

# 吸氧塑料包装的研究进展

王小群 张娅婷 杜善义

(北京航空航天大学材料科学与工程学院,北京 100083)

**摘要** 概述了近年来国内外用于食品包装的吸氧塑料的研究进展,展望了吸氧塑料的发展前景,其中单层吸氧塑料是最有发展潜力的包装材料,提出未来吸氧塑料的研究重点是其配方设计、安全可靠、产品成本的降低及其可循环利用性。

**关键词** 食品包装 吸氧 塑料

塑料制品主要应用在包装方面,其中以在食品包装上的应用最多,占食品包装总量的30%,且年增长率高达5.5%,远高于其它种类的食品包装。氧气是引起食物变质的重要因素之一,因此食品包装内的氧气含量必须低于其允许量<sup>[1]</sup>,然而常规塑料的阻隔性难以达到要求。

降低包装内氧气含量的传统方法有气体置换、抽真空、放置吸氧剂或含有积极吸氧物质的纸箔或标签等。然而气体置换和抽真空都不能完全除去包装中的氧气;放置吸氧剂虽能有效地降低包装内的氧气含量,但会使包装工艺复杂化,同时易引起消费者误食。对于饮料包装,除了灌装时顶隙进入的氧和存储过程中通过包装材料进入的氧气之外,还有饮料本身溶解的氧,因此在实际灌装工艺中不适合采用上述传统方法除去氧气。所以研究者们将可吸氧的物质直接融入塑料包装中,使包装塑料本身具有吸氧能力。作为“活性包装”<sup>[2]</sup>材料之一,近年来吸氧塑料得到国内外科研工作者的广泛关注。

目前美国、日本、俄罗斯等国已经开发出能直接融入包装材料的具有吸氧功能的物质,可与塑料基体共同加工成型,并已有大量专利公开。而国内相关研究和报道还很少,拥有自主知识产权的技术更是凤毛麟角,与国外相比,在技术含量、工艺设计等方面都存在较大的差距。笔者现介绍近年来国内外吸氧塑料的研究进展及其应用领域,并预测其发展趋势。

## 1 吸氧塑料的吸氧机理

在塑料基体中加入具有吸氧功能的物质,经过吹塑或挤出等手段可加工成具有吸氧功能的塑料薄膜或容器。吸氧塑料的吸氧机理主要有两种:一种是利用塑料中添加的低分子吸氧剂的氧化反应,这种吸氧剂实际上是抗氧化剂的一种,易与氧气反应生成稳定氧化物,属于化学吸收脱氧<sup>[3-4]</sup>;另一种是利用特定结构的吸氧树脂的自身氧化,这种吸氧树脂通常在主链或侧链上含有双键、羰基等活性基团<sup>[5]</sup>,或在主链内含有活性亚甲基,如聚丁二烯、聚异戊二烯、烯烃共聚物、尼龙6、聚己二酰间苯二胺(MXD6)、(乙烯/乙炔醇)共聚物(E/VAL)等。氧气进攻吸氧树脂主链上的薄弱环节,如双键、羟基、叔碳原子上的氢等基团或原子,生成氧化物或过氧化物,来实现吸氧树脂的吸氧作用。光、热、紫外线、电

