

青藏铁路弹条 I 型扣件绝缘轨距挡板的研制^{*}

肖 鹏

林金火

(株洲时代新材料科技股份有限公司, 株洲 412007) (福建师范大学化学系, 福州 350007)

摘要 针对青藏铁路所处自然地理环境对轨道扣件用高分子材料提出的特殊要求,以 POE-g-MAH 为主增韧剂,环氧化聚合物为协同增韧剂,同时添加复合型抗紫外线助剂,制备了增韧、耐候 PA66 复合材料。采用该复合材料生产的弹条 I 型扣件绝缘轨距挡板的综合性能完全满足使用要求。

关键词 尼龙 66 增韧 耐候 轨道扣件

青藏铁路二期格尔木—拉萨段处于高原地带,其中有 965 km 线路在海拔 4 000 m 以上。该高原地区太阳光辐射强度高,年平均气温 $-2 \sim -4^{\circ}\text{C}$,许多地区 12 月、1 月、2 月、3 月的月平均气温为 -16°C ,最低气温达 -45°C ,影响现有轨道扣件中塑料部件的使用性能。因此提高轨道扣件中塑料部件的耐低温性能和耐紫外线老化性能,可以保证轨道扣件具有足够的使用寿命,达到免维修或少维修的目标。

PA66 是一种具有较高强度、刚度及优良的耐蠕变、耐疲劳和耐磨性的工程塑料,增强或增韧 PA66 复合材料已在铁道器材领域得到广泛应用^[1]。

针对青藏铁路所处自然地理环境对轨道扣件用高分子材料提出的特殊要求,笔者研究了不同的增韧剂对 PA66 力学性能的影响,探讨了提高 PA66 抗紫外线老化性能的有效途径,开发了满足青藏铁路轨道扣件使用的增韧、耐候 PA66 复合材料。用该材料生产的弹条 I 型扣件绝缘轨距挡板的性能完全满足使用要求。

1 实验部分

1.1 主要原料

PA66: 粘度 3.0 g/dL,平顶山神马集团;

(乙烯/丙烯/二烯)共聚物 (EPDM): 4725 P, 美国杜邦公司;

(乙烯/辛烯)共聚物 (POE): 8150, 美国杜邦公司;

低密度聚乙烯 (LDPE): 1F7B, 北京燕山石化公司;

马来酸酐 (MAH): 分析纯, 北京试剂厂;

过氧化二异丙苯 (DCP): 化学纯, 北京试剂厂;

环氧化聚合物: 市售;

抗紫外线助剂 A、B、C: 瑞士汽巴精化公司。

1.2 设备与仪器

同向双螺杆挤出机: NS-53 型, 南京橡胶机械

厂;

注塑机: WG80C 型, 无锡格兰机械有限公司;

万能材料试验机: QT/10 型, 美国 MTS 公司;

简支梁冲击试验机: XJJ-50 型, 承德市试验机厂;

低温箱: 意大利 Atsfoor 公司;

紫外线老化仪: QUV/Se 型, 美国 Q-Penel 公司;

绝缘轨距挡板冲击试验机: 自制。

1.3 试样制备

(1) 增韧剂的制备

将韧性材料 (EPDM、POE 或 LDPE)、MAH、引发剂 DCP 等按一定质量比在高速混合机中充分混合,通过双螺杆挤出机熔融挤出接枝,挤出温度为 $175 \sim 190^{\circ}\text{C}$,物料在螺杆中的停留时间为 $70 \sim 90\text{ s}$ 。料条经水冷、干燥、切粒制得 MAH 接枝 EPDM (EPDM-g-MAH)、MAH 接枝 POE (POE-g-MAH)、MAH 接枝 LDPE (LDPE-g-MAH) 等增韧剂。

