

## 综述

# 聚氨酯-环氧树脂复合材料的研究进展

王淑艳 曾黎明 赵庆美

(武汉理工大学材料学院, 武汉 430070)

**摘要** 介绍了互穿聚合物网络聚氨酯-环氧树脂复合材料的制备方法, 作为结构材料和泡沫材料的增强改性和其作为功能材料的研究现状, 并对其发展前景作了展望。

**关键词** 互穿聚合物网络; 聚氨酯; 环氧树脂; 改性

中图分类号 TQ323.9

文献标识码 A

文章编号 1006-6829(2008)01-0044-05

互穿聚合物网络(Interpenetrating polymer network, IPN)是由2种或2种以上聚合物网络永久性互相穿插缠结而形成的聚合物合金, 网络间可能存在共价键相结合<sup>[1]</sup>。IPN独有的强迫互容作用, 能使2种性能差异很大或具有不同功能的聚合物形成稳定的结合体, 同时IPN中的界面互穿、双向连续等结构形态特征, 又使他们在性能或功能上具有特殊的协同作用, 从而在不失去原有聚合物特性的基础上, 赋予材料更加优异的性能。

目前在IPN的研究中, 最活跃的品种是聚氨酯(PU)的IPN, 这主要是PU的种类多, 可通过软硬段的比例来调节, 且PU中含有羰基和氨基2种活泼基团, 可以和多种官能团进行化学反应, 提高PU和其他材料的相容性。

环氧树脂(epoxy resin, EP)具有强度高、粘结性能好和热稳定性优异等特点, 得到了广泛的应用。但EP也有1个明显的缺点就是其韧性较差, 这在很大程度上限制了它的应用。因此在保持EP原有力学性能的基础上如何增强它的韧性一直是EP研究的重点; 而PU具有较好的韧性, 异氰酸酯基团也可以和环氧基团进行化学反应, 两者的相容性良好。PU-EP/IPN技术是改善EP和PU综合性能的有效方法。

在PU-EP/IPN体系中, PU与EP的互穿程度和交联密度决定着增韧的效果<sup>[2,3]</sup>。研究发现, EP与PU达到最佳增韧效果的最佳质量比出现在19/81~27/73, 在这范围内的EP和PU才有可能形成“海岛结构”。一种材料作为连续相, 另一种材料作为分散相, 这种相结构的材料力学性能较好。

## 1 PU-EP/IPN的制备方法

PU-EP/IPN的制备方法主要有分步和同步2种。分步法PU-EP/IPN是首先合成1种聚合物网络, 然后将另1种物质在前1种聚合物网络中聚合形成网状结构; 同步法则是将异氰酸酯与EP, 以及固化剂、催化剂等混合, 通过各自不同的聚合反应同时聚合形成交叉缠结的网络链。PU-EP/IPN的反应为剧烈的放热反应, 在反应初始几秒钟内反应体系的温度就可达到200℃, 在此高温下, 2种反应的速率接近相等, 链增长较为均匀。与分步聚合相比, 同步聚合的2组分分散更均匀, 分子混合程度较高, 力学性能更好, 且工艺简单。因此, 在做IPN材料研究时, 一般采用同步方法。

## 2 PU-EP/IPN结构材料

### 2.1 研究状况

华东理工大学的杨宇润等对PU-EP/IPN硬质泡沫塑料的反应过程和微观结构进行了基础性的研究<sup>[4]</sup>。实验证明, 反应体系所用的催化剂和粘度是影响反应的2大重要因素。不同的催化剂影响特定化学基团的反应, PU和EP混合体系的粘度则影响化学基团的反应程度。

Ho等制备了用PU改性EP的互穿网络材料, 试验结果表明: 与纯EP相比, 改性EP具有更好的热力学稳定性, 更高的玻璃化转变温度、更好的绝缘性和更高的模量<sup>[5]</sup>。

Chen等用同步法以4,4-二甲基二胺为固化剂制备了PU-EP/IPN材料, 傅里叶变换红外光谱测试结果表明, PU-EP/IPN材料中, PU和EP是2个独

立的反应体系; 从其机械性能来推测, 反应体系存在 PU 和 EP 的共聚合现象。热损失分析表明, 随着环氧和填充物量的增加, 材料的耐热性逐渐增强<sup>[6]</sup>。