子射线、水蒸气、过渡金属催化剂(铁、钴、镍、铜等过渡金属盐)或引发剂等都会促进这种氧化反应的进行,属于自由基链式反应。

## 2 吸氧塑料的研究进展

### 2.1 添加吸氧剂的吸氧塑料

吸氧剂可分为无机吸氧剂和有机吸氧剂两种<sup>[3]</sup>。

无机吸氧剂一般有金属铁粉、亚硫酸盐等,其中铁粉在日常生活中常被用作独立包装的小包吸氧剂。日本住友化学公司的中江清彦等<sup>[6]</sup>发明了聚烯烃和铁粉组成的吸氧片,将聚烯烃和铁粉在挤出机中熔融共混,再经模塑得到薄膜或膜片,经拉伸后可形成微孔隙,这样均匀分散的铁粉通过大量的微空隙与空气接触,可有效地吸附空气中的氧气,而且使用方便,不易泄露。江苏工业学院的承民联等<sup>[7]</sup>将还原铁粉、E/VAL、增容剂和低密度聚乙烯(LDPE)通过双螺杆挤出机挤出制备吸氧母料,然后再将该吸氧母料与LDPE经单螺杆挤出机挤出并吹塑成吸氧薄膜。研究表明,随着铁粉和E/VAL含量的增加、温度的提高以及湿度的增加,薄膜的吸氧量会增加。王车礼等<sup>[8]</sup>在LDPE中加入还原铁粉制成吸氧薄膜,研究了铁粉含量、铁粉粒径、金属氯化物、无机填料、湿度等因素对该薄膜吸氧性能的影响,提出了吸氧树脂层内部分子传递与反应模型,该理论模型与实验结果吻合良好。

有机吸氧剂一般有抗坏血酸、异抗坏血酸及其同系物、奎宁、儿茶酚、葡萄糖氧化酶、油酸、亚油酸等。葡萄糖氧化酶和乙醇氧化酶可被固定在包装膜的内侧来达到吸氧目的<sup>[5]</sup>,或在包装膜内混入有机螯合物来实现吸氧,如B. D. Zenner等<sup>[9]</sup>将乙二胺四乙酸亚铁盐均匀地分散于聚氯乙烯(PVC)或聚对苯二甲酸乙二酯(PET)等基体树脂中,与从基体渗透的水蒸气接触后引发吸氧,还可添加抗坏血酸等作为辅助吸氧剂。实验证明,当添加配比为1:1的乙二胺四乙酸亚铁盐和抗坏血酸钠时,该材料的吸氧量最大,可达30.4 μmol/d。吴小洁<sup>[10]</sup>发明了用于塑料啤酒瓶盖的吸氧阻氧型内垫材料,将聚偏二氯乙烯用乙酸乙酯溶解后,形成澄清透明溶液喷涂于瓶盖的内侧,自然干燥后形成首层阻隔层;α类吸氧剂通过熔融挤出分散在E/VAL基体内,形成第二

层阻隔吸氧层。这种吸氧层在常温储存的条件下呈钝化状态, 在潮湿和酸性条件下吸氧功能被激活。

添加低分子吸氧剂的吸氧塑料制备工艺简单, 成本低廉, 吸氧效果好, 可以达到食品饮料的包装要求。但是这种吸氧塑料体系有很多弊端, 如加入吸氧剂后包装制品的透明性降低, 力学性能尤其是撕裂强度变差, 吸氧需要引发条件(如一定的相对湿度), 低分子物容易迁移, 高温加工过程容易引发吸氧, 有些吸氧塑料不符合与食品直接接触的卫生要求, 难于循环利用等, 限制了其应用范围。

## 2.2 添加吸氧树脂的吸氧塑料

可将吸氧树脂与其它常规塑料如聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、PET等共同加工成型, 制成单层或多层的具有吸氧功能的塑料包装材料。与添加低分子吸氧剂的吸氧塑料相比较而言, 添加吸氧树脂的吸氧塑料由于性能优越, 因此更有发展潜力<sup>[2]</sup>。国外在该领域的研究比较活跃, 并有相关的产品问世, 国内还没有关于添加吸氧树脂的单层或多层吸氧塑料方面的报道。

### 2.2.1 多层吸氧塑料

多层吸氧塑料大都由3层或5层构成, 外层为气体阻隔层, 用以阻止外部气体向内渗透; 中间层为吸氧层, 由吸氧树脂或吸氧树脂与其它树脂的共混物构成; 内层为气体渗透层, 其主要作用是将被包装物与吸氧层隔开。目前商业化的吸氧树脂有 Oxbar、Amosorb 3000 等, 商业化的吸氧塑料有 OSP<sup>TM</sup>、ZERO2 等, 其中大部分是用于 PET 啤酒瓶的研发, 以提高 PET 啤酒瓶的主动阻隔性能<sup>[11-12]</sup>。