(2) PA66 复合材料的制备

将干燥好的 PA66、增韧剂、协同增韧剂环氧化聚合物及其它助剂按一定质量比在高速混合机中充分混合均匀,然后通过双螺杆挤出机熔融混合挤出,挤出温度为 $255 \sim 270^{\circ}\text{C}$,螺杆转速为 $180 \sim 220\text{ r/min}$ 。挤出料条经水冷、干燥、切粒制得 PA66 复合材料。

(3) 试样的制备

将干燥后的 PA66 复合材料用注塑机制成标准试样,成型温度为 $255 \sim 270^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 弹条 I 型扣件绝缘轨距挡板的制备

弹条 I 型扣件绝缘轨距挡板的生产工艺流程如图 1 所示。

^{*} 国家 863 项目资助课题 (2003AA33130)

收稿日期: 2005-06-03



图1 生产工艺流程

1.4 性能测试

拉伸强度按 GB/T 1040 - 1992 测试;

弯曲强度按 GB/T 9341 - 2000 测试;

压缩屈服强度按 GB/T 1041 - 1992 测试;

冲击强度按 GB/T 1043 - 1993 测试;

抗紫外线老化性能按 GB/T 16422.3 - 1997 测试;

表面电阻率按 GB/T 1410 - 1989 测试。

2 结果与讨论

2.1 增韧剂增韧效果的评价

PA66 在无缺口状态下韧性十分优异,但在有缺口或低温环境下就会发生脆性断裂。对 PA66 进行增韧改性的目的就是为改善其缺口敏感性及低温脆性,以扩大应用范围。常用的增韧改性方法是采用弹性体与 PA66 共混制备增韧 PA66 复合材料。

2.1.1 增韧剂种类的筛选

不同增韧剂对 PA66 的增韧效果如图 2 所示。从图 2 可以看出,随增韧剂用量的增加,PA66 复合材料的缺口冲击强度随之提高,EPDM-g-MAH 和 POE-g-MAH 的增韧效果明显优于 LDPE-g-MAH。考虑到成本因素,选用 POE-g-MAH 作为 PA66 的增韧剂。

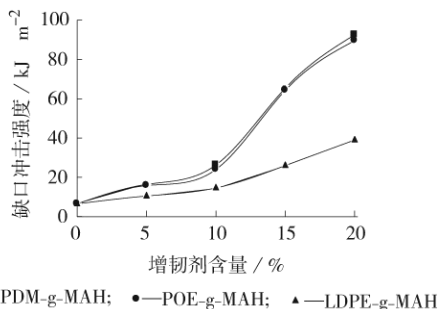


图2 不同增韧剂对 PA66 的增韧效果

2.1.2 增韧剂用量的确定

轨道扣件用绝缘轨距挡板一个最重要的使用功能就是保持轨距,因此绝缘轨距挡板材料必须具有较高的压缩屈服强度;另一方面绝缘轨距挡板在使用中受到轨道水平推力挤压、不平顺接触导致局部压强过大以及列车通过时强冲击力的作用,因此要求材料应具有优异的冲击性能,尤其是低温冲击性能。

POE-g-MAH 用量对 PA66 缺口冲击强度和压缩屈服强度的影响见图 3。由图 3 可见,随着 POE-g-

MAH 用量的增加,PA66 复合材料的缺口冲击强度大幅度提高,压缩屈服强度则降低。当 POE-g-MAH 的含量为 25% 时,PA66 复合材料的缺口冲击强度比纯 PA66 提高了近 15 倍,而压缩屈服强度下降了 40% 多。因此,单纯地采用 POE-g-MAH 增韧 PA66 虽然可获得较高的冲击强度,但压缩屈服强度却难以满足轨道扣件的使用要求。

