

聚丙烯增韧改性的方法及机理

李跃文 罗承友

(湖南科技职业学院,长沙 410004)

摘要 结合近年来的研究成果,对无规共聚改性、嵌段共聚改性、接枝共聚改性、改变立体结构、橡-塑共混改性、塑-塑共混改性、纤维填料改性、无机粒子改性、 β 晶型成核剂改性、纳米复合改性、多组分复合改性等多种聚丙烯的增韧方法及其机理进行了综述;指出橡-塑共混改性依然是目前最有效的增韧方法,多组分复合增韧是今后的发展方向。

关键词 聚丙烯 增韧 机理

聚丙烯(PP)具有良好的综合力学性能、耐热性、耐化学药品性、绝缘性、成型加工性能和较低的密度,成本又较低廉,故其应用范围十分广泛。PP的应用领域涉及汽车配件、电器配件、化工设备、建材、绝缘材料、包装材料、纺织材料、渔网、日用品等^[1]。PP的应用领域还在逐年拓宽,其产量的增长率近年来一直居通用塑料之首。PP本身脆性(尤其是低温脆性)较大,用于对韧性要求较高的产品(特别是结构材料)时必须对PP进行增韧改性。笔者结合近年来的研究成果,对PP增韧改性的方法及机理进行综述。

1 无规共聚改性

采用生产等规PP的工艺路线和方法,使丙烯和乙烯的混合气体进行共聚,即可制得主链中无规则分布丙烯和乙烯链节的共聚物。共聚物中乙烯的质量分数一般为1%~7%。乙烯链节的无规引入降低了PP的结晶度,乙烯含量为20%时结晶变得困难,含量为30%时几乎完全不能结晶。

与等规PP相比,无规共聚PP结晶度和熔点低,较柔软,透明,温度低于0℃时仍具有良好的冲击强度,-20℃时才达到应用极限,但其刚性、硬度、耐蠕变性等要比均聚PP低10%~15%。

无规共聚PP主要用于生产透明度和冲击强度好的薄膜、中空吹塑和注塑制品。其初始热合温度较低,乙烯含量高的共聚物在共挤出薄膜或复合薄膜中作为特殊热合层得到了广泛应用^[1]。

2 嵌段共聚改性

乙丙嵌段共聚技术在20世纪60年代即已出现,其后很快得到推广。美国从1962年开始工业化规模生产(丙烯/乙烯)嵌段共聚物,该共聚物含有65%~85%的等规PP、10%~30%的乙丙共聚物和5%的无规PP^[2]。(丙烯/乙烯)嵌段共聚物与无规共聚PP一样,也可以在制造等规PP的设备中生产,有连续法和间歇法两种工艺路线。(丙烯/乙烯)嵌段共聚物具有与等规PP及高密度聚乙烯(HDPE)相似的高结晶度及相应特征,其具体性能取决于乙烯含量、嵌段结构、分子量大小及分布等。共聚物的嵌段结构有多种形式,如有嵌段的无规共聚物、分段嵌段共聚物、末端嵌段共聚物等。目前工业生产的主要是末端嵌段共聚物以及PP、聚乙

烯、末端嵌段共聚物三者的混合物。通常(丙烯/乙烯)嵌段共聚物中乙烯质量分数为5%~20%。(丙烯/乙烯)嵌段共聚物既有较好的刚性,又有好的低温韧性,其增韧效果比无规共聚物要好。其主要用途为制造大型容器、周转箱、中空吹塑容器、机械零件、电线电缆包覆制品,也可用于生产薄膜等产品^[1]。

3 接枝共聚改性

PP接枝共聚物是在PP主链的某些原子上接枝化学结构与主链不同的大分子链段,以赋予聚合物优良的特性。在PP分子链上接枝弹性链段有助于提高PP的冲击强度和低温性能^[3]。接枝共聚的方法有溶液接枝、悬浮接枝、熔融接枝和固相接枝^[4]。PP接枝共聚物经常用作PP与其它聚合物或无机填料之间的增容剂。单独用作PP增韧剂的例子也有报道,如Xu Gang等^[5]通过紫外线照射得到了高接枝率的PP-丙烯酸酰胺接枝共聚物,发现它对PP有很好的增韧效果。单独用做塑料的例子几乎没有。