美国皇冠瓶塞公司推出的 Oxbar 牌号的吸氧树脂为 MXD6 与环烷酸钴的共混树脂, 环烷酸钴能促进 MXD6 的氧化从而发挥吸氧作用。

美国 BP Amoco 公司继开发出用于 PP、PE 的铁基吸氧剂 Amosorb 2000 后, 于 1998 年开发了专用于 PET 啤酒瓶包装的 Amosorb 3000 共聚酯, 这种透明富有韧性的吸氧树脂与 PET 的相容性很好, 能与氧发生永久性键合, 当氧气经瓶壁和瓶盖渗入瓶中时能截留住氧气, 还可在啤酒灌装时吸收瓶顶隙的氧气, 该吸氧树脂可用于多层啤酒瓶的内层, 已经获得美国 FDA 批准。据报道, 当 PET 中掺入 6% 的 Amosorb 3000 时, 180 d 后氧的渗透量仅为  $1 \times 10^{-6}$  g, CO<sub>2</sub> 损失约 10%<sup>[13]</sup>。

美国 Chevron Phillips Chemical 公司开发了商品名为 OSP<sup>TM</sup> 的吸氧共混物体系, 其中主要成分为乙烯/丙烯酸甲酯/丙烯酸环己烯基三元共聚物(EMCM), 在包装前用紫外线照射可使其产生自由基, 该自由基与氧气结合达到吸氧的目的。引发前该体系在空气中可稳定存在, 引发后不会产生降解副产物, 而且外观透明。图 1 为该共混物引入包装中的结构示意图。由于阻隔层的存在, 只有痕量的氧会达到 OSP<sup>TM</sup> 层, 因此, OSP<sup>TM</sup> 一般不会快速消耗且具有非常长的使用寿命<sup>[14]</sup>。

OSP<sup>TM</sup> 与其它聚合物共混仍具有很好的吸氧性能, 室温

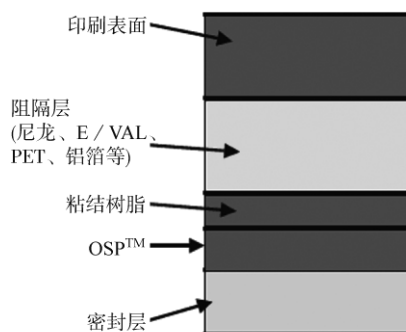


图 1 OSP<sup>TM</sup> 引入包装中的结构示意图

下, 线性 LDPE(LLDPE)/OSP<sup>TM</sup>(70/30) 共混物约 10 d 后达到近 70 mL/g 的最大吸氧量。

美国 Cryovac 密封气体公司采用 OSP<sup>TM</sup> 制作了用于透明包装的 OS 1000 薄膜<sup>[15]</sup>, 被瑞士雀巢公司下属的 Nestle Buitoni 公司用于包装各种面食制品并投放到美国市场, 其中包装盒壁为热成型 E/VAL 阻隔层, 盒上部采用 OS 1000 薄膜密封, 这样可使食品包装盒内的氧气含量降低至 0.1% 以下, 从而使食品货架寿命延长 50%。

澳大利亚 Southcorp Packaging 公司与 CSIRO 公司的食品科学分部合作开发了商品名为 ZERO2 的新型可吸氧塑料包装材料, 该材料能够减缓包装物如肉类等的变色, 抑制微生物的生长, 使很多包装食品的货架寿命延长 1 倍, 它可应用于不同品种的包装材料, 如塑料薄膜、PET 瓶、金属罐的涂层或者玻璃瓶的密封盖等。

