

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.08.027

酚醛模塑料改性及成型工艺研究进展

王道翠,王汝敏,张博,马红颖

(西北工业大学理学院应用化学系,西安 710129)

摘要:综述了酚醛模塑料及其成型工艺的研究进展。酚醛模塑料的改性方法主要包括基体树脂改性和填充改性,其中基体树脂改性可细分为结构改性、共聚改性和共混改性等。介绍了酚醛模塑料的主要成型工艺,包括模压成型工艺和注射成型工艺。分析了后固化处理工艺对产品性能的影响,并对今后的发展趋势进行了展望。

关键词:酚醛模塑料;改性;成型工艺;后固化处理

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)08-0125-05

Research Progresses in Modification and Molding Processes of Phenolic Molding Compounds

Wang Daocui, Wang Rumin, Zhang Bo, Ma Hongying

(Department of Applied Chemistry, School of Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract : Research progresses in modification and molding process of phenolic molding compounds were reviewed. The main methods of modification of phenolic molding compounds include matrix resins and filling modification. Matrix modification can be subdivided into structural modification, copolymerization modification and blending modification. The main molding processes of phenolic molding compounds were introduced, including compression molding process and injection molding process. The effects of post-curing treatment on the performance of the product were analyzed, and the future development trend of phenolic molding compound was prospected.

Keywords : phenolic molding compound ; modification ; molding process ; post-curing treatment

酚醛模塑料是酚醛树脂中用量较大的品种^[1]。因其具有成型工艺简单、制品性能优异、成本低廉等优点,不仅用于制造电气绝缘器件,还在汽车、飞机用部件或制品等领域得到广泛应用^[2]。自酚醛模塑料工业化生产以来,针对酚醛模塑料的改性研究相对成熟。从改性的目的来分,有耐热改性、增韧改性、耐磨改性、耐湿热改性等;按改性方法来分,有树脂基体改性和填充物改性,其中树脂基体改性包括结构改性、共混改性和共聚改性。最终制品的性能与原材料本身的性能、成型加工工艺及后处理手段有关。笔者从酚醛模塑料材料的改性、成型工艺(主要包括模压成型和注射成型)及后固化处理三个方面阐述了近年来的研究进展。

1 酚醛模塑料的改性

1.1 基体改性

(1) 结构改性。

酚醛树脂结构上的活性基团酚羟基容易被氧化,影响酚醛树脂产品的性能。采用苯环、芳烷基或有机硼类物质封锁酚醛结构上的活性基团酚羟基,可得到结构改性的酚醛树脂^[1],主要包括:(1)醚化酚醛树脂。用于模塑料的醚化酚醛树脂有聚醚酚醛树脂、烯丙基醚化酚醛树脂、邻苯二甲腈醚化酚醛树脂等;(2)酯化酚醛树脂。酚醛树脂中的苯羟基

与无机化合物反应,形成键能远高于C—O键的酯键,减少酚醛树脂结构中醚键的数量,从而提高改性酚醛树脂的耐热性^[3]。常见用于制备酚醛模塑料的酯化酚醛树脂包括硼改性酚醛树脂、钼改性酚醛树脂等。

罗振华等^[4]以碱为催化剂,通过联苯型酚醛树脂与4-硝基邻苯二甲腈的亲核取代反应,制备了邻苯二甲腈醚化酚醛树脂(PBN)。动态力学分析和热失重分析研究了其热性能及热稳定性,结果表明,当温度达到450℃时,树脂固化物的储能模量没有呈现明显的下降趋势,显示了良好的耐热性能;相比较传统酚醛树脂,PBN固化物热失重5%时的温度提高了约174℃,900℃时的质量保持率为18%;流变性能测试表明,PBN在180~300℃范围内的黏度<400 mPa·s,表明该树脂具有优良的加工性能;溶解性测试表明,BPN易溶于丙酮、丁酮、乙酸乙酯、四氢呋喃等常见的低毒溶剂,胶液对玻璃纤维、石英纤维等具有良好的浸润性,适宜于制备良好耐热性的酚醛模塑料。