4 改变立体结构

工业上所用的PP通常都是等规立构PP。近年来采用间规选择性茂金属催化剂合成了间规立构PP。与等规立构PP相比,间规立构PP具有较低的结晶度和弯曲强度、较高的熔体粘度和弯曲弹性模量、良好的透明性和热密封性、优异的抗冲击性和压延性等。另外选用对称性好的单点茂金属催化剂可以合成具有良好弹性的高相对分子质量的无规立构PP和无规-等规立体嵌段的弹性PP。特别是后者,由于等规链段的物理交联作用,使之具有良好的弹性和力学性能,属于一种新型的热塑性弹性体^[3]。

5 橡-塑共混改性

在PP中加橡胶或热塑性弹性体是PP最常用的增韧方法,PP增韧常用的弹性体有茂金属催化剂合成的聚烯烃弹性体(POE)、三元乙丙橡胶(EPDM)、乙丙橡胶(EPR)、(苯乙烯/丁二烯/苯乙烯)共聚物(SBS)、顺丁橡胶(BR)、异丁橡胶(IBC),目前研究得最多的是POE和EPDM增韧。弹性体增韧PP目前广泛接受的理论是“多重银纹”理论和“银纹

-剪切带”理论。而大多数情况下这两种理论所发生的情况会同时出现,因此增韧过程可简单概括为:弹性体以分散相形式分散于基体树脂中,分散相弹性体粒子之间存在一定的临界厚度,受外力作用时,弹性体粒子成为应力集中点,它在拉伸、压缩或冲击下发生变形,若两相界面粘结良好,会导致颗粒所在区域产生大量银纹和剪切带而消耗能量;同时,银纹、弹性体粒子和剪切带又可以终止银纹或剪切带进一步转化为破坏性裂纹,从而起到增韧作用^[6-7]。

PP/EPDM 共混体系以及以它们为基体的填充增强体系具有优异的冲击性能及较理想的综合性能,这使其步入了工程塑料的应用领域^[8]。国内多以 PP/EPDM 体系生产汽车配件专用料,且技术比较成熟^[9]。姚亚生^[10]采用动态硫化方法制备了 PP/EPDM 改性材料。与简单共混 PP/EPDM 相比,动态硫化 PP/EPDM 体系的冲击性能和流动性明显提高,弯曲弹性模量基本一致,拉伸强度略有下降。李庆国等^[11]利用基本断裂功方法研究了 PP/EPDM 共混体系的断裂性能,发现 EPDM 的加入提高了 PP 的比基本断裂功,且比基本断裂功随 EPDM 用量的增加呈先增后减的趋势。

POE 是美国 DOW 化学公司以茂金属为催化剂合成的具有窄相对分子质量分布和均匀的短支链分布的热塑性弹性体。POE 具有良好的增韧效果、抗老化性能和易加工性,今后有可能取代传统的 EPDM 成为 PP 的首选增韧剂^[12]。吕英斌等^[13-17]用 POE 对 PP 进行了增韧改性,发现其增韧效果要好于 EPDM。毛立新等^[18]对比了不同 PP/POE 共混体系,发现 POE 对共聚 PP 的增韧效果好于均聚 PP。许岳剑等^[19]研究了 PP/POE 共混体系中分散相粒子表面间距 τ 和过渡层厚度 d 与材料冲击性能之间的关系,发现存在一个临界值 τ_c 与材料的脆韧转变点相对应。当 τ 小于等于 τ_c 时,材料是韧性的;当 τ 大于 τ_c 时,材料呈脆性。在共混过程中, τ 随共混时间增加而逐渐减小,在共混的中后期趋于稳定;随 τ 值的减小,材料冲击强度增加; d 随 POE 含量的递增逐渐增大,对应材料的冲击强度增加。丁乃秀等^[20]分别采用 POE 和马来酸酐接枝聚乙烯 (PE-g-MAH) 对 PP 导电复合材料进行增韧改性。结果表明,POE 的增韧效果好于 PE-g-MAH;两种增韧剂的加入均使复合材料的热变形温度降低,且对材料的导电性能影响不大;POE 的加入改善了复合体系的流动性,而 PE-g-MAH 则使复合体系的流动性变差。