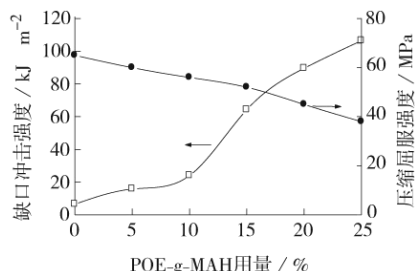


图3 POE-g-MAH 用量对 PA66 复合材料压缩屈服强度和缺口冲击强度的影响

2.1.3 协同增韧剂的应用

采用环氧化聚合物作为协同增韧剂,可使 PA66/POE-g-MAH 复合材料在保持较高压缩屈服强度的基础上,同时又具有良好的冲击性能。图 4 为不同用量的协同增韧剂对 PA66/POE-g-MAH (88/12) 复合材料缺口冲击强度和压缩屈服强度的影响。由图 4 可知,随着协同增韧剂用量的增加,复合材料的缺口冲击强度先逐渐增加,当协同增韧剂的用量达到 1.5 份时,复合材料的缺口冲击强度达到最大值,继续增加协同增韧剂的用量,复合材料的缺口冲击强度开始下降,而复合材料的压缩屈服强度随协同增韧剂用量的增加呈现上升趋势。

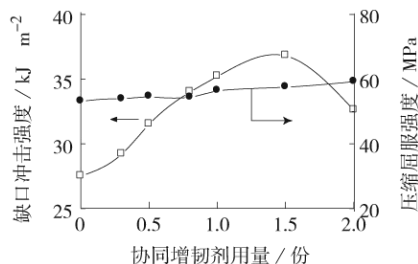


图4 协同增韧剂用量对 PA66/POE-g-MAH (88/12) 复合材料缺口冲击强度和压缩屈服强度的影响

复合材料的力学性能与协同增韧剂用量的依赖关系可能是由于 PA66 与协同增韧剂之间发生了化学反应,从而使整个体系交联形成了网状结构,且体系的交联度随协同增韧剂用量的增加而增加。合适的交联度有利于提高复合材料的冲击韧性,但交联度太高,反而会增加复合材料的脆性;而复合材料的压缩屈服强度则随交联度的提高一直增加。

2.2 增韧 PA66 复合材料的耐低温性能

纯 PA66 在低温下发生脆性断裂,用弹性体增韧后在低温下的断裂机理由塑性形变转变为弹性形变,作为应力集中点的弹性体颗粒一方面在外力作用下吸收部分冲击能;另一方面还能引发周围的基质产生大量的银纹和剪切带,吸收大量的能量,从而大幅度提高 PA66 的耐低温冲击性能^[2]。图 5 为不同用量 POE-g-MAH 对 PA66 复合材料低温冲击强度的影响。由图 5 可以看出,随 POE-g-MAH 用量的增加,复合材料的低温冲击强度逐渐提高,当 POE-g-MAH 用量为 20% 时,复合材料的缺口冲击强度达到 16.1 kJ/m²。

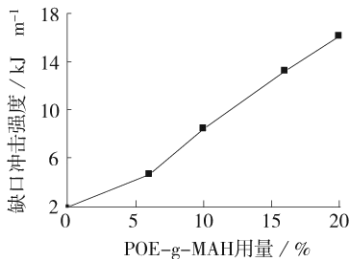


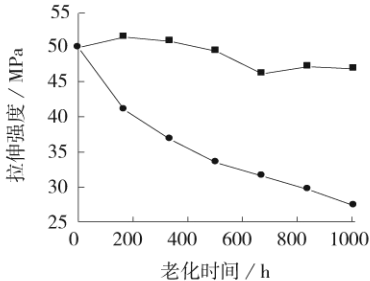
图 5 POE-g-MAH 用量对 PA66 复合材料低温冲击强度的影响

2.3 增韧 PA66 复合材料的抗紫外线老化性能

PA66 的光氧化降解机理十分复杂,氧化断链可能是由于在 340 nm 波长以下照射而发生光降解,主要的氧化降解产物是氢过氧化物、亚酰胺、醛、羧酸、一氧化碳等^[3]。

