): 1051-1056.
- [8] 廖泽栋,曹仲林,王曦,等.黑液-高岭土复合物在丁腈橡胶和丁苯橡胶中的应用研究[J].精细化工中间体,2011,41(5):53-57.
- [9] Erich A. Lignin Chemistry—Past, Present and Future[J]. Wood Science and Technology, 1977, 11(3): 169-218.
- [10] Raquez J M, Deléglise M, Lacrampe M F, et al. Thermosetting (bio) Materials Derived from Renewable Resources: A Critical Review[J]. Progress in Polymer Science, 2010, 35(4): 487-509.
- [11] Derek S. Lignin as a Base Material for Materials Applications: Chemistry, Application and Economics [J]. Industrial Crops and Products, 2008, 27(2): 202-207.
- [12] Oivares M, Guzmán J A, Natho A. Kraft Lignin Utilization in Adhesives[J]. Wood Science and Technology, 1988, 22(2): 157-165.
- [13] Wang M C, Mathew L, Xu C B (Charles). Synthesis of Phenol-Formaldehyde Resol Resins Using Organosolv Pine Lignin[J]. European Polymer Journal, 2009, 45(12): 3380-3388.
- [14] Tejado A, Pena C, Labidi J, et al. Physico-Chemical Characterization of Lignins from Different Sources for Use in Phenol-Formaldehyde Resin Synthesis[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(8): 1655-1663.
- [15] 杨清芝.现代橡胶工艺学[M].北京:中国石化出版社,2009:35-149.
- [16] 闫超,王汝敏,程雷,等.互穿聚合物网络的研究与应用进展[J].中国胶粘剂,2009,18(10):52-56.
- [17] 李先文,陈小娟.一羟基或羧基化合物在氟橡胶中的应用[J].特种橡胶制品,2003,24(4):13-16.
- [18] 张琦,吴友平,刘力,等.粉状填充剂对橡胶复合材料拉伸伸长率的影响[J].橡胶工业,2005,52(9):517-522.
- [19] 唐路林,李乃宁,吴培熙.高性能酚醛树脂及其应用技术[M].北京:化学工业出版社,2007:2-3.
- [20] 蒋挺大.木质素[M].北京:化学工业出版社,2009:54.

收稿日期:2012-12-11

Study on Lignin-Phenol-Formaldehyde/SBR Composites

XU Jian-shuang, TAN Ya-ting, LIU Tao, WANG Xi, SU Sheng-pei

(Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: In this paper, the lignin-phenol-formaldehyde (LPF) was synthesized and the LPF/SBR composites were prepared. The morphology, physical properties and thermal stability of LPF/SBR composites were investigated. The experimental results showed the phase separated structure in the

LPF/SBR composites. When the addition level of LPF(lignin/phenol blend ratio at 30/70) was more than 25 phr,SBR and LPF were penetrated with each other, and an interpenetrating network structure was formed. The addition of LPF improved the physical properties of composites,and when the lignin/phenol blend ratio was 30/70,and addition level of LPF was 25 phr,the comprehensive properties of composite were the best. The thermal stability of the composites was evaluated by thermogravimetric analysis. Compared with SBR vulcanizate,the temperature with 5% mass loss rate of the composites decreased,the temperature with 50% mass loss rate of the composites increased,and the final mass residue increased.

Key words:lignin-phenol-formaldehyde;SBR;composite;physical property;thermal stability

“圣奥杯”第 9 届全国橡胶助剂生产和应用技术研讨会在南京召开

中图分类号:TQ330.38 文献标志码:D

由全国橡胶工业信息中心、全国橡胶工业信息中心橡胶助剂分中心主办,北京橡胶工业研究设计院《橡胶科技》编辑部承办,江苏圣奥化学科技有限公司协办的“圣奥杯”第 9 届全国橡胶助剂生产和应用技术研讨会于 2013 年 5 月 10—11 日在江苏省南京市召开。来自橡胶助剂生产企业、轮胎和橡胶制品生产企业、科研院所以及高等院校的 120 多名代表出席了会议。

会议开幕式由北京橡胶工业研究设计院信息中心副主任黄丽萍主持,北京橡胶工业研究设计院副院长马良清致开幕词,江苏圣奥化学科技有限公司研发副总裁陈新民致贺词,沈阳化工大学材料学院院长方庆红作为专家代表发言。

本次会议的主题为:绿色环保、创新发展、清洁生产。代表们围绕这一主题进行了广泛而深入的交流。

北京橡胶工业研究设计院教授级高级工程师陈志宏在报告中指出:燃油消耗和环境污染是制约汽车发展的其中两个主要因素,以绿色原材料、清洁节能工艺生产的高性能绿色轮胎是减少燃油消耗和环境污染的重要途径。因此,今后我国的轮胎市场将是以绿色轮胎为主导的市场。

江苏圣奥化学科技有限公司研发副总裁陈新民介绍了橡胶助剂的现状和发展趋势。橡胶助剂行业当前的特征为注重环保、利润下降、产品更新减慢和生产重心转移,新产品开发基本停滞,主要是现有产品的绿色化。国内橡胶助剂生产的主要特点是:①规模化,集中度高;②生产稳定增长,产

能迅速扩张;③开工不足,价格低位运行;④环保意识增强,加快工艺绿色化;⑤市场需求减缓,产品竞争激烈。今后的发展趋势是:清洁生产工艺,高性能、多功能产品,复配和造粒技术。

华南理工大学贾志欣副研究员详细讲解了橡胶制品各类老化机理及其防护,介绍了高效、环保、多功能稀土配合物橡胶防老剂的制备和应用。

此外,山东阳谷华泰化工股份有限公司、宁波硫华聚合物有限公司和青岛中海嘉新材料有限公司的代表分别介绍了高性能不溶性硫黄、环保型促进剂 ZBPD 和抗湿滑改性剂等新型橡胶助剂。

代表们对论文进行了认真研讨和投票评选,最终,北京橡胶工业研究设计院陈志宏的论文《我国绿色轮胎的发展前景》获一等奖,江苏圣奥化学科技有限公司陈新民的论文《橡胶助剂现状与发展趋势》和国家橡胶助剂工程技术研究中心杜孟成等的论文《不溶性硫黄生产现状和发展趋势》获二等奖,华南理工大学材料科学与工程学院贾志欣等的论文《维生素 C 稀土配合物对天然橡胶的防老化作用》、中国石化南京化学工业公司梁诚等的论文《橡胶助剂新品种和新工艺开发与应用》和江苏省检验检疫科学技术研究院何重辉的论文《轮胎中有害物质核磁共振检测技术的最新变化及应对》获三等奖。

全国橡胶助剂生产和应用技术研讨会创办于 2001 年,多年来见证了橡胶助剂行业成长的峥嵘岁月和发展历程。研讨会起到了纽带和桥梁作用,增进了上下游行业的相互了解,成为橡胶助剂研发、生产和应用信息交流以及商贸洽谈的良好平台。

(本刊编辑部 吴淑华)