胡运立等通过考察环氧含量、环氧值及异氰酸酯指数对 PU-EP/IPN 硬质泡沫材料的机械性能的影响, 对 PU-EP/IPN 硬质泡沫材料进行了较为系统的研究<sup>[7]</sup>。结果表明, EP 对 PU-EP/IPN 材料的增强作用随环氧含量增加先增后降, 中间存在 1 个最大值, 且最大值所需的环氧含量与 EP 的环氧值成正比关系。

商士斌等以同步法制备了不同配比的松香基环氧树脂(RER)-松节油基聚氨酯(TPU)互穿网络体系<sup>[8]</sup>。红外光谱分析表明, 在 RER-TPU 互穿网络中, 2 个网络有序反应的几率大于同时反应的几率; 各项力学性能测试表明, RER 和 TPU 的配比对 IPN 的力学性能有一定的影响, 当 RER 的质量分数为 13% 时, IPN 材料的力学性能最佳。

伍智等通过聚丙二醇醚(PPG), 聚四氢呋喃醚及 2 者的共聚醚分别形成的 PU 预聚体与低分子羟基化合物和 EP 的反应性, 应用 PU 对 EP 进行 IPN 改性, 分析了聚醚对 PU-EP/IPN 的影响<sup>[9]</sup>。结果表明, 聚四氢呋喃醚与 EP 的反应活性太大, 不适于做 EP 的 IPN 改性。其他 2 种反应活性适中, 适于做 EP 的 IPN 改性。改性后的 EP 冲击强度大大提高, 如表 1 所示, 当质量比为 100/30 时, PU-EP/IPN 的冲击强度比纯 EP 提高了 200%。

表 1 质量比对 PU-EP/IPN 的冲击强度的影响

序号	EP 和 PU 的质量比	冲击强度/(kJ·m)
1	100/0	10.2
2	100/30	30.6
3	100/40	19.0

## 2.2 增强改性

PU-EP/IPN 泡沫材料的增强改性目前主要有纤维增强改性、纳米改性、共混改性、梯度增强、原位插层法和增加刚性链等几种方法。

### 2.2.1 纤维增强改性

是增强材料力学性能最常用的一种方法。为了增强 PU-EP/IPN 泡沫材料的力学性能, Lin SP 等合成了几种超高相对分子质量聚乙烯纤维增强的 PU-EP/IPN 材料<sup>[10]</sup>。测试结果表明, 超高相对分子质量纤维增强的 PU-EP/IPN 材料的各项力学性能要好于超高相对分子质量纤维增强的纯 EP; 同时, Lin SP 等还对 PU-EP/IPN 材料的 PU 离子处理程度、PU

的含量和多元醇种类对材料机械性能的影响进行了讨论。

管云林等用尼龙 6 来增强 PU-EP/IPN 复合材料<sup>[11]</sup>。发现 EP 的增加会导致材料的玻璃化转变温度的下降, 最终的玻璃化转变温度取决于未参与反应的 EP 部分。与未用纤维增强的材料相比, 所制得的材料具有更好的尺寸稳定性、更高的压缩强度和耐热性。

### 2.2.2 共混改性

共混是改善材料综合性能的有效方法。通过不同混合材料之间的协同作用, 可以弥补单一材料存在的缺陷, 提高材料的综合性能, 甚至产生单一材料原本不存在的新性能。

Chiu Hisen-Tang 等采用将有机硅、PU 和 EP 共混的方法制得了介于分子间交联和自交联的互穿网络聚合物, 用单摆流变仪测定了材料的固化行为<sup>[12]</sup>。结果表明, 通过软段和硬段比例的调整, 可使制得的材料具有优异的抗震性、粘结性和耐热性, 具有较好的发展和应用前景。

### 2.2.3 纳米改性

由于纳米材料的微粒尺度很小, 只有几十纳米, 因而纳米分散相有很大的表面积和强的界面相互作用, 这种相互作用可使纳米材料表现出不同于一般宏观复合材料的力学性能及其他性能。

Hongwen Zhang 等制备了纳米二氧化硅增强 PU-EP/IPN 材料, 并测定了其各项力学性能<sup>[13]</sup>。结果表明, 纳米二氧化硅与聚氨脂和 EP 具有良好的相容性, 可极大地提高 PU-EP/IPN 的各项力学性能。

