

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.07.029

我国动态保压注塑技术的研究进展

马丽华, 盛利军, 张振, 滕岩

(中国兵器工业集团第五三研究所, 济南 250031)

摘要: 根据国内近 20 年公开发表的文献, 按照时间脉络顺序综述了我国动态保压注塑技术的研究进展情况。首先简要介绍了动态保压注塑装置, 然后主要论述了 1995 年至今我国在动态保压注塑技术改性高密度聚乙烯、聚丙烯等塑料及其共混物或复合材料方面的研究进展情况。

关键词: 动态保压; 注塑; 高密度聚乙烯; 聚丙烯; 串晶; 研究进展

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)07-0127-05

Research Advance in Dynamic Packing Injection Molding Technology of China

Ma Lihua, Sheng Lijun, Zhang Zhen, Teng Yan

(CNGC Institute 53, Jinan 250031, China)

Abstract : Based on the domestic public literatures in the recent 20 years, the research advance in dynamic packing injection molding technology at home was reviewed chronologically. Firstly, the dynamic packing injection molding device was introduced in brief, then the domestic research advance in modification of the dynamic packing injection molding technology on plastics such as high-density polyethylene and polypropylene etc. and their blends or composites since 1995 was summarized.

Keywords : dynamic packing ; injection molding ; high-density polyethylene ; polypropylene ; shish-kebab ; research advance

动态保压注塑技术是指采用特制的模具, 在聚合物注射成型的保压过程中向聚合物熔体施加一定外加剪切应力, 以控制聚合物基体的结晶形态和取向结构或控制分散相的形态, 从而改变聚合物材料的力学性能^[1-2]。

注射成型是塑料加工成型的一种重要手段, 普通的注射成型是在注塑完成后将塑料在静态条件下进行保压成型, 动态保压注塑则是在将塑料熔体注入模具后, 在一定的动态应力条件下进行保压成型, 即保压过程开始时, 活塞在液压力的推动下, 以相同的频率反相运动, 使熔体反复通过型腔尚未冻结的芯层, 直到芯层完全冻结, 保压结束, 打开模具取出制品。

从国内近 20 年公开发表的文献看, 国内最早从事动态保压注塑技术研究的是四川大学申开智的科研团队, 他们的研究从 1995 年开始。目前极大多数的研究也是由该团队进行的, 他们所研究的聚合物材料最多的是高密度聚乙烯 (PE-HD), 另外也包括聚丙烯 (PP), 尼龙 (PA)6, PA1010, 乙烯-辛烯共聚物 (POE), 丙烯腈-苯乙烯-丁二烯塑料 (ABS) 等, 他们的研究基本都得到国家自然科学基金的支持, 也进一步证明了此技术研究的重要意义和广阔前景。为方便读者对我国在动态保压注塑方面的研究状况有一个清晰的认识, 笔者按照时间脉络顺序综述我国在动态保压注塑技术方面的研究进展。

1 动态保压注塑装置

1995 年, 申开智领导的科研团队开始从事动态保压注射成型技术研究, 当时该课题为国家自然科学基金项目及博士点基金项目资助课题, 该团队以英国 m. J. Bevis 教授开发的装置为原型, 研制了自己的动态保压注塑装置^[1,3]。申开智在此装置基础上不断改进, 于 2002 年申请了实用新型发明专利“热流道注射成型动态保压装置”^[4], 以后该团队关于动态保压注塑技术的研究都利用了该套或与类似于该套的装置。

采用该套装置进行注射成型有利于压力传递, 对型腔的保压更加充分有效, 制品收缩率降低, 制品质量大幅提升, 其物理力学性能得到较大提高。动态保压注塑技术能生产出表面无凹陷、内部无缺陷的高精度厚壁塑料制品, 它克服了传统注射成型技术的一些缺点并能改善制品的力学性能^[1], 是加工生产精密塑料制品的新方法, 在厚壁塑料制品生产中的应用前景将更为广阔。

2 动态保压注塑技术改性聚合物的研究进展

1995 年, 申开智^[3]利用自制的动态保压注塑装置, 研究了低压动态保压注塑低熔体流动速率 (MFR) 的 ABS 的自增强效果, 发现动态保压注塑 ABS 的拉伸断面成呈多层