美国 Grace 包装公司的 D. V. Speer 等<sup>[16]</sup>通过共挤出制备了基体为乙烯基聚合物的吸氧塑料, 以过渡金属盐作为催化剂, 发现采用电子射线或紫外线辐照, 可使吸氧速率提高, 同时可加入光引发剂和抗氧化剂来控制吸氧过程。

日本的儿岛直行等<sup>[17]</sup>发现, 使用电子射线辐照中间层为 MXD6、内外层为 PET 的瓶体后, 在这两种树脂内均可产生自由基, 由于 MXD6 的主链上含有亚二甲苯基, 因此照射后更容易产生自由基, 这些自由基能与溶解并存在于树脂内的氧气反应, 发挥吸氧作用, 而且加工过程不需要添加过渡金属催化剂或引发剂等。当用 20 kGy 的射线辐照时, MXD6/PET 共混物所制得的 300 mL 的瓶体, 经过 40 d 后每瓶的氧透过量为 0.012 mL/d。研究进一步发现, 单独的 PET 在电子射线辐照下也具备一定的吸氧能力。

日本东洋制罐株式会社的小松成久男等<sup>[18]</sup>发明了一种具有高吸氧性并能长时间吸收氧气的吸氧树脂, 其组成包括聚烯烃、二烯烃或二烯的共聚物及过渡金属催化剂, 其中含量较低的二烯烃或二烯的共聚物分散于聚烯烃基体中。该吸氧树脂能以粉末、颗粒、片材的形式用于密封包装袋内的氧气吸收, 也可掺入树脂或橡胶中用于形成衬里、垫圈或涂层以吸收残留在包装内的氧气, 还可以形成层压体与 PET 复合, 形成多层吸氧塑料。

多层吸氧塑料在国外已经开始商业化, 并有产品投入市

场,但只占有很少的市场份额。这是因为:①生产多层包装材料的技术复杂,加工设备昂贵,维护费用也不菲,导致吸氧塑料的价格居高不下<sup>[19]</sup>;②吸氧树脂在整个包装材料中的含量较低,所以形成均一稳定的吸氧层是比较困难的,若芯层与内外层结合不紧密,则会留有通道,使得氧气更容易通过;③多层吸氧塑料的层与层之间的界面结合薄弱,在使用中或充填过程中受到压力可能会发生分层;④多层材料复合使得瓶体的透明度降低;⑤内外层材料理化性能不完全相似,不易分离,难以循环使用。

### 2.2.2 单层吸氧塑料

将吸氧树脂与高阻隔性塑料进行共混,使之均匀分布于塑料基体中,可形成单层吸氧塑料包装材料。

美国 Constar International 公司作为食品、饮料领域主要的 PET 容器供应商推出的单分子型吸氧树脂 MonOxbar<sup>TM</sup> 可直接加入到单层 PET 中<sup>[20]</sup>,也可作为中间层形成三层瓶,主要用于具有氧敏感性产品的包装,例如面酱、调味番茄酱、啤酒、维他命等。MonOxbar<sup>TM</sup>树脂已经达到了美国和欧洲食品接触包装方面的法规要求。2007 年 1 月由该公司开发的改良型 DiamondClear 吸氧树脂已经得到 FDA 的认证,可直接与 PET 共混形成单层结构用于食品包装,其阻氧性比同类产品有所提高,透明性甚至要高于玻璃,可用于果汁、茶和番茄类产品的包装<sup>[21]</sup>。