沐霖等^[5]在弱酸性条件下,以一种二价金属盐为催

联系人:王道翠,硕士,主要从事高性能酚醛树脂的合成及改性方面的研究

收稿日期:2013-05-14

化剂,合成高邻位苯醚型酚醛树脂,傅立叶变换红外光谱 (FTIR) 测试表征结果显示,成功合成了高邻位苯醚型酚醛树脂。采用改性剂调节树脂的固化时间以适应成型工艺要求,用该树脂制备的无氨模塑料改善了其粘辊粘模的缺陷。经检测,该模塑料的热变形温度为 193℃,表面电阻率为 $1.3 \times 10^{13} \Omega$,体积电阻率为 $1.1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{m}$,冲击强度为 6.7 kJ/m^2 ,弯曲强度为 75 MPa。该材料的电气性能和力学性能都达到相关行业标准,特别是其突出的耐热性,使其应用领域广泛。

刘国勤等^[6]采用硼、钼双改性酚醛树脂,制备了具有耐高温性能的酚醛树脂。FTIR 分析表明,硼和钼已经成功接枝到酚醛树脂的分子链中;热失重分析发现,经硼、钼双改性的酚醛树脂的起始分解温度约为 370℃,600℃时失重率为 15% 左右,与纯酚醛树脂相比,其耐热性和热分解温度明显提高。对不同游离酚含量的改性酚醛树脂进行力学性能测试发现,游离酚含量为 4.87% 的硼、钼双改性酚醛树脂的抗冲击性能最好,明显优于传统的热塑性酚醛树脂。

(2) 共混改性。

聚合物共混改性可以达到取长补短、均衡各聚合物组成的性能,改善聚合物加工性能及起到某一聚合物作为另一聚合物的改性剂、降低成本等目的^[7]。常见的与酚醛树脂共混的树脂有:热塑性树脂、热固性树脂和新型树脂。

王建^[8]采用有机硅树脂与酚醛树脂熔融共混的方法,通过有机硅树脂在共混树脂中固化并形成互穿网络结构,提高了酚醛树脂的耐热性能。研究了改性酚醛树脂的热性能,测试结果表明,改性酚醛树脂的热变形温度达 215℃,与纯酚醛树脂相比,提高了近 20℃;在 350~365℃ 区间内,失重率仅为 2.68%,纯酚醛树脂的失重率为 6.59%。选用耐热性玻纤制备了玻纤增强酚醛模塑料,探讨了玻纤含量对模塑料的性能的影响。结果表明,玻纤含量为 50% 时,从室温到 200℃ 时材料的平均线膨胀系数为 $22.4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$,弯曲强度达到最大值,为 125 MPa;玻纤含量为 60% 时,冲击强度达到最大值,为 6.44 kJ/m^2 。玻纤含量的增加对材料的电性能、吸水性能、密度影响不大,但提高了材料的尺寸稳定性。

朱叶刚^[9]利用聚砜树脂在加热情况下能溶于苯酚,且在酚醛缩聚反应过程中保持惰性的特点,在酚醛树脂合成阶段引入聚砜树脂,改善了直接采用共混法将聚砜树脂粉末加入到酚醛模塑料预混粉料中时,聚砜树脂得不到很好的塑炼分散,使最终制品表面状况很差的现象。热失重分析结果显示,随着普通酚醛树脂中聚砜树脂含量的增加,改性树脂的热失重起始温度向右偏,说明聚砜树脂的引入,改善了酚醛树脂的耐热性。

韩小勇等^[10]合成了单环苯并恶嗪树脂,利用不同的维

纶短纤维对苯并恶嗪/酚醛树脂共混体系进行增强。采用 FTIR、核磁共振对苯并恶嗪树脂的结构进行了表征,结果表明,成功合成了预期结构的苯并恶嗪树脂;用差示扫描量热测试研究了共混体系的固化行为,并对模塑料的力学性能、热性能等进行了研究。结果表明,酚醛树脂降低了苯并恶嗪树脂的固化温度,共混树脂体系具有良好的工艺性,其各项性能比纯酚醛树脂有明显提高,普通维纶纤维增强模塑料的性能不如高性能维纶纤维。苯并恶嗪树脂/高性能维纶纤维体系的冲击强度和弯曲强度分别为 116.1 kJ/m^2 和 109.3 MPa,马丁耐热温度为 153.8℃。