联系人: 马丽华

收稿日期: 2014-05-15

结构,分子链取向度提高,与传统注塑技术相比,拉伸强度从 46 MPa 提高到 54 MPa,提高了 17%,并用统计实验设计方法找出了影响 ABS 力学性能的加工参数,发现降低保压频率、增加熔体温度、延长保压时间都能提高 ABS 的拉伸强度。官青等^[1]利用该技术研究了保压模式、保压时间、保压频率和熔体温度对 PE-HD (7006A) 性能的影响。结果表明,与传统静态注塑技术相比,动态保压注塑技术有利于压力传递,对型腔的保压更加充分有效,采用动态保压注塑技术可加工出表面无缺陷、内部无缩孔的高精度厚壁塑料制品,其力学性能也得到提高,拉伸强度提高了约 8%。

1996 年,官青等^[5]研究了动态应力场下注塑的自增强 PP 微观结构与力学性能的关系,相比静态应力场下所注塑的试样,其拉伸弹性模量和屈服强度分别从 1.4 GPa 和 31 MPa 提高到了 3.0 GPa 和 58 MPa,力学性能提高主要的贡献来自于 PP 在动态应力场中形成的串晶结构和分子链的高度取向。1997 年,他们又研究了在振动力场下注塑的 PE-HD 微观结构对其力学性能的影响^[6],差示扫描量热 (DSC) 和广角 X 射线衍射分析显示振动力场有助于串晶结构的形成和分子链的取向,从而使得 PE-HD 的拉伸弹性模量从 1.0 GPa 提高到 3.5 GPa,屈服强度从 23 MPa 提高到 87 MPa。

1998 年,张弓等^[7]研究动态力场下注塑低密度聚乙烯 (PE-LD) (1F7B) 的微观结构与力学性能的关系,发现试样中没有新的晶型生成,也没有结晶度的变化,振动只是促进了晶粒的细化和分子链的高度取向,才使得 PE-LD 拉伸强度相对于静态应力场下注塑的试样大幅提高 110%,而其韧性和断裂伸长率基本保持不变,断裂所耗能量亦大大提高。姜朝东等^[8]利用动态保压注塑技术在单方向往复低剪切力场中制备了双向自增强 PE-HD (7006A) 试样,发现试样的拉伸强度与熔体的流动方向密切相关,其流动方向上的拉伸强度随液压输出压力的提高而增加,垂直于流动方向的拉伸强度则有一最佳输出压力,模具温度的影响与此类似;熔体温度的提高有利于纵横两个方向的强度提高;保压周期也有一最佳值,太长或太短均可能使强度下降。在压力 3.5 MPa、熔体温度 140℃、模具温度 40℃、保压往复周期 5 s 的条件下,动态保压试样的纵、横向拉伸强度从静态的 25 MPa 增加到 36 MPa,提高了 44%。

1999 年,张弓等^[9]和陈利民等^[10]分别研究了动态保压注塑 PE-HD (5000S)/PE-LD (1F7B) 共混物和 PP 的自增强效果。张弓等的研究结果显示,在 PE-HD 中加入适量 PE-LD 后,经过动态保压注射成型的试样拉伸断面为多层结构,中心层呈现韧性断裂,试样韧性得到较大提高。在共混物中 PE-LD 质量分数不超过 80% 时试样的拉伸强度未有

明显降低,分析认为这是由于自增强聚合物内的大分子链沿流动方向高度取向,并有串晶结构形成,同时发生了 PE-HD 和 PE-LD 的共结晶导致的。而陈利民等的研究结果显示,动态保压注塑技术在单方向剪切应力场中可制得双向自增强的 PP 试样,在平行于流动方向和垂直于流动方向上的拉伸强度和冲击强度均有不同程度的提高,在平行于流动方向上的拉伸强度提高了 66%,冲击强度提高了 4.7 倍;在垂直于流动方向上拉伸强度提高了 41%,冲击强度提高了 28%。通过扫描电子显微镜 (SEM) 观察试样内部形态后分析认为,动态保压注塑的剪切应力使得 PP 试样的外剪切层形成了串晶和片晶互相啮合的拉链式凝聚态结构,从而实现了 PP 的双向自增强。