英国 BP 公司开发的 Amosorb DFC 氧清除剂可用于单层 PET 瓶,赋予果汁和啤酒包装材料高阻隔性能,并可简化生产、降低成本及更易于回收。在加工前将树脂与 Amosorb DFC 立即掺混可使清除剂效能的损耗最小。目前已经在美国 Graham Packaging 公司得到应用<sup>[21]</sup>。BP 公司的 P. J. Cahill 等<sup>[22-23]</sup>将 PET 与聚烯烃低聚物在双螺杆挤出机中经反应挤出,生成由过渡金属催化剂引发吸氧的缩合共聚物,可直接制成包装制品或被引入包装制品中,形成单层(或多层)包装,在环境温度下该共聚物的吸氧能力为商品 Oxbar 体系的 10 倍。BP 北美公司的 J. M. Tibbitt 等<sup>[24]</sup>在此基础上再加入链增长剂——均苯四甲酸二酐(PMDA)以防止烯烃低聚物的降解,并维持吸氧共聚物的玻璃化转变温度。经试验,利用该材料制备的 PET 单层瓶不会在口感上察觉到啤酒味道的差异。

意大利 Mossi&Ghisolfi 集团开发了名为 ActiTUF 的具有双重阻隔性的 PET 材料,其中主动阻隔功能是采用一种专利的吸氧技术,需要水来催化;被动阻隔功能则是根据具体使用要求,加入纳米层状硅酸盐和 MXD6 来实现。当容器中装入饮料时才触发与氧气的反应,因此只适合含水的包装物,ActiTUF 可取代玻璃和易拉罐,作为啤酒和饮料的替代材料。ActiTUF 可以回收,回收方法与标准 PET 相同<sup>[25]</sup>。2003 年比利时 Interbrew 公司在俄罗斯的分支机构 SUN Interbrew 公司推出独创的以 ActiTUF 为原料的新型单层聚酯瓶啤酒包装 Pivopack。据称,Pivopack 是全球第一款单层阻隔加强型聚酯瓶。Pivopack 瓶包装的 Klinskoye 啤酒于 2003

年 2 月在俄罗斯市场首先推出,有 1 L 装和 5 L 装两种。

美国英威达公司开发的 PolyShield 是一种具有吸氧性和气体阻隔性的改良型 PET 共混树脂,将 PET 与 MXD6 在吹塑机中共混,其中还加入了专用的增容剂和催化剂,具有阻隔 15% 以上 CO<sub>2</sub> 的能力和低于  $1 \times 10^{-6}$  g/a 的渗氧性,可用于生产透明的单层 PET 啤酒或饮料瓶,使啤酒或饮料在整个保质期内能保持新鲜原味,其优异的吸氧性避免了其它类似产品的“空瓶寿命”问题,利用 PolyShield 树脂生产的琥珀及绿色瓶子还可以循环使用。该技术可用普通注塑机生产瓶坯,下游厂商不需要额外投资,不会增加生产过程的复杂性,使产品成本大大降低,已被全球数家啤酒生产商试用,预计将会产生良好的经济效益。2004 年 7 月, PolyShield 树脂得到了欧盟啤酒包装食用安全相关法律的认可,可以直接用于啤酒包装<sup>[21]</sup>。

单层吸氧塑料克服了多层吸氧塑料的加工困难、相容性差、难以回收利用等缺点,虽然目前多层塑料仍占据啤酒、果汁、调味品及其它的氧敏感性产品包装的主要市场,但是工艺更简单、更具有经济价值的单层吸氧塑料将会给多层吸氧塑料带来巨大的挑战,必将在未来的包装市场中异军突起。

### 2.3 其它吸氧材料

Li Xiaoe 等<sup>[26]</sup>在过量牺牲电子供体(SED)的存在下,使用紫外线辐照添加纳米 TiO<sub>2</sub> 的 PVC 或聚乙烯醇(PVAL)薄膜,使 TiO<sub>2</sub> 导带的空穴和价带的电子同时被引发,价带的电子可吸收密闭环境中的氧气,添加甲醇为空穴的吸收剂。利用瞬态吸收光谱研究了吸氧过程的反应机理,并将实验现象和数据以光催化反应的 Langmuir-Hinshelwood 方程式进行了讨论。