### 2.2.4 原位插层法

尽管采用互穿技术比用一般共混方法所得的 EP 的强度较高, 但仍低于纯 EP 的强度。为了进一步提高材料的力学性能, 贾庆明等采用聚合物互穿技术与原位插层法相结合的方法制备了蒙脱土和 PU 协同增韧 EP 互穿网络纳米复合材料<sup>[14]</sup>。力学性能测试结果表明, PU 和蒙脱土的加入同时增加了 EP 的拉伸强度和断裂韧性, 当蒙脱土的质量分数为 3% 时, 得到的纳米复合材料的拉伸强度、断裂韧性分别是纯 EP 的 1.2 倍和 2.6 倍。当蒙脱土的含量继续增加时, 拉伸强度仍有增加, 但断裂韧性有些降低。扫描电镜分析表明 PU 和蒙脱土协同增强 EP 的主要原因为剪切屈服和微裂纹增韧。

### 2.2.5 其他

除了以上方法, 从高分子结构的角度考虑, 还可采用添加刚性链等方法来提高 PU-EP/IPN 的力学

性能。选用既含有刚性骨架又含有适当官能度的活性基团组分来合成 PU 对 EP 进行改性, 既可降低分子链的活动性, 又可提高 PU 和 EP 的交联密度, 必要时可以添加其他的助交联剂来提高 PU-EP 的交联密度, 以增加其力学性能。

Mahesh KPO 等制备了用 4,4 - 二胺基二苯基甲烷(DDM)固化的芳香族和脂肪族双马改性 PU-EP/IPN 材料<sup>[15]</sup>。测试结果表明, 与纯的 EP 相比, PU-EP/IPN 材料的各项力学性能和电学性能有所下降, 但双马改性 PU-EP/IPN 材料的力学性能和电学性能则要好于纯的 EP, 且芳香族双马改性的 IPN 材料要强于脂肪族改性的材料。

华东理工大学的金建锋则选择了分子中含有三元菲环刚性结构的松香和双酚 A 制备了松香基-聚异氰酸酯和双酚 A 基软质 PU 泡沫塑料<sup>[16]</sup>。通过试验证实, 马来松香与己二酸的物质的量的比为 9:1 时, 各项指标最好, 所有松香基泡沫塑料的尺寸稳定性、导热系数、压缩强度和热稳定性均比工业聚醋多元醇 P744 制备的 PU-PIR 硬质泡沫塑料好。采用双酚 A EP 与工业聚醚多元醇 GMN-3050 进行加成反应, 制备了环氧改性多元醇(GE Polyal), 并用其制备了 PU 软泡, 测得这类泡沫塑料的力学性能与物理性能均优于由 EA Polyal 增强的 PU 软泡。

湘潭大学的韦春则采用液晶聚合物来改性 EP, 以 4,4 - 二胺基二苯砜作为固化剂<sup>[17]</sup>。结果表明, LCPU 的加入可以使 EP 的冲击强度提高 2~3.5 倍, 拉伸强度提高 1.6~1.8 倍, 弹性模量提高 1.1~1.5 倍, 断裂伸长率提高 2~2.5 倍,  $T_g$  提高 36~60 , 改性后材料断裂面的形态逐渐呈现韧性断裂特征。

### 3 PU-EP/IPN 泡沫材料

泡沫材料可看作气泡均匀分散在树脂基体中形成的复合材料。为了提高泡沫材料的力学性能, 通常在泡沫材料制备过程中向基体中添加各种增强相, 从而获得增强泡沫材料或复合泡沫材料。与普通泡沫材料相比, 复合泡沫材料具有质轻、隔热、减震力学性能优异等许多独特的优点。PU-EP/IPN 泡沫材料是 PU-EP/IPN 复合材料 1 个重要分支, 它同时具有 PU-EP/IPN 材料优异的力学性能和泡沫材料的特点, 且密度易于精确控制, 机械性能较高。对 PU-EP/IPN 复合泡沫材料力学性能的研究已引起国内外研究者的广泛关注。

根据交联密度的不同, PU-EP/IPN 可以分为硬质泡沫材料和软质泡沫材料。目前对 PU-EP/IPN 硬

质泡沫复合材料的研究绝大部分集中在其微观结构和各项力学性能, 并探讨其作为功能材料的可能性。对 PU-EP/IPN 软质泡沫材料的研究则集中在提高软质泡沫的承载性能, 并提高其作为阻尼吸音泡沫塑料的性能。