2000 年,张弓等^[11]采用动态保压方式制得了高强度、高韧性的 PE-HD (7006A)/PP 共混物试样,PP 质量分数为 8% 时,共混物试样拉伸强度最高达 97.1 MPa,比静态注塑试样提高了 4.3 倍;PP 质量分数为 20% 时,缺口冲击强度最高为 45.5 kJ/m²,比静态注塑试样提高了 9.5 倍。分析认为,剪切力的介入使得相分离的程度有所改善,产生了增强增韧的效果。

2004~2005 年,焦中华等^[12-13]研究了加入 β 成核剂后动态保压注塑等规 PP 试样的性能,发现 β 成核剂和动态保压注塑对 PP 的增强增韧具有协同作用。

2005 年,李代叙等^[14]采用动态保压注塑技术研究了 PE-HD/茂金属线型低密度 PE (m-PE-LLD) 共混物的性能,发现 PE-HD/m-PE-LLD 共混物试样经过动态保压注射成型后,剪切力的作用能够使共混物沿剪切方向生成排列串晶且发生取向结晶,从而明显提高了试样的拉伸强度和冲击强度,冲击强度比静态注塑试样提高了近 2 倍,而拉伸强度提高了 4 倍以上,从而达到既增强又增韧的目的。而且与静态注塑试样相反,动态保压注塑试样的拉伸强度先随着 m-PE-LLD 含量的增加而逐渐提高,直到 m-PE-LLD 质量分数为 30% 时才缓慢下降。

2005~2006 年,王聪等^[15-16]采用动态保压注塑技术制的 PA6/三元乙丙橡胶接枝马来酸酐 (EPDM-g-MAH) 共混物试样,发现沿分散相熔体流动方向取向且拉长,分散相尺寸减小。在相同 EPDM-g-MAH 含量下,动态保压注塑试样相形态的变化使其具有更加优良的缺口冲击强度,较静态注塑试样提高了 9.6 倍。

2006 年,雷军^[17]研究了动态保压注塑对 PE-HD (5000S) 和 PE-HD/超高分子量聚乙烯 (PE-UHMW) 共混物结构与性能的影响。动态保压注塑技术实现了 PE-HD 的双向自增强,流动方向和垂直于流动方向上的拉伸强度分别提高了 50% 和 30%。对于 PE-HD/PE-UHMW 共混物,尤

其是在平行于流动方向上,共混物的拉伸强度与常规的静态注塑试样相比提高了约 235%,断裂伸长率近 150%,拉伸过程中显示是延性断裂;在垂直于流动方向上的断裂方式为塑性断裂,拉伸性能也提高 30%。通过 SEM 发现 PE-HD 在 PE-UHMW 的诱导下生成了一种全新的类似网状的串晶结构,结构中的片晶相互缠结,且出现了 β 晶型,表层是未取向的球晶,剪切层是由取向极为规整的片晶和串晶结构相互缠结而形成,因而得到的 PE-HD/PE-UHMW 共混物具有高强度和高韧性。

2007 年,徐刚等^[18]着重研究了动态保压注塑工艺参数对 PP 制品成型收缩率的影响,发现动态保压注塑参数对制品的垂直于流动方向与平行于流动方向收缩率的影响是不同的。冷却时间对垂直于流动方向上的收缩率影响不大,但在流动方向上,只有保压时间的影响较弱,而振幅和频率对流动方向和垂直于流动方向上的收缩率影响都较强,说明振动动力场的引入能使聚合物加工过程发生变化,从而提高制品的力学性能。

2008 年,陈占春等^[19]、邓聪等^[20]、王荣飞等^[21]研究了动态保压注塑过程中少量 PE-UHMW 的诱导对 PE-HD 结构与性能的影响。结果表明 PE-HD 在 PE-UHMW 和剪切诱导下其内部生成了一种高度取向、高度结晶、尺寸规整且类似网状的串晶结构,该串晶结构尺寸规整,沿流动方向高度取向,而在垂直流动方向的片晶相互连接,其结构大大优于一般的串晶结构。其串晶中央的脊纤维晶较长,而折叠链片晶厚度也得到了增加,故所制备的试样具有较高的熔点。该串晶结构可以同时大幅度提高试样的强度和韧性,如陈占春等的研究结果显示,试样的纵向缺口冲击强度和拉伸强度分别为 76.5 kJ/m^2 和 76.03 MPa ,比静态注塑试样分别提高了 273.2% 和 169.4%。