A. M. Peiro 等<sup>[27]</sup>在乙基纤维素中添加纳米 TiO<sub>2</sub> 粒子制成光学吸氧薄膜,利用紫外光照射来激发纳米 TiO<sub>2</sub> 的光催化活性,并添加三乙醇胺作为有机 SED,同时乙基纤维素自身也可作为有效的有机 SED。研究表明,紫外线辐照 72 h 后,乙基纤维素和三乙醇胺完全降解,唯一被检测到的挥发性副产物为 CO<sub>2</sub>。假定乙基纤维素和三乙醇胺完全氧化,则该薄膜的吸氧能力可达 800 mL/g,与美国 Chevron Phillips Chemical 公司的吸氧能力为 45 ~70 mL/g 的 OSP<sup>TM</sup> 相比,是颇具发展优势的。

### 3 结语

2006 年我国塑料制品产量已达到近 30 000 kt,我国权威部门预测,未来 2 年塑料软包装在食品行业的销售额将超过包装工业销售额的近 50%,塑料包装的市场将持续稳步增长。随着食品包装发展的多元化需要,以及消费者与日俱增的对食品的新鲜度、方便性及安全性的要求,吸氧塑料包装作为延长商品货架寿命的有效手段,发展前景将会十分广阔。但要大规模应用于食品包装,还必须注意以下方面:

(1) 在技术上,要根据包装产品的类型不同来设计材料配方,控制吸氧速率以满足保质期的需要,并且该配方最好可在常规设备中加工成型;

(2) 在安全性上, 要满足食品包装的安全卫生标准, 吸氧塑料与内容物不发生反应, 若发生反应, 其副产物不会影响包装内容物的质量;

(3) 在价格上, 要开发新配方和新技术, 使产品的成本不断降低, 才能得到市场的接受和认可;

(4) 在循环利用上, 除了满足包装的质量和效益等要求外, 吸氧塑料还必须能回收、再循环使用。

近十几年来, 吸氧塑料的开发和推广应用已取得突破性进展, 但究竟哪种技术具有比较全面的综合优势, 还有待在今后的技术创新和市场竞争中一分胜负。笔者相信, 随着技术的不断完善与创新, 产量化后生产成本的不断降低, 吸氧塑料将会受到国内外公司和消费者的接受与欢迎, 发展前景同样是良好的。

### 参考文献

- [1] 邱贤锋. 包装工程, 2005, 26(2): 14 - 16.
- [2] Brody A L, et al. Active packaging for food applications[ M ]. USA: Technomic Publishing Co., 2001: 65 - 68.
- [3] 郑裕国, 等. 抗氧化剂的生产和应用[ M ]. 北京: 化学工业出版社现代生物技术与医药科技出版中心, 2004: 54 - 62.
- [4] Suppakul P, et al. Journal of Food Science, 2003, 68(2): 408 - 410.
- [5] 吴光斌, 等. 集美大学学报: 自然科学版, 2004, 9(2): 71 - 74.
- [6] 中江清彦, 等. 吸氧片: 中国, 89108775. 3[ P ]. 1990-06-13.
- [7] 承民联, 等. 中国塑料, 2005, 19(2): 51 - 54.
- [8] 王车礼, 等. 化工学报, 2005, 56(5): 802 - 806.
- [9] Zenner B D, et al. USA, 5202052[ P ]. 1993-04-13.
- [10] 吴小洁. 中国, 200410054283. 4[ P ]. 2006-03-08.
- [11] 黄嘉. 化工新型材料, 2001, 29(9): 37 - 40.
- [12] 黄锐坤, 等. 塑料, 2004, 33(1): 70 - 75.
- [13] 杜鹏, 等. 工程塑料应用, 2006, 34(7): 71 - 74.
- [14] James R, et al. Journal of Plastic Film & Sheeting, 2001, 17: 339 - 349.
- [15] Amparo López-Rubio, et al. 国外塑料, 2004, 22(8): 357 - 387.
- [16] Speer D V, et al. USA, 5211875[ P ]. 1993-05-18.
- [17] 儿岛直行, 等. 中国, 03800447. X[ P ]. 2004-07-28.
- [18] 小松威久男等. 中国, 03822631[ P ]. 2005-10-19.
- [19] Leaver R. Plastics Technology, 2003, 49(3): 48 - 60.
- [20] Faccioli N. Packaging Magazine, 2004, 6(12): 24.
- [21] Grande J A, et al. Plastics Technology, 2005, 51(8): 52 - 59.
- [22] Cahill P J, et al. USA, 6083585[ P ]. 2000-06-04.
- [23] Cahill P J, et al. USA, 6509436[ P ]. 2003-01-21.
- [24] Tibbitt J M, et al. USA, 6863988[ P ]. 2005-03-08.
- [25] Pidgeon R. Packaging Magazine, 2003, 6(3): 3.
- [26] Li Xiaoe, et al. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 2004, 163: 253 - 259.
- [27] Peiro A M, et al. Advanced materials, 2005, 17: 2365 - 2371.