(3) 共聚改性。

酚醛树脂的共聚改性通常有两种:(1) 在酚醛树脂合成中改变单体种类得到不同的共聚树脂,如用含有苄基的酚类与胺类化合物反应可得到含苄酚醛树脂;(2) 利用酚醛树脂上的活性基团如酚羟基或羟甲基,与改性物质上的双键或三键发生加成反应,从而得到共聚物体系。例如,酚醛树脂与丁腈橡胶^[11]共聚可改善韧性^[11],与双马来酰亚胺共聚提高耐热性、改善力学性能等^[12]。

王峰^[13]在草酸催化条件下,利用双酚苄(含 Cardo 环结构)苯环上的活性氢原子合成了一系列含不同比例苄环的新型酚醛树脂共聚物。用 FTIR 等方法验证了双酚苄参与了酚醛树脂的共聚。热失重分析结果表明,双酚苄作为一种具有芳香环的结构引入酚醛树脂可以显著提高共聚物的热稳定性。乌氏黏度研究表明,随着双酚苄含量增加,在标准测试条件下,共聚物的流淌时间从 675 s 延长至 735 s,共聚物的分子量有所提高。由该改性酚醛树脂制备的模塑料制品具有良好的热稳定性。

罗优等^[14]采用原位聚合方式合成了粉末丁腈橡胶改性酚醛树脂,利用透射电镜、FTIR、凝胶渗透色谱等测试手段,研究了粉末丁腈橡胶改性酚醛树脂中的结构与性能。结果表明,粉末丁腈橡胶以纳米级尺寸分散于基体树脂中,并已化学接枝于酚醛树脂分子链上。粉末丁腈橡胶的加入使酚醛树脂的分子量增大,分子量分布系数变宽。以粉末丁腈橡胶接枝共聚改性酚醛树脂为基体树脂,木粉为填料,制备酚醛模塑料。结果发现,当加入的粉末丁腈橡胶含量为 3% 时,酚醛模塑料的缺口冲击强度提高 31.8%。

王德君等^[15]分别用固化剂六次甲基四胺 (HTMA) 及甲基环氧乙烷 (PO) 引发马来酰亚胺基团上的双键,在较低温度下产生活性游离基,以链式扩展的方式与酚醛树脂共聚制备双马改性酚醛树脂,并制备酚醛模塑料,探讨了固化剂 HTMA 及 PO 对改性酚醛树脂及其模塑料性能的影响。结果表明,PO 引发固化的模塑料相对于 HTMA 具有更好的性能。马丁耐热温度可达 148℃,表面电阻率高达

$2.56 \times 10^{15} \Omega$, 冲击强度和弯曲强度分别为 51.66 kJ/m^2 和 113.9 MPa 。

1.2 填充改性

制备酚醛模塑料常用的增强材料有多种,如剑麻^[16]、人造棉及有机纤维^[2]、玻璃纤维^[17]、碳纤维^[18]、纳米 SiO_2 ^[19]、碳纳米管^[20] 及蒙脱土/ TiO_2 ^[21] 等。

Wang Jian 等^[22] 对不同含量玻纤增强酚醛模塑料的耐热性、绝缘性、尺寸稳定性及阻燃性进行了研究。结果表明,随着纤维含量的增加,复合材料体系的力学性能、热变形温度和尺寸稳定性都相对提高,但电性能、燃烧性能及吸水性略有下降。当纤维含量为 50% 时,所得模塑料的综合性能较好。

刘新林等^[23] 分别采用短切玻璃纤维和维纶短纤维为增强材料,制备不同纤维增强的酚醛模塑料,对酚醛模塑料的力学性能和热性能研究表明,维纶纤维增强酚醛模塑料具有轻质、高韧性等优点,但其耐热性欠佳,力学性能不如短切玻璃纤维增强酚醛模塑料。制备了添加活性硅微粉和未添加活性硅微粉的维纶增强模塑料,研究了填料活性硅微粉对模塑料性能的影响。研究发现,加入 15% 活性硅微粉后,维纶纤维增强酚醛模塑料的综合性能明显提高,其收缩率为 0.39%,下降了 54%,吸水率为 0.24%,下降了 40%,弯曲强度为 99.6 MPa ,提高了 17.6%,马丁耐热温度为 143°C ,提高了 10% 左右。