2009 年,王朝余等^[22]在 PE-HD 中加入多壁碳纳米管(MWCNTs),通过动态保压注塑技术制备了 PE-HD/MWCNTs 复合材料试样,对其结构与性能研究表明,成型过程中的剪切力有助于 MWCNTs 在 PE-HD 中的分散,使得复合材料的内部形成取向的缠结结构,而且 MWCNTs 充当了成核剂的作用,结晶温度提高,试样的拉伸强度与拉伸弹性模量大幅提高,但断裂伸长率降低。王海文等^[23]、薛山等^[24]和周伟华等^[25]分别研究了动态保压注塑对纯 PP 和不同材料改性 PP 结构与性能的影响。王海文等的研究结果发现动态保压注塑的中等分子量 PP 试样结构及性能与工艺条件有密切关系,振动压力、熔体温度对试样收缩率和力学性能的影响呈二次曲线关系,拉伸强度随着振动压力和熔体温度的升高先升高后降低,有一个最大值,试样质量随着注射频率的增大而提高。DSC 曲线和 SEM 测试表明,动态保压注

塑试样在 DSC 熔融曲线中呈现明显的两个熔融峰,分别对应于脊纤维晶和片晶,而静态注塑试样呈现明显的片晶熔融单峰;动态保压注塑试样剪切层产生明显的高度取向串晶结构,性能明显提高。薛山等在 PP 中加入纳米有机蒙脱土(OMMT),通过动态保压注塑技术在保压过程中施加低频振动给 PP/OMMT 熔体,适当的振动压力使得 OMMT 在聚合物中的分散性和取向性得以有效改善,形成了基体树脂链插入 OMMT 片层之间的插层结构;复合材料的结晶度明显提高并产生 α 、 β 和 γ 3 种晶形共存的混晶结构,试样沿剪切流动方向的冲击强度比纯 PP 提高了 740%。周伟华等的研究表明,振动降低了制品成型收缩率,从而使制品质量得以提高。

2010~2011 年,杨风霞等^[26-27]将动态保压注塑技术应用到 PA1010/PP 和乙烯-辛烯共聚物接枝马来酸酐(POE-g-MAH)增韧 PA1010/PP 试样制备过程中,发现剪切诱导作用下共混物形成独特的相态和多层结构,中间是芯层,围绕着芯层的是剪切层,最外面是皮层,分散相尺寸减小,分散也更为均匀。当 PP 的质量分数为 20% 时,PA1010/PP 共混物试样的相区尺寸由静态注塑试样的 $3.9 \mu\text{m}$ 降低到 $1.4 \mu\text{m}$,因而大大提高了共混物的拉伸强度、拉伸弹性模量和缺口冲击强度。当 PP 的质量分数为 20% 时,共混物的缺口冲击强度达到 21.3 kJ/m^2 ,是静态注塑试样的 3 倍多,拉伸强度达到 50.9 MPa ,是静态注塑试样的 1.5 倍。力学性能的提高归因于剪切诱导作用下独特相态的形成,分子链沿流动方向的取向是拉伸强度提高的主要原因,而剪切力使分散相颗粒变小和剪切层中分子链的取向是冲击强度提高的主要原因。

2011 年,胡娟等^[28]利用动态保压注塑技术制备了 PE-HD/纳米 OMMT(nano-OMMT)复合材料,发现动态保压使 OMMT 纳米粒子在基体中的分散性提高,分散更加均匀,片层厚度变薄,有一定的取向性,并且层间距扩大。动态剪切力场使 PE-HD/nano-OMMT 复合材料中 PE-HD 基体结构形态亦发生变化,试样中生成串晶结构。相比常规注塑试样,动态保压试样结晶度最大提高 15%,结晶形态的变化和结晶度的提高均有利于 PE-HD/nano-OMMT 复合材料强度的提高。力学性能试验结果显示,拉伸强度和冲击强度同时得到提高,前者最大提高了 119%,后者最大提高 430%。卫进等^[29]研究了动态剪切力场和 PE-UHMW 双重诱导下 PE-HD 的微观结构。结果表明,双重诱导下 PE-HD 形成了高度取向、高度结晶的聚合物,在振动压力 8.5 MPa 、熔体温度 180°C 时,剪切层的结晶度达 65.7%,具有最高的晶面衍射强度,生成了类似网状的 shish-kebab 串晶结构,晶体尺寸规整性较好,所以试样在平行于流动方向上的拉伸强度和冲击