#### 3.1 泡孔结构对材料的影响

泡沫材料的性能不仅取决于基质的结构和性能, 而且很大程度上受泡孔结构的影响。一般来说, 泡沫密度可通过配方中发泡剂的用量来实现, 膜的强度由泡沫塑料的基质的强度及发泡体系发泡过程中基质的粘弹行为决定。

PU 泡沫材料的泡沫特性研究对 PU-EP/IPN 泡沫材料的泡沫性能研究有着重要的指导意义。中国工程物理研究院的梁书恩等研究了匀泡剂类型及用量、催化剂配比和搅拌工艺用对 PU 硬质泡沫材料泡孔结构的影响<sup>[18]</sup>。结果显示, 匀泡剂用量的增加一般导致孔径的降低和闭孔率的提高, 但当其用量过大时可能发生聚集行为而导致较大泡孔的出现和泡沫坍塌; 不同的催化剂配比导致不同的材料孔径; 与化学发泡体系相比, 物理发泡体系中搅拌速度对孔径的影响比较显著, 随着搅拌速度的增大, 孔径减小。同时建立了 1 种以泡孔结构的 SEM 图像为基础, 由平均泡孔截面面积求材料孔径的二维图像分析方法。

#### 3.2 研究现状

尚蕾等通过制备不同 PU-EP 的泡沫材料, 研究了 PU-EP/IPN 泡沫复合材料的力学性能、动态热机械性能和 PU-EP/IPN 中的泡沫形态<sup>[19]</sup>。结果表明, EP 的加入会改善材料的压缩性能, 但 EP 的含量过大, 会影响材料的冲击性能; 在 PU 中加入 EP, 会因 NCO 基与聚醚及 EP 的反应产生竞争, 使体系的复合损耗因子峰值所对应温度降低。由扫描电镜可看出, 随着 EP 含量的增加, 泡孔壁变得越来越厚, 且泡孔形状也从均匀的圆形转变为大小不一、形状不一, 材料的脆性增大, 耐冲击性能下降。这可能是因为 EP 随温度的变化粘度变化过大的原因: 反应初期, EP 的粘度过大, 气体不易发泡, 随着反应的进行, 温度升高, EP 的粘度突降, 形成的气泡不稳定, 易塌陷、变形甚至破裂。

### 4 PU-EP/IPN 功能材料

具有除力学性能以外的其他化学物理性能的复合材料, 统称为功能复合材料。功能复合材料的品种繁多, 主要有电学、光学和声学功能复合材料。一般

来说,功能材料和结构材料没有明显的界限,许多材料既是结构材料、也是功能材料,也就是说它们是结构功能一体化材料。PU-EP/IPN材料在我国的研究时间较短,除可作为结构材料,研究人员也在积极探索其作为功能材料的可行性。目前对PU-EP/IPN复合功能材料的研究主要集中在PU-EP复合材料的阻尼性能、阻燃性能、导电性能和抗震性能等方面。

在阻尼性能方面,青岛科技大学的王宝柱合成了PU-EP/IPN复合材料,借助动态粘弹谱仪的测试结果讨论了异氰酸酯种类、交联密度、硬段的质量分数、软段的相对分子质量、扩链剂类型和结构、在填料中的含量和频率等因素对动态粘弹性的影响<sup>[2]</sup>。测试结果表明,通过2步法制备PU可以有效控制分子结构,通过减小交联密度、增加硬段的质量分数、增加软段的相对分子质量和在主链上引入一定数量的侧基等方法可以提高材料自身的损耗因数,并使玻璃化转变温度产生迁移。此外,填料,尤其是片状填料的加入可以有效地改善PU材料的动态粘弹性,并使T<sub>g</sub>向高温区迁移。

江蓉等以端羟基硅油和甲苯二异氰酸酯合成的端异氰酸根聚氨酯预聚物(PUP),对9,10-二氧-9-氧杂-10-磷杂菲-10氧化物(DOPO)改型的EP进行接枝改性,制备出兼具韧性和阻燃性的新型EP<sup>[21]</sup>。通过试验测定其性能发现,随着磷含量的增加,含磷熟知的热稳定性逐渐降低,而残炭率逐渐增加,当磷的质量分数为15%时,残炭率最高,氧指数也最高;当PUP的质量分数达到10%时,体系的冲击强度最高,韧性最强。