一些新型的 PP/弹性体共混体系也有报道。全大萍等^[21]采用新型高活性催化剂合成了新型(乙烯/丁烯)共聚弹性体 (PEB)。研究表明,在 PP/PEB 共混物中,两者在非晶区有良好的相互渗透性,PEB 阻碍了 PP 球晶的生成,使其微晶尺寸变小;PEB 的加入可以明显地起到增韧 PP 的作用。赵永仙等^[22]采用自制的负载钛催化剂体系合成了(丁烯/己烯)共聚物热塑性弹性体 (PBH),并用其对 PP 进行了共混改性。结果表明,随着 PBH 含量的增加,共混物的冲击强度、断裂伸长率、密度和熔体流动性都有增大的趋势,而拉伸强度、弯曲强度、硬度和耐热性均有一定的下降;己烯含量高

的 PBH 对 PP 的增韧改性效果更好。

6 塑-塑共混改性

目前出现的 PP/塑料共混体系有 PP/柔性聚合物体系、PP/刚性聚合物体系和 PP/超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 体系 3 种。不同体系的增韧机理不同,柔性聚合物如(乙烯/乙酸乙烯酯)共聚物 (E/VAC)、低密度聚乙烯 (LDPE)、线性低密度聚乙烯 (LLDPE)、HDPE、杜仲胶等,其增韧机理近似于弹性体增韧,柔性聚合物的增韧效果不如弹性体理想,但对 PP 强度和刚度的损害却比弹性体低得多。刚性聚合物如聚碳酸酯 (PC)、尼龙 6 (PA6)、PA66、交联聚苯乙烯微球等,其增韧机理主要是“冷拉”机理。该类聚合物可在提高材料冲击性能的同时,提高其加工流动性和热变形温度而不降低其拉伸强度和刚度。UHMWPE 的增韧机理一般是,PP/UHMWPE 的亚微观相态为双连续相,UHMWPE 的超长分子链在 PP 基体中形成网络结构,从而起到增韧作用。UHMWPE 增韧不仅可提高 PP 的缺口冲击强度,也可以提高其拉伸强度^[7]。李炳海等^[23]对乙丙共聚型 PP/UHMWPE 共混体系的增韧机理提出了不同的解释。他认为,在熔体冷却过程中,UHMWPE 的高分子链段与 PP 基体的部分聚乙烯 (PE) 链段形成共晶,产生一种“共晶物理交联点互穿网络结构”,从而使合金的韧性和刚性同时得以提高。UHMWPE 对均聚 PP 一般没有增韧作用。

周天寿等^[24]采用复合无皂乳液聚合法制得核层为交联聚丙烯酸丁酯、壳层为聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 的反应性核壳结构胶粒,将其与 PP 进行反应共混以增韧改性 PP。研究表明,当核壳胶粒在 0.38 ~ 1.58 μm 变化时,较大尺寸的胶粒有利于增韧;核壳胶粒尺寸与核层交联度对增韧 PP 的影响之间存在相互作用,最适合于增韧的胶粒核层交联度随胶粒尺寸变化而改变;核壳胶粒改性 PP 共混物的增韧机理是核壳胶粒的空穴化和 PP 基体的剪切屈服。郭润德等^[25-26]用乳液聚合方法和交联技术制备了交联聚苯乙烯 (XPS) 微球,经 SBS 包覆后与 PP 共混。研究发现,分散均匀的 XPS 微球对 PP 可起到增韧增强的作用,增韧的主要机理是 XPS 微球被拔出时,增容剂与基体界面屈服产生大形变需要大量的外界功。

7 纤维填料改性

玻纤是最常用的增强填料,除了可以提高 PP 的拉伸强度、刚性、硬度外,也可以大幅度地改善 PP 的冲击性能。

晶须也是一类纤维状材料,其直径极小以致难于容纳晶格缺陷,这种结构特点使其强度接近于原子间价键的理论强度,成为现代复合材料中新一代高性能增强剂。随着钛酸钾、硫酸钙、碳酸钙等晶须的相继问世,晶须在塑料复合材料中的应用正在不断扩展^[27]。胡海青^[28]研究了碱式硫酸镁晶须对 PP 力学性能的影响,发现它对 PP 有较好的增强增韧效果,最佳用量为 30 份左右;用碱式硫酸镁晶须增强的 PP 比玻纤增强 PP 的拉伸强度、冲击强度、流动性均好,只有弯曲强度稍小。杨宁^[29]采用钛酸钾晶须对 PP 进行填充,对