Guo Zibin^[24] 利用无机钛/聚硅氧烷制备钛/硅改性线性酚醛树脂,模压成型制备了硅纤维增强酚醛模塑料,热失重分析表明,引入无机元素后的体系的热稳定性能优于纯树脂体系,最高玻璃化转变温度可达 290°C ,相比纯树脂体系提高了 37°C ;随着无机组分含量的增加,耐热性先增加后降低,但储能模量和玻璃化转变温度则随之升高。

2 酚醛模塑料成型工艺

复合材料的成型工艺包括手糊成型、注塑成型、缠绕成型、真空导流成型、模压成型、热压罐成型、树脂传递模塑成型等。酚醛模塑料的成型目前仅有压制成型和注塑成型两种。

2.1 模压成型

模压成型最早仅应用于制备热固性酚醛树脂,经过不断完善已适用于热固性塑料、热塑性塑料和橡胶材料的制备。

张亚娟等^[25] 采用模压成型工艺制备了玻璃纤维、棉纤维及棉布增强的酚醛模塑料,并研究了模压成型工艺对制品性能的影响。结果表明,模压前进行合理的预热可以显著地提高酚醛模塑料的电性能和力学性能。

Lee WenJau^[26] 用苯酚溶液液化处理的柳杉与福尔马林

(35%~40% 的甲醛水溶液) 在甲醇存在时反应制备溶液形态的线性酚醛树脂。用该树脂浸渍木粉,先室温风干,接着在 60°C 真空干燥箱中烘干制备模塑粉。差示扫描量热分析显示,这些存在于木粉中的酚醛树脂可以熔化,且在高温及乌洛托品存在下发生固化反应;采用模压成型方法制备酚醛模塑料模压板,结果显示,用酚醛树脂浸渍木粉制得的模压板具有很高的固化反应程度。研究了不同模压工艺对其性能的影响,结果发现,在 180°C 下热压 8 min 或 200°C 下热压 5 min 条件下制备的模压产品,其力学性能与尺寸稳定性优于其它工艺所得制品。

朱苗森等^[27] 采用多聚甲醛法制备硼酚醛树脂, FTIR 分析表明,自制硼酚醛树脂的硼含量明显高于市售硼酚醛树脂;用差示扫描量热及凝胶化时间测试手段,确定了维纶纤维增强硼酚醛模塑料的模压工艺:固化压力 45 MPa ,固化时间 20 min,固化温度 158°C ,后固化温度 175°C 。对硼酸质量分数分别为 8%, 9%, 10% 以及 3% (市售) 的硼酚醛模塑料进行性能测试,结果发现,随着硼含量的增加,硼酚醛模塑料的耐热性提高,但当硼酸加入量超过 9% 时,力学性能有所下降;在酸性条件下,出现硼酚醛与固化剂常温下固化的现象,生成不溶不熔的固化产物成为内应力的来源,反应后水洗至中性的硼酚醛树脂的马丁耐热温度及弯曲强度均有所提高。

2.2 注塑成型

随着模塑料成型加工技术的发展,目前酚醛模塑料注塑成型已占主导地位^[28]。

杨小云等^[29] 合成了羟甲基型固体可溶性酚醛树脂,并将该酚醛树脂和线性酚醛树脂复配,加入质量分数 50% 左右的玻璃纤维和增塑剂,采用双辊炼胶机制备出高端整理子用酚醛模塑料。对酚醛模塑料的耐高温性能和力学性能等进行了测试,结果表明,制备的酚醛模塑料的热变形温度为 245°C ,冲击强度为 9.0 kJ/m^2 ,拉伸强度为 105 MPa ,弯曲强度为 145 MPa ,酚醛模塑料的耐高温性能和力学性能优于热塑性酚醛模塑料。