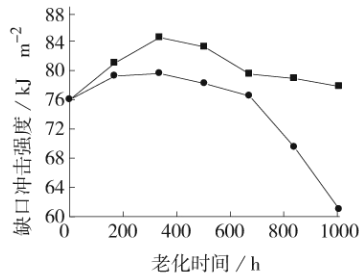
在增韧 PA66 中加入复合型抗紫外线助剂,所得的耐候、增韧 PA66 复合材料的拉伸强度及缺口冲击强度与紫外线老化时间的关系如图 6、图 7 所示。

由图 6 可见,随老化时间的延长,耐候、增韧 PA66 复合材料的拉伸强度变化不大,经 1 008 h 老化后,拉伸强度保持率为 93.97%;而不加抗紫外线助剂的增韧 PA66 复合材料拉伸强度随紫外线老化时间的延长下降幅度很大,经 1008 h 老化后,材料



■—耐候、增韧 PA66 复合材料; ●—增韧 PA66 复合材料

图 6 紫外线老化时间对复合材料拉伸强度的影响



■—耐候、增韧 PA66 复合材料; ●—增韧 PA66 复合材料

图 7 紫外线老化时间对复合材料缺口冲击强度的影响

的拉伸强度保持率仅为 55%。由图 7 可见,随紫外线老化时间的延长,耐候、增韧 PA66 复合材料的缺口冲击强度先是提高,当老化时间超过 336 h 后,材料的缺口冲击强度出现一定程度的降低,但降低幅度不大,当老化 1 008 h 后,缺口冲击强度保持率为 101.3%;而不加抗紫外线助剂的增韧 PA66 复合材料缺口冲击强度在老化初期有一定程度的增加,但随着老化时间的延长,缺口冲击强度开始大幅度降低,经 1 008 h 老化后,缺口冲击强度保持率仅为 80.2%。由此可见,在增韧 PA66 复合材料中添加复合型抗紫外线助剂,可赋予复合材料优异的抗紫外线老化性能。

经过对配方的优化,最终得到的耐候、增韧 PA66 复合材料的性能指标见表 1。

表 1 耐候、增韧 PA66 复合材料的性能

项 目		数 值
弯曲强度 /MPa		72
压缩屈服强度 /MPa		51.4
缺口冲击强度 /kJ · m ⁻²	室温	62
	-50℃	15.4
无缺口冲击强度 /kJ · m ⁻²	室温	不断
	-50℃	不断
表面电阻率 /Ω		2.1 ×10 ¹²
拉伸强度保持率 ¹⁾ /%		93.97
缺口冲击强度保持率 ¹⁾ /%		101.3

注:1) 经紫外线老化 1 008 h。

3 弹条Ⅰ型扣件绝缘轨距挡板的性能

用笔者研制的增韧、耐候 PA66 复合材料注塑弹条Ⅰ型扣件绝缘轨距挡板,并按 TB/T 1495.5 - 2003 对其性能进行检测,结果见表 2。由表 2 可知,其技术指标全部达到现行标准要求。此外由于增韧、耐候 PA66 复合材料具有优良的耐紫外线老化性能,因此可用于生产其它在强紫外线照射条件下使用的产品。

4 结论

(1) POE-g-MAH 对 PA66 具有优异的增韧效果,

表 2 绝缘轨距挡板的性能

项目	技术要求	结果
绝缘电阻 / Ω	$\geq 1 \times 10^8$	3×10^9
吸水率 / %	≤ 1.5	1.2
压缩残余变形 / mm	≤ 0.4	0.21
挠曲试验 / mm	$\leq 8 \pm 0.1$	不破裂
冲击试验 (- 50℃)	6 次, 不破裂	6 次, 不破裂

但同时也使材料的压缩屈服强度大幅度降低。

(2) 采用环氧化聚合物作为协同增韧剂, 可使 PA66/POE-g-MAH 在保持较高压缩屈服强度的基础上, 又具有良好的冲击性能。

(3) 通过添加复合型抗紫外线助剂, 赋予了材

料优异的抗紫外线老化性能。

(4) 用研制的增韧、耐候 PA66 复合材料生产的弹条 I 型扣件绝缘轨距挡板, 性能完全满足现行标准要求。

参 考 文 献

1 陈国生. 工程塑料在高速铁路中的应用, 工程塑料应用, 1999, 27 (2) : 22

2 Muratolu O K, Argon A S, Cohen R E, et al. Microstructural fracture processes accompanying growing cracks in tough rubber-modified polyamides, Polymer, 1995, 36(25) : 4 787