几种不同的表面处理剂的偶联效果进行了比较。结果表明,钛酸钾晶须对 PP 有较好的增强增韧效果,可以普遍提高材料的力学性能,最佳用量为 25% ~ 35%;硅烷偶联剂 KH-550 对材料的界面结合有较好的促进作用,马来酸酐接枝改性的 PP 可以作为复合体系的有效增容剂。

8 无机粒子改性

无机刚性粒子增韧的优点是在提高韧性的同时并没有使刚性下降,而且在多数情况下还使刚性有一定程度提高,且成本有所下降^[3]。目前常用的无机刚性粒子主要有云母、滑石粉、高岭土、CaCO₃、硫酸钡等。张超等^[30]用 CaCO₃、滑石粉分别对中国石化齐鲁石化股份有限公司生产的牌号为 SPI79 的超高抗冲 PP 进行了填充改性。结果表明, CaCO₃ 填充改性 SPI79 时,增强增韧效果明显,弯曲弹性模量和负荷变形温度都有不同程度提高,缺口冲击强度始终保持在较高水平;片状滑石粉粒子在含量低时,对 SPI79 的冲击强度也有所提高。无机刚性粒子增韧的机理目前尚不十分清楚。一般认为:(1) 聚合物受力变形时,刚性无机粒子的存在产生应力集中效应,引发其周围的基体屈服,这种基体的屈服将吸收大量变形功,产生增韧作用;(2) 无机刚性粒子的存在能阻碍裂纹扩展或钝化、终止裂纹,阻碍裂纹扩展的原因是钉扎效应,而粒子钝化或终止裂纹的原因在于两相界面的部分脱粘^[31]。

9 β 晶型成核剂改性

等规立构 PP 是一种典型的结晶聚合物,具有 α 、 β 、 γ 、 δ 和拟六方态 5 种晶型,其中以 α 和 β 晶型较为常见。与 α 晶型相比, β 晶型的拉伸屈服强度和拉伸弹性模量较低,但却具有较好的室温和低温冲击性能^[1]。在通常的成型加工条件下, PP 主要形成 α 晶型,而 β 晶型的形成条件相对较苛刻。目前添加 β 晶型成核剂是得到高 β 晶型含量 PP 的最有效方法。常用的 β 晶型成核剂有 1-萘酚红染料、庚二酸/硬脂酸钙复合物、低熔点金属粉末(锡粉、锡铅合金粉)、超微氧化钨等^[3]。

窦强等^[32-33]合成了一种新型 β 晶型成核剂二苯基己二酰二胺,该成核剂能够诱导 PP 的 α 晶型向 β 晶型转变,从而改善 PP 的韧性。钱欣等^[34]研究了另一种取代苯酰胺类 β 晶型成核剂对 PP 力学性能的影响。结果表明, β 晶型成核剂的加入使拉伸强度和弯曲弹性模量略有降低,但悬臂梁缺口冲击强度却大大提高。范文春^[35]研究了 β 晶型成核剂对不同牌号 PP 力学性能的影响。结果表明,均聚 PP 冲击性能大幅度提高,而共聚 PP 的增韧效果不是很明显。

10 纳米复合改性

近年来发展起来的纳米技术给 PP 的改性提供了一条新途径,大量的研究表明,纳米组分对 PP 有广泛而显著的改性效果。纳米组分对 PP 的改性比较均衡,在改善 PP 的冲击性能的同时,也能提高其弹性模量、拉伸强度和弯曲强度。纳米组分对 PP 的增韧增强主要归功于其大的比表面积和强界面作用,其增韧机理应类似于无机刚性粒子的改性。有些

纳米粒子能够诱导 PP 生成 β 晶型。

PP 纳米复合材料可以分为 PP/层状填料纳米复合材料、PP/纤维状填料纳米复合材料、PP/多面齐聚硅倍半氧烷(POSS)纳米复合材料^[36]和 PP/粉状填料纳米复合材料。PP/层状填料纳米复合材料主要有 PP/蒙脱土、PP/累托土、PP/斑脱土、PP/石墨等体系;PP/纤维状填料纳米复合材料主要有 PP/凹凸棒土、PP/多水高岭土、PP/碳纳米管、PP/碳纳米纤维等体系;PP/粉状填料纳米复合材料中的粉状纳米填料主要有纳米 CaCO₃、纳米 SiO₂、纳米 TiO₂、纳米 ZnO、纳米 Al₂O₃、纳米 Al(OH)₃、纳米 Mg(OH)₂、纳米金属颗粒等。层状纳米填料和纤维状纳米填料由于其特殊的形状,对 PP 的增韧增强更为有利。