目前,一般采用添加导电类填料等物理方法来制得导电功能复合材料,根据化学导电方法制得导电高分子材料比较困难。Chiou等制备了聚苯胺和PU改性双酚A缩水甘油脂类EP纳米复合材料<sup>[22]</sup>。光谱和SEM表明了材料中纳米结构的存在,相比于原来的基体材料,不仅聚苯胺和PU改性双酚A缩水甘油脂类EP纳米复合材料的各项力学性能及热力学性能有了很大的提高,而且在10<sup>3</sup>~10<sup>7</sup>Hz的测试条件下,还获得了10<sup>-3</sup>~10<sup>-9</sup>的导电性。

梯度材料由于材料的组成沿厚度方向由一侧向另一侧呈连续变化,因而基体和增强体界面间的应力较小,所制得的材料具有较高的力学性能、抗热冲击性能、耐高温性能。海军工程大学的穆中国、王源升用逐层浇铸的方法置备了PU-EP梯度互穿网络聚合物,并研究了其性能<sup>[23]</sup>。测试结果表明,梯度材料的拉伸强度、弯曲强度和冲击强度均随着梯度层

数的增加而增加。这种梯度材料可用于机械工程和生物工程等领域。

## 5 发展前景

随着电气、电子材料、现代航空航天等技术的进步,许多领域对EP的性能提出了越来越高的要求。EP的研究也出现了以下的发展趋势:尝试采用新的原料、新的制备方法来进一步提高材料的力学性能;进一步探讨其作为功能材料的可行性;将PU-EP/IPN材料的力学性能和功能性结合起来,制造既是结构材料又是功能材料的结构功能一体化新型材料。随着社会各行各业对新材料的迫切需求及PU/EP复合技术的广泛发展,PU/EP将会取得更多新的突破,PU-EP复合材料将作为功能化、高性能化的新材料而获得更好的发展前景。

## 参考文献

- [1] Frish K C, Klempner D. Glass transitions of topologically interpenetrating polymer networks[J]. Polym Eng Sci, 1974, 14(9):645- 650.
- [2] Xie Hongquan, J Guo Unshi. Room temperature synthesis and mechanical properties of two kinds of elastomeric interpenetrating polymer networks based on castor oil[J]. European Polymer Journal, 2002, 38(11):2271- 2277.
- [3] Jeanmichel Widmaier, Alexandra Nilly, Jeanmarc Chenal, et al. Dependence of the phase separation process on the relative onset of network formation in simultaneous interpenetrating polymer networks[J]. Polymer, 2005, 46(10): 3318- 3322.
- [4] 杨宇润,陈永林,王得宁,等.聚氨酯/环氧树脂互穿网络硬质泡沫塑料的反应过程和微观结构[J].功能高分子学报,2003, 16:159- 165.
- [5] Ho T H Leu, T S Cheng S S. Synthesis and properties for interpenetrating polymer network of modified epoxy resins[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2006, 101(3):1872- 1879.
- [6] Chen ChinHsin, Chen MengHuei. Synthesis, thermal properties and morphology of blocked polyurethane/ epoxy full-interpenetratingpolymer network[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2006,100(01):323- 328.
- [7] 胡运立,邹传品,苏醒,等.聚氨酯/环氧树脂互穿网络聚合物硬质泡沫机械性能研究[J].聚氨酯工业,2006,21(6):18- 21.
- [8] 商士斌,夏建陵,谢晖,等.松香基环氧树脂/松节油基聚氨酯互穿聚合物网络结构与性能研究[J].林产化学与工业,2004, 24:33- 36.
- [9] 伍智,杨卫英,刘铁,等.聚醚对环氧-聚氨酯互穿网络制备的影响[J].塑料工业,2007,35(6):13- 15.
- [10] Lin S P, Han J L, Yeh J T , et al.composites of UHMWPE fiber reinforced PU/epoxy graftinrpenetrating polymer networks[J]. European Polymer Journal, 2007, 43(3): 996-