3 周大纲, 谢鸽成. 塑料老化与防老化技术, 北京: 中国轻工业出版社, 1998. 4

RESEARCH ON INSULATED BLOCK FOR TYPE I FASTENER IN QINGHAI-TIBET RAILWAY

Xiao Peng

(Zhuzhou Times New Materials Technology Co. Ltd., Zhuzhou 412007, China)

Lin Jinhua

(Department of Chemistry Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

ABSTRACT Based on the requirement of environmental and weather condition in Qinghai-Tibet railway, PA66 composite with low-temperature resistance and weathering resistance were prepared with POE-g-MAH as main toughener, polymer with epoxy functional group as assisted toughener. The compounded light stabilizer was added in the composite in the meantime. The results showed that the properties of the insulated block made from this composite for railway type I fastener could meet the technical requirement completely.

KEYWORDS PA66, toughening, weathering resistance, railway fastener

2006 年《塑料》征订启事

《塑料》杂志创刊于 1972 年, 是一本国内外公开发行的全国中文核心期刊, 国家科学技术部中国科技论文统计源期刊(CSTPCD), 美国化学文摘(CA) 收录期刊。

栏目设置: 塑料的合成、助剂、加工工艺、配方、机械设备、辅助装置、模具、测试、自动化控制系统的科研成果、学术论文、文献报道、生产经验, 并且特设读者与广告反馈信息卡。

涉及领域: 化工、轻工、机械、农业、建材、包装、汽车、电子、医学、军工、信息等产业。

读者对象: 机械、加工生产厂家的厂长、经理、工程技术人员、销售人员及信息情报人员和政府机构、协会、学会、科研院所研究人员。

《塑料》杂志为双月刊, 逢双月 18 日出版, 大 16 开本, 全年 6 期, 订价 72 元。

国内订户请向全国各地邮局订阅, 邮发代号 82 - 268。漏订的读者可与本编辑部联系补订。

国外订户请与中国国际图书贸易总公司(中国国际书店) 北京 399 信箱联系订阅, 国外代号 BM909。

地址: 北京市西城区旧鼓楼大街 47 号, 《塑料》编辑部
邮编: 100009
电话: 010 - 84022529, 64001675
传真: 010 - 84022529, 64057552

E-mail: plastics@163bj. com
网址: <http://www.plastics-bj.com>

欢迎订阅 2006 年《化工新型材料》

《化工新型材料》创刊于 1973 年, 系中国化工信息中心主办的化工科技类刊物。《化工新型材料》为中文核心期刊, 《美国化学文摘(CA)》收录期刊, 《中国化学化工文摘》来源刊物, 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊, 《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊, 《万方数据 - 数字化期刊群》全文收录期刊。

《化工新型材料》主要报道国内外新近发展和正在开发的具有某些优异性能或特种功能的先进化工材料的研究开发、技术创新、生产制造、加工应用、市场动向及产品发展趋势。《化工新型材料》为月刊, 大 16 开。全国各地邮局均可订阅或通过编辑部直接订阅。

国际刊号: ISSN 1006 - 3536; 国内刊号: CN 11 - 2357 / TQ。邮发代号: 82 - 816。

国内定价: 10 元 / 期, 120 元 / 年。

地 址: 北京安定门外小关街 53 号 邮编: 100029
电 话: (010) 64437113 64444093 - 843、844
传 真: (010) 64437113 E-mail: hgxx@cheminfo.gov.cn
开户行: 北京农业银行亚运村支行营业室
户 名: 北京中化信深达信息技术有限公司
帐 号: 230101040001610