## ADVANCE OF LATENT OXYGEN-SCAVENGING PLASTIC PACKAGE

Wang Xiaoqun, Zhang Yating, Du Shanyi

(School of Materials and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

**ABSTRACT** Research advances of latent oxygen-scavenging plastic for food and beverage packaging were reviewed and the long term potential in this field was prospected. It was pointed out that single-layer oxygen-scavenging plastic would be the most potential package materials, and the intending research emphasis was formula design, safety reliability, cost reducing and recycle utilization.

**KEYWORDS** food package, oxygen-scavenging, plastic

### 道达尔推出高耐热聚苯乙烯新牌号

美国道达尔石化公司推出一种高透明、高耐热的新型聚苯乙烯牌号。这种名为 CX5229 的新牌号源自专利技术, 专门用来满足日益增长的发泡片材挤出、取向聚苯乙烯和吹膜等领域需求。根据美国道达尔石化公司的介绍, 它的新牌号能够在常规挤出设备中, 通过降低操作压力和加工温度, 可将生产效率提高 10% 或 15%。这种材料还具有高力学性能和高设计自由度。

(Specialchem)

### 拜耳开发出用于薄壁组件的易流动树脂共混物

Bayer 的 Bayblend DFr65TX 是一种非增强的 PC/ABS 共混物, 其流动性比现有的 T65 品级高 15%。采用薄壁技术加工的性价比好, 其提高流动性的同时并不牺牲材料低温下的耐冲击性能。其潜在市场是汽车内饰件, 家用电器、电子电气。高流动性允许降低加工温度或者注射压力, 可以采用锁模力相对较小的小型注塑机。

(工程塑料网)

### 我国研制成功新型超低温保温绝热材料

LNG 船是用于液化天然气运输的特殊船舶, 迄今只有少数国家有能力建造。LNG 船使用的绝热材料, 是在 -162℃ 超低温的条件下使用的保温绝热材料, 长期以来只有美国、意大利、日本等少数国家才能生产。浙江大学与浙江省德清县浦森耐火材料有限公司合作, 经过近 2 年的科技攻关, 首次在国内采用聚氨酯原料成功开发出刚性绝热聚氨酯泡沫材料。浙江大学材料化学学院高分子科学研究所副所长、LNG 船用绝热材料项目组负责人王利群教授介绍, 根据 LNG 船的技术要求, 材料应具有良好的绝热性能和承压性能, 同时必须具有较低的密度。课题组先后解决了这些关键技术, 首次在国内采用聚氨酯原料开发了刚性绝热聚氨酯泡沫材料。2006 年, 产品先后通过了法国 GTT 公司和美国 ABS 船级社的认证, 并获得了国内唯一的 LNG 船用绝热材料认证书。同时, 经在 LNG 船上试用, 产品的全部技术指标符合设计要求。

(芳)