- 1008.
- [11] 管云林,邵蕾,尼龙 6 纤维增强聚氨酯/环氧树脂互穿网络硬质泡沫塑料[J].天津大学学报,1996,29(6):960- 966.
- [12] Chiu HisenTang, Wu Jyh- Horng. A study on the curing behavior of silicon/polyurethane/epoxy blends by rigid-body pendulum rheometer[J]. Polymer- Plastics Technology and Engineering, 2006,45(9):1081- 1085.
- [13] Hongwen Zhang, Bing Wang, Hongtu Li, et al. Jingyuan Wang Synthesis and characterization of nanocomposites of silicon dioxide and polyurethane and epoxy resin interpenetrating network[J]. Polymer International, 2003,52(9): 1493- 1497.
- [14] 贾庆明,李金波,徐长征,等.聚氨酯和蒙脱土协同增韧增强环氧树脂[J].材料研究学报,2007,21(2):220- 224.
- [15] Mahesh, KPO, Alagar M, Jothibasu S. A comparative study on the preparation and characterization of aromatic and aliphatic bismaleimides- modified polyurethane/epoxy interpenetrating polymer network matrices[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2006,99(6):3592- 3602.
- [16] 金建锋.聚氨酯材料的增强研究[D].华东理工大学学位论文,2000.
- [17] 韦春,谭松庭.反应型液晶聚合物改性环氧树脂性能的研究[J].高分子材料科学与工程,2003,19(1):168- 171.
- [18] 梁书恩.聚氨酯泡沫塑料泡孔结构与力学性能关系的研究[D].中国工程物理研究院,2005.
- [19] 尚蕾,黄奕刚,王建华,等.聚氨酯/环氧树脂互穿网络聚合物的性能研究与应用[J].化学研究与应用,2005,17(4): 552- 553.
- [20] 王宝柱.聚氨酯/环氧树脂复合材料的阻尼性能[D].青岛科技大学硕士学位论文,2004.
- [21] 江蓉,章晨,杜中杰.含硅聚氨酯预聚物接枝 DOPO 改性环氧树脂的制备及性能研究[J].中国塑料, 2006,20(11):26- 30.
- [22] Chiou, Yang WenChin, Han DongYi, et al. Synthesis and characterization of composites of polyaniline and polyurethane-modified epoxy[J]. Polymer International, 2006,55(11): 1222- 1229.
- [23] 穆中国,王源升.聚氨酯/环氧梯度互穿网络聚合物力学性能的研究[C].高分子材料科学与工程研讨会论文集,2006.

### 蛇纹石尾矿的综合利用

蛇纹石在我国储量丰富、分布广泛,是一种很有价值的含镁矿物资源。但其中只有颗粒较大的用于制造钙镁磷肥,而颗粒较小或粉状的则被废弃。利用蛇纹石尾矿制备轻质氧化镁、氧化铁红、二氧化硅和碳酸钙,变废为宝,具有积极的社会意义、环保效益和显著的经济效益。

蛇纹石的组分复杂,主要由  $MgO$ ,  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  等组成,另外还含有  $Ni$ ,  $Cr$ ,  $Co$  等氧化物。蛇纹石与盐酸主要反应:



$FeO$ ,  $FeCO_3$ ,  $FeO \cdot SiO_2$  也较易与稀酸反应生成  $Fe^{2+}$ 。用质量分数 5%~9% 的盐酸在 102~110℃ 下溶解细度 0.180 mm 筛孔的蛇纹石尾矿粉,反应时间为 2 h。

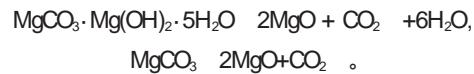
溶解的镁、钙、铁、铝和锰等金属离子的氯化物经过滤与蛇纹石的余渣分离,洗涤  $SO_4^{2-}$ ,利用  $SO_4^{2-}$  制备水玻璃。

用氧化剂把二价铁氧化成三价铁,根据相关难溶物的溶度积及其沉淀的 pH 值,采用分级分离技术,用石灰乳慢慢调节浸出液的 pH=5~9,得到氢氧化铁和氢氧化铝沉淀;在沉淀混合物中加入 NaOH 溶液除去氢氧化铝,加热灼烧氢氧化铁即得氧化铁红产品。

继续加石灰乳调节浸出液的 pH=12.5~13,使镁离子转化成氢氧化镁沉淀,制成含有氢氧化镁与氢氧化钙混合物的镁

乳液;用水洗涤除去镁乳液中的  $Cl^-$ ,控制  $Cl^-$  的浓度在 0.03~0.4 mol/L; 在常压下用  $CO_2$  进行碳化,控制碳化反应终点 pH=8~10,实现钙镁分离。

含碳酸氢镁的上清液,在常压下加热分解得到碳酸镁和碱式碳酸镁,热解温度为 70~120℃,时间为 15~30 min;煅烧生成的碳酸镁和碱式碳酸镁,控制温度为 700~800℃,时间为 1.5 h;冷却,即得  $MgO$  产品。