强度达到 71.17 MPa 和 75.79 kJ/m²,分别较静态注塑试样提高了 209.4% 和 252.8%。

2012 年,邓聪等^[30]利用动态保压注塑装置研究了剪切场下少量 MWCNTs 对 PE-HD 的结晶结构和性能的影响。结果表明,普通注射成型下 MWCNTs 质量分数为 1.8% 时,与纯 PE-HD 相比,PE-HD/MWCNTs 复合材料拉伸强度从 28 MPa 增加到 30 MPa,冲击强度由 22 kJ/m² 提高至 29 kJ/m²;而剪切场下成型的 PE-HD 和 PE-HD/MWCNTs 复合材料拉伸强度分别达到 49 和 63 MPa,同时冲击强度分别为 54 和 69 kJ/m²。这主要是由于在剪切力场下,材料的内部结构排列规整,产生了串晶状的结晶结构。曹建国等^[31]采用动态保压注塑技术对通用级 PE-HD (5000S) 进行自增强。研究表明,动态保压注塑试样有大量的串晶结构形成,其拉伸强度高达 98.7 MPa,是静态注塑试样的 4.08 倍,提高了约 308%,实现了 PE 的自增强。动态保压注塑试样拉伸强度的提高的原因一是大量的互锁串晶结构形成,二是结晶度的提高,但主要是串晶结构的贡献。串晶结构在垂直方向上对慢速裂纹扩展的阻止作用非常明显,动态保压注塑试样在拉伸应力是静态注塑试样 1.83 倍的情况下,慢速裂纹扩展直到试样发生断裂的时间是静态注塑试样的 6.17 倍,其主要原因一是贯穿其中的高强度脊纤维晶断裂需要很高的能量,二是串晶中片晶互相紧密接触或重叠给慢速裂纹扩展带来较大的阻力,三是结晶度的提高。梁栋等^[32]通过动态保压注塑方法制备了具有特殊剪切层的 POE。POE 对外加剪切场的响应能力受分子量与辛烯含量影响,随分子量增加和辛烯含量降低,POE 对外场的响应能力提高,体系取向度增加,力学性能显著提高。

2013 年,韩宋佳等^[33]发现采用动态保压注塑技术,在剑麻纤维(SF)与 PP 的熔融复合体系中施加往复的剪切应力可以改善 PP/SF 复合材料的结构与性能,外加剪切力使得纤维的加入导致基体产生了异向成核效应,结晶温度提高,同时纤维的加入复合材料的取向度提高,纤维与基体的界面相互作用得以改善。力学性能测试表明,动态保压注塑获得的试样拉伸强度与拉伸弹性模量获得大幅度提高,但冲击性能有所下降。当 SF 质量分数为 30% 时,动态保压注塑复合材料的拉伸强度相比静态注塑试样提高了 23%。张正驰等^[34]通过动态保压注塑技术制备了等规 PP/无规 PP 共混物。动态保压注塑条件下,无规 PP 质量分数为 20% 时的试样拉伸强度能够达到 44.5 MPa,断裂能为 27.6 MJ/m²,这主要是由于无规 PP 作为弹性体改善了等规 PP 的延展性和韧性,同时在流动力场下形成了大量高取向的串晶结构,提高了试样的强度,从而最大程度地利用了通常被当作工业废弃物的无规 PP。

3 结语

动态保压注塑技术能够在成型过程中使材料的内部结晶结构有所改变,在剪切层形成一种片晶与脊纤维晶互锁的“串晶”结构^[8],结晶度提高,分散相尺寸减小且分散更为均匀,制品收缩率降低。与传统的静态注塑工艺相比,该技术可提高注塑制品拉伸强度、冲击强度和模量等性能,这在某些应用领域尤其是在厚壁制品加工中将会起到极为关键的作用^[1]。但就目前的文献资料看,研究基本停留在小试阶段,还未见有真正应用到塑料制品工业化生产中的实例,因而该技术要实现真正的实际工业应用还需要进行更多的研究。