马源等^[30] 讨论了低相对分子质量聚乙烯蜡、白油、切片石蜡及聚乙二醇 4 种稳定剂对酚醛注塑料热加工稳定性的影响,利用转矩流变仪研究了聚乙二醇加入前后酚醛注塑料的流变行为。结果表明,4 种稳定剂都可以有效地改善酚醛注塑料的流动性和热加工稳定性,但只有聚乙二醇不仅改善了酚醛注塑料的流动性和热加工稳定性,而且还提高了酚醛注塑制品的弯曲强度。转矩时间流变曲线表明,加入聚乙二醇后酚醛注塑料具有更加宽泛的安全加工范围。

王伟江^[31] 采用玻璃纤维取代部分木粉填料,配以适量无机矿物质填料,采用注塑成型制备酚醛模塑料。研究了玻

玻璃纤维表面处理方式及用量对酚醛模塑料制品力学性能、耐热性能、电性能及吸水性能的影响。结果表明,添加偶联剂可有效地提高酚醛模塑料的冲击、弯曲强度以及热变形温度,当偶联剂含量为5%时,冲击强度为3.9 kJ/m²,弯曲强度为112 MPa,热变形温度为220℃;当GF含量为30%时,弯曲强度和冲击强度分别达到128 MPa和4.20 kJ/m²,热变形温度高于185℃,吸水率低于0.75%,综合性能优异。

3 后固化处理对制品性能的影响

模压制品经过后固化处理后,可使其固化更趋于完全,水分及其它挥发分的含量减少,成型过程中产生的内应力得以降低或消除,因而有利于稳定制品的尺寸,提高其耐热性、电绝缘性和强度等性能。

周大鹏等^[32]研究了后固化处理对不同填料增强酚醛模塑料制件电绝缘性能的影响。结果发现,经后固化处理24 h后,木粉增强酚醛模塑料制件的表面绝缘电阻从 $2.5 \times 10^9 \Omega$ 增加到 $4.8 \times 10^{12} \Omega$;玻纤增强酚醛模塑料制件的表面绝缘电阻从 $1.0 \times 10^{12} \Omega$ 增加到 $5.7 \times 10^{13} \Omega$ 。探讨了后固化引起的树脂固化性能及填料性能的改变。结果发现,经后固化处理后,树脂的交联密度及交联规整度得到进一步提高,同时增强了木粉填料的憎水性能,提高了材料的绝缘性能。王鸿等^[33]研究了不同升温方式对材料的玻璃化转变温度、弯曲性能、耐热性及表面硬度的影响。结果发现,后处理工艺可以大幅增加材料的玻璃化转变温度、耐热性、弯曲性能及表面硬度,相比较恒温和阶梯升温后处理,匀速升温后处理对材料性能的提高贡献最大,且后处理温度越高,表面硬度越大。

Zhang Boxing等^[34]用4-硝基间苯二甲腈与线性酚醛树脂亲核取代制备了邻苯二甲腈改性酚醛树脂,阶梯后固化最高处理温度为250℃时,得到的最终制品性能最佳。热失重分析表明,5%的失重温度可达455.2℃,700℃时的质量保持率为34.48%,显示该树脂体系具有优异的热氧稳定性;动态力学分析显示,其损耗因子 $\tan\delta$ 拐点为371.9℃,显示了良好的加工性能。

W. Stark^[35]以酚醛树脂、六次亚甲基四胺及木粉等为原料,注塑成型制备了酚醛模塑料。采用动态力学分析研究了后固化处理与储能模量的变化关系。在第一个动态力学分析测试周期发现,在140℃左右,储能模量以大约18 MPa/K的速率下降。这是因为在温度接近材料的实际玻璃化转变温度时,树脂分子链段开始运动,使材料的储能模量有很大的下降;当测试温度在205~250℃范围内时,储能模量呈上升趋势。这是因为在玻璃化转变温度以上,树脂的流动性增加,未固化的酚醛树脂与固化剂进一步反应,交联程度增加,即树脂发生后固化反应。再次进行动态力学分析测试,

发现储能模量在240℃时以12 MPa/K的速率下降,此后随温度的上升,储能模量下降趋势平缓,可认为开始发生玻璃化转变。对比两次测试结果发现,后固化处理使材料的固化程度增加,玻璃化转变温度向高温方向移动。