加热烘干含水的碳酸钙,即得碳酸钙产品。

酸浸时,蛇纹石尾矿粉越细,比表面积越大越有利于反应的进行,酸浸温度降低,酸解时间延长。可考虑用废盐酸浸出蛇纹石矿粉,以降低反应的成本。

碱浸时,控制 pH=5~9 时,  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$  均能形成氢氧化物沉淀,且沉淀完全,而  $Mg^{2+}$  不能生成沉淀,从而将  $Mg^{2+}$  和各种阳离子分离。

$Ca(OH)_2$  不能过量,若  $Ca(OH)_2$  过量会导致  $Al(OH)_3$  溶解和  $Mg(OH)_2$  沉淀。

碳酸镁和碱式碳酸镁煅烧时产生的  $CO_2$  可用于对镁乳液进行碳化,使物质循环使用,节约资源。

(郑华)

# 欢迎订阅,欢迎投稿,欢迎刊登广告

## Research on Synthesis Technologies of p-Hydroxybenzaldehyde and Its Application Progress (End)

Tao Jinhai, Pei Wen

(College of Chemical Engineering and Materials, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014)

**Abstract:** Applications of p-hydroxybenzaldehyde in the medicine, pesticide and food spices etc. are introduced. It is regarded that Reimer-Tiemann method with advantages of raw materials cheap and easy obtained, operation simple, reaction steady, yield and purity high, is an industrialized production method with prospect.

**Keywords:** p-hydroxybenzaldehyde; Reimer-Tiemann; pcresol; reaction; application

## Present Status and Development Prospect of Polyamide at Home and Abroad

Wang Hongzhan, Gao Xianming

(Henan Shenma Nylon Chemical Industry Company Limited, Pingdingshan Henan 467013)

**Abstract:** Developing course of polyamide (PA) is reviewed and new progress of PA production technology is introduced. It is estimated that polyamide production capacity and demand will reach 4.6 million tons and 5.3 million tons in 2010 through the analysis of the market. The industry development suggestion is also put forward. It is regarded that development of PA engineering plastics must start from a high beginning, large scale so as to improve the product quality and enhance the anti-risk ability and quicken PA modification technology search.

**Keywords:** polyamide; nylon; PA6; PA66; present status; progress

## Conversion of Ammonium Chloride and Resource Comprehensive Utilization

Wang Xudong, Wu Min

(Haohua Southwest Co. Ltd, Zigong, Sichuan 643000)

**Abstract:** From the view of soda ash and environmental protection, development pressure in front of the soda ash industry and effect of increasing demand of chlorine resource requirement are analyzed, meanwhile different processes and technical routes for ammonium chloride conversion are introduced, important realistic significance and social significance of ammonium chloride source are reviewed.

**Keywords:** ammonium chloride; soda ash; resource; comprehensive utilization

## Development Progress of Polyurethane-epoxy Resin Compounded Materials

Wang Shuyan, Zeng Liming, Zhao Qingmei

(Material College, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070)

**Abstract:** A preparation method of polyurethane/epoxy resin compounded material interpenetrating polymer networks is introduced, enhancing modification as a configuration material and foamed material are introduced, its development prospect is also expected.

**Keywords:** interpenetrating polymer network; polyurethane, epoxy resin, modification

## Improvement on the Stuffing Box of Phenolic Epoxy Resin Desolventing Unit Gear Pump

Mao Genxing, Chai Jingrong

(Jiangshan Jianghuan Chemical Industry Co. Ltd, Jiangshan, Zhejiang 324100)

**Abstract:** In the desolventing unit of phenolic epoxy resin production, gear pump of the falling film evaporator pump and pelletizer feeding runs under high temperature and high viscosity and vacuum. Concerning with the problems such as difficult operation of manual jigger, bad seal of stuffing box, severe leakage, short span of the stuffing, and quicker abrasion of pump's axis, reasons which causes for these problems are analyzed. Improvement is made on the stuffing box seal and better result is obtained in combination with the application of sealing of skeleton oil seal.

**Keywords:** gear pump; stuffing box; seal; phenolic resin; improvement phenolic epoxy resin; improvement

## Application of Double-Effect Climbing-film Evaporator in Glyphosate Mother Liquor Concentration Process

Yan Shoubao

(Anhui Chlor-alkali Chemical Group Company, Hefei 230011)

**Abstract:** Applications of double-effect climbing-film evaporator in glyphosate mother liquor concentration process was introduced. It