参考文献

- [1] 官青,等. 成都科技大学学报,1995,86(5):20-26.
Guan Qing, et al. Journal of Chengdu University of Science and Technology, 1995, 86(5):20-26.
- [2] 傅强. 聚烯烃注射成型[M]. 北京: 科学出版社,2007.
Fu Qiang. Injection molding of polyolefin[M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [3] 申开智,等. 工程塑料应用,1995,23(1):12-15.
Shen Kaizhi, et al. Engineering Plastics Application, 1995, 23(1):12-15.
- [4] 申开智. 中国,2582845[P]. 2003-10-29.
Shen Kaizhi. CN, 2582845[P]. 2003-10-29.
- [5] 官青,等. 高分子学报,1996(3):378-381.
Guan Qing, et al. Acta Polymerica Sinica, 1996(3):378-381.
- [6] Guan Qing, et al. Polymer, 1997, 38(20):5 251-5 253.
- [7] 张弓,等. 高分子学报,1998(5):591-594.
Zhang Gong, et al. Acta Polymerica Sinica, 1998(5):591-594.
- [8] 姜朝东,等. 塑料工业,1998,26(1):81-85.
Jiang Chaodong, et al. China Plastics Industry, 1998, 26(1):81-85.
- [9] 张弓,等. 塑料工业,1999,27(4):16-19.
Zhang Gong, et al. China Plastics Industry, 1999, 27(4):16-19.
- [10] 陈利民,等. 高分子材料科学与工程,1999,15(4):87-89.
Chen Limin, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 1999, 15(4):87-89.
- [11] 张弓,等. 高等学校化学学报,2000,21(4):633-636.
Zhang Gong, et al. Chemical Journal of Chinese Universities, 2000, 21(4):633-636.
- [12] 焦中华,等. 动态保压成型聚丙烯(iPP)试样的增强增韧研究[D]. 成都: 四川大学,2004.
Jiao Zhonghua, et al. Study on reinforcement and toughening of iPP by the dynamic packing injection molding[D]. Chengdu: Sichuan University, 2004.
- [13] 焦中华,等. 高分子材料科学与工程,2005,21(1):232-235.
Jiao Zhonghua, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2005, 21(1):232-235.
- [14] 李代叙,等. 塑料工业,2005,33(5):12-15.
Li Daixu, et al. China Plastics Industry, 2005, 33(5):12-15.

- [15] 王聪,等. 塑料工业,2005,33(z1):228-231.
Wang Cong, et al. China Plastics Industry, 2005, 33(z1):228-231.
- [16] Wang Cong, et al. Polymer, 2006, 47(9):3 197-3 206.
- [17] 雷军. 聚烯烃在强剪切应力和少量高分子量聚烯烃诱导下的结构与性能 [D]. 成都: 四川大学, 2006.
Lei Jun. Morphologies and properties of polyolefin induced by intensive shear stress and small amount of high molecular weight polyolefin[D]. Chengdu:Sichuan University, 2006.
- [18] 徐刚,等. 塑料,2007,36(5):62-65.
Xu Gang, et al. Plastics, 2007, 36(5):62-65.
- [19] 陈占春,等. 工程塑料应用,2008,36(6):26-29.
Chen Zhanchun, et al. Engineering Plastics Application, 2008, 36(6):26-29.
- [20] 邓聪,等. 塑料工业,2008,36(6):54-57.
Deng Cong, et al. China Plastics Industry, 2008, 36(6):54-57.
- [21] 王荣飞,等. 中国塑料,2008,22(12):16-21.
Wang Rongfei, et al. China Plastics, 2008, 22(12):16-21.
- [22] 王朝余,等. 塑料工业,2009,37(s1):26-29.
Wang Chaoyu, et al. China Plastics Industry, 2009, 37(s1):26-29.
- [23] 王海文,等. 塑料,2009,38(3):26-28.
Wang Haiwen, et al. Plastics, 2009, 38(3):26-28.
- [24] 薛山,等. 塑料科技,2009,37(3):52-55.
Xue Shan, et al. Plastics Science and Technology, 2009, 37(3):52-55.
- [25] 周伟华,等. 塑料科技,2009,37(8):47-49.
Zhou Weihua, et al. Plastics Science and Technology, 2009, 37(8):47-49.
- [26] 杨风霞,等. 高分子学报,2010(7):849-856.
Yang Fengxia, et al. Acta Polymerica Sinica, 2010(7):849-856.
- [27] 杨风霞,等. 复合材料学报,2011,28(2):42-48.
Yang Fengxia, et al. Acta Materiae Compositae Sinica, 2011, 28(2):42-48.
- [28] 胡娟,等. 塑料工业,2011,39(12):58-62.
Hu Juan, et al. China Plastics Industry, 2011, 39(12):58-62.
- [29] 卫进,等. 高分子材料科学与工程,2011,27(5):32-34,38.
Wei Jin, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2011, 27(5):32-34,38.
- [30] 邓聪,等. 高分子材料科学与工程,2012,28(6):85-88.
Deng Cong, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2012, 28(6):85-88.
- [31] 曹建国,等. 四川大学学报:工程科学版,2012,44(5):200-206.
Cao Jianguo, et al. Journal of Sichuan University:Engineering Science Edition, 2012, 44(5):200-206.
- [32] 梁栋,等. 通过动态保压加工乙烯-辛烯无规共聚物的结构与性能 //2012 年全国高分子材料科学与工程研讨会学术论文集 (上册)[C]. 北京:中国化学会,2012:237-238.
Liang Dong, et al. Morphology and properties of poly(ethylene-octene) prepared by dynamic packing injection molding// Proceedings of 2012 academic conference on polymer materials science & engineering nationwide[C]. Beijing: Chinese Chemical Society, 2012:237-238.
- [33] 韩宋佳,等. 塑料工业,2013,41(6):35-38.
Han Songjia, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(6):35-38.
- [34] 张正驰,等. 塑料工业,2013,41(8):12-19.
Zhang Zhengchi, et al. China Plastics Industry, 2013, 41(8):12-19.