4 结语

酚醛模塑料作为最早开发的酚醛树脂品种^[36],虽然许多方面的研究已经很成熟,但为满足现代科技的需要,仍有改进空间:(1)酚醛模塑料的改性范围涉及增韧、耐热、耐磨、绝缘等方面,但很多改性方法难以起到提高综合性能的效果,往往提高了耐热性却牺牲了韧性,因此寻求能提高树脂体系综合性能的改性方法仍是模塑料改性的主要研究方向;(2)有些性能优异的改性树脂品种因难以满足模压成型、注塑成型工艺条件,限制了酚醛模塑料的发展及应用;(3)有关酚醛模塑料的老化与防老化、寿命预测方面的研究鲜有报道,这也是酚醛模塑料研究一个重要课题。

参考文献

- [1] 黄发荣. 酚醛树脂及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
Huang Farong. Phenolic resin and its application [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.
- [2] Pilato L. Phenolic Resin: A Century of Process [M]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
- [3] 刘喜宗, 等. 中国胶粘剂, 2009, 18(8): 42-46.
Liu Xizong, et al. China Adhesive, 2009, 18(8): 42-46.
- [4] 罗振华, 等. 宇航材料工艺, 2011(4): 20-23.
Luo Zhenhua, et al. Aerial Material Technology, 2011(4): 20-23.
- [5] 沐霖, 等. 塑料工业, 2011, 38(11): 17-19.
Mu Lin, et al. China Plastics Industry, 2011, 38(11): 17-19.
- [6] 刘国勤, 等. 塑料, 2012, 41(2): 21-24.
Liu Guoqin, et al. Plastics, 2012, 41(2): 21-24.
- [7] 吴培熙. 聚合物共混改性[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.
Wu Peixi. Polymer blending modification [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2009.
- [8] 王建. 有机硅树脂共混改性酚醛塑料的研究[D]. 桂林: 桂林理工大学, 2010.
Wang Jian. Study on silicone resin blend modified phenolic molding compounds [D]. Guilin: Guilin University of Technology, 2010.
- [9] 朱叶刚. 耐高温酚醛模塑料的制备及热性能研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2011: 31-35.
Zhu Yegang. Preparation and thermal properties of phenolic molding compounds with high temperature resistance [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2011: 31-35.
- [10] 韩小勇, 等. 工程塑料应用, 2011, 39(12): 10-13.
Han Xiaoyong, et al. Engineering Plastics Application, 2011, 39(12): 10-13.
- [11] Qi Guicun, et al. Polymer Chemistry, 2011(2): 1 271-1 274.
- [12] Bindu R L, et al. Journal of Applied Polymer Science,

- 2000(38):641-652.
- [13] 王峰. 安徽建筑工业学院学报, 2010(6):85-91.
Wang Feng. Journal of Anhui Institute of Architecture & Industry, 2010(6):85-91.
- [14] 罗优, 等. 嘉兴学院学报, 2011, 23(3):80-82.
Luo You, et al. Journal of Jiaxing College, 2011, 23(3):80-82.
- [15] 王德君, 等. 工程塑料应用, 2012, 40(7):81-83
Wang DeJun, et al. Engineering Plastics Application, 2012, 40(7):81-83.
- [16] 孙同甲. 高分子材料科学与工程, 2009, 25(7):45-48.
Sun Tongjia. Polymer Materials Science and Engineering, 2009, 25(7):45-48.
- [17] 王秋野, 等. 纤维复合材料, 2012(1):13-15.
Wang Qiuye, et al. Fiber Composites, 2012(1):13-15.
- [18] Park J M, et al. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2013, 47:156-164.
- [19] Periadurai T, et al. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 2010(89):244-249.
- [20] Mathur R B, et al. Polymer Composites, 2010, 32(2):321-327.
- [21] 何佳. 酚醛树脂 / 有机蒙脱土纳米复合材料制备、表征及其应用研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
He Jia. Phenolic resin / organic montmorillonite nano-composite preparation, characterization and its application research [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2010.
- [22] Wang Jian, et al. Study of molding plastics of motor commutator improved by fiber[C] // Proceedings of 2009 International Conference on Advanced Fibers and Polymer Materials. Beijing: ICAFP, 2009:361-363.
- [23] 刘新林, 等. 不同填料增强酚醛树脂模塑料的研究 [J]. 中国胶粘剂, 2010, 19(11):49-52.
Liu Xinlin, et al. Study on phenolic resin molding compound reinforced by different fillers[J]. China Adhesives, 2010, 19(11):49-52.
- [24] Guo Zibin. High Performance Polymers, 2012, 25(1):42-50.
- [25] 张亚娟, 等. 工程塑料应用, 2002, 30(10):12-14.
Zhang Yajuan, et al. Engineering Plastics Application, 2002, 30(10):12-14.
- [26] Lee Wenjau. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 118(6):3 471-3 476.
- [27] 朱苗森, 等. 塑料工业, 2011, 39(8):26-29.
Zhu Miaomiao, et al. China Plastics Industry, 2011, 39(8):26-29.
- [28] Guan Weisheng, et al. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2012, 39(6):792-797.
- [29] 杨小云, 等. 热固性树脂, 2009, 24(5):36-38.
Yang Xiaoyun, et al. Thermosetting Resin, 2009, 24(5):36-38.
- [30] 马源, 等. 现代塑料加工应用, 2007(5):24-27.
Ma Yuan, et al. Modern Plastics Processing and Application, 2007(5):24-27.
- [31] 王伟江. 玻璃纤维增强酚醛模塑料的制备及性能 [D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
Wang Weijiang. Preparation and properties of glass fiber reinforced phenolic molding compounds[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2011.
- [32] 周大鹏, 等. 绝缘材料, 2007(6):4-6.
Zhou Dapeng, et al. Insulating Material, 2007(6):4-6.
- [33] 王鸿, 等. 绝缘材料, 2001(5):42-45.
Wang Hong, et al. Insulating Material, 2001(5):42-45.
- [34] Zhang Boxing, et al. High Performance Polymers, 2012(5):398-404.
- [35] Stark W. Polymer Testing, 2009 (28):561-566.
- [36] Hirano K, et al. Reactive & Functional Polymers, 2013(73):256-269.

东营拟建高溴环氧树脂装置

据悉, 东营市金德易化工有限公司年产 600 t 溴化环氧树脂阻燃剂项目环评已经公示, 拟建一条生产线, 年产 600 t 溴化环氧树脂阻燃剂, 主要建设包括主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程、储运工程等。(中国环氧树脂网)

欧洲 8 国将利用纳米技术联合研制新型阻燃剂

为增强阻燃添加剂的效用, 同时减少其在聚合物中的用量, 欧洲多国不久前共同发起一项名为 Phoenix 的合作计划。该计划旨采用纳米技术研制新型阻燃添加剂, 从而取代传统无卤阻燃剂。

Phoenix 合作计划将在西班牙塑料材料研究协会领导下, 由欧洲 8 国的 15 家企业及科研机构协作完成。该合作项目的负责人表示, 传统无卤阻燃剂虽受热分解时产生的气体低烟、低毒, 然而其阻燃效用却并不十分理想, 聚合物要想拥有很好的阻燃效果, 需加入大量无卤阻燃添加剂。而无卤阻燃添加剂成分过高势必会对聚合物的物理特性产生消极

影响。因此, Phoenix 项目的重大目标是以纳米技术为依托, 在提高效用的基础上将聚合物阻燃添加剂用量降至 15%。

该新型阻燃剂将完全采用纳米颗粒, 或将其与无卤材料相结合。纳米颗粒主要从石墨烯碳基材料及改性木质素中提取。与传统无卤阻燃剂相比, 新型阻燃剂用量少、效用高, 使用安全, 对环境造成的污染小。(工程塑料网)

威格斯聚醚醚酮通过空客认证

不久前, 聚醚醚酮聚合物制造商威格斯(Victrex)公司开发的 PEEK 90HMF40 已顺利通过空中客车的资格认证。

与传统的航空航天金属材料(如不锈钢、钛和铝)相比, 聚醚醚酮在同等强度和刚性条件下可减少 70% 的质量; 在相同条件下, 与铝 7075-T6 相比, 其耐疲劳寿命可延长 100 倍, 强度和刚性提高 20%。

另外, 该材料具有优异的力学性能、宽温度范围条件下的适用性以及在各种化学腐蚀环境中的耐久性等优点。

(工程塑料网)