聚芳醚类改性复合材料产业化项目验收

由四川中物材料有限公司承担并得到国家发改委支持的聚芳醚类改性复合材料高技术产业化示范工程项目,近日通过验收。

该项目建成了聚芳醚类改性复合材料生产线 6 条,采用拥有自主知识产权的聚芳醚类改性复合材料改性技术,形成了年产耐回流焊、高导热增韧等聚芳醚类改性复合材料 1 万 t/a 的示范生产能力。项目实施期间,获得授权发明专利 1 项,项目产品通过国家合成树脂质量监督检验中心检测,整体技术达到国内先进水平,社会经济效益良好。

(慧聪塑料网)

聚磷酸酯新型工程塑料有望批量生产

FRX Polymers 公司近日宣布,其在比利时的安特卫普工厂准备批量生产聚磷酸酯新型塑料产品。

FRX 公司开发的 Nofia 系列聚磷酸酯新型塑料是一种新型的工程塑料,该塑料透明性强、韧性好,具有优越的阻燃性能,其综合性能与聚碳酸酯(PC)极其相近。该新型塑料以聚磷酸酯为主料,PC/ABS, PBT, PET,热塑性聚氨酯, EP, 不饱和树脂,聚乳酸等作为辅料,经特殊工艺复合而

成。

(慧聪塑料网)

陕西化工年产 60 万 t 工程塑料项目环评已批复

近日,中煤能源全资附属中煤陕西榆林能源化工项目所涉及的环评报告、水资源论证报告等主要支持性文件已获得有关部门的批复,其它项目建设所需手续正在逐步完善中。

据介绍,地处横山县白界乡马扎梁村、总投资 193 亿元的甲醇乙酸系列深加工及综合利用工程为煤化工项目,投资主体为中煤能源全资子公司中煤陕西榆林能源化工有限公司,其中 30% 资金由中煤能源以资本金方式注入,其余通过银行贷款等方式融资,项目投产后可年产 60 万 t 工程塑料。该项目被列为陕西“十二五”重点工程,同时是该省能源化工产业重大骨干示范工程之一。

(慧聪塑料网)

聚碳酸酯制成的可任意伸缩的垃圾箱面世

日前,由聚碳酸酯制成的可任意伸缩的垃圾箱——一款弹性垃圾箱面世,它的奇妙设计使其可以任意拉伸或收缩,从而更好地服务于厨房、办公室或者房间等各个角落的清洁卫生。据专家介绍,它的弹性肋是由聚碳酸酯做成,可根据垃圾袋的大小进行任意拉伸和收缩,此外,其独特的设计使其更易使用、维护和清理。

(慧聪塑料网)