11 多组分复合改性

对 PP 进行单组分增韧改性往往容易顾此失彼难以取得均衡的改性效果,因此,多组分复合改性越来越引起人们的重视。

弹性体对 PP 有较好的增韧效果,但往往对 PP 的刚性和拉伸强度损害较大;刚性粒子对 PP 的刚性和拉伸强度也许有利,但增韧效果有限。将弹性体和刚性粒子与 PP 同时复合,常常可以取得较好的改性效果。孙卫键^[37]研究了用作汽车保险杠的 PP/EPDM/CaCO₃ 三元共混体系,发现在较好的 CaCO₃ 表面处理、粒径及粒径分布条件下,体系中加入少量 EPDM 可使改性材料的刚性和韧性达到较好的平衡。张华等^[38]将纳米 CaCO₃ 通过湿法改性后,加入 PP/SBS 体系中,发现经表面改性的纳米 CaCO₃ 可以很好地提高 PP/SBS 体系的韧性,改性剂的分子结构对其增韧效果有决定作用。马晓燕等^[39]的研究表明,POE 与有机改性的天然累托石(OREC)对 PP 有协同增强增韧作用。王文一等^[40]采用双辊混炼和挤出制样的方法制备了 PP/EPR/纳米 CaCO₃ 复合体系,并测试了其力学性能。结果表明,对纳米 CaCO₃ 进行表面处理和用适当的共混方法,可以显著提高复合材料的冲击强度。谭邦会等^[41]采用专利技术制备了弹性纳米粒子/纳米 TiO₂ 复合材料,并使用这种复合材料改性 PP,制备了具有较高韧性和较好灭菌性能的 PP 纳米复合材料。韩萍等^[42]采用纳米有机蒙脱土(OMMT)改性的 SBS 增韧 PP。研究发现, SBS 与 OMMT 有很好的相容性,可促使 OMMT 颗粒均匀地分散于 PP 基体中。

对于某些增量性填充或功能性填充 PP 体系,加入弹性体是保持其足够韧性的有效手段。刘保成等^[43]以 POE 为增韧剂、DICPK 为结晶成核剂、BaSO₄ 为填充剂,研制了耐候性改性 PP 专用料。吕明福等^[44]采用溴/锑复合阻燃剂、EPDM 和无碱玻纤对 PP 进行了复合改性研究。结果表明, EPDM 对 PP 有很好的增韧作用,并且可以提高阻燃剂的阻燃效率。李玉梅^[45]将粉煤灰与 EPDM 混炼后与 PP 熔融共混进行增韧改性,结果表明,加入粉煤灰/EPDM 后, PP 球晶细化,加入的橡胶相材料容易发生屈服形变以及材料中多界面导致的不均匀性使其在受力时更容易产生大量银纹,多种

因素共同起到了增韧作用。

β 晶型成核剂对 PP 有较好的增韧作用, 而晶须对 PP 主要起增强作用, 两者并用对 PP 的增韧增强往往有互补作用。范文春等^[46]发现在 PP/镁盐晶须复合体系中添加 β 晶型成核剂后, 并未改变镁盐晶须增强 PP 的机理, 且能够大幅度提高复合材料的冲击强度。魏玉春^[47]研究了 β 晶型成核剂和碱式硫酸镁晶须对 PP 热变形温度和力学性能的影响。结果表明, 两者同时改性 PP 可使 PP 的热变形温度和缺口冲击强度都有明显的提高。

12 结语

PP 的增韧改性研究已经取得了大量的成果, 像 PP/EP-DM、PP/玻纤之类的增韧或增强增韧材料早已用作结构材料, 一些性能更好的 PP 增韧增强材料也已经开发出来。目前, 弹性体增韧依然是 PP 增韧的最主要的手段。为了弥补弹性体增韧对 PP 刚性和拉伸强度带来的负面影响, 采用多组分复合改性往往是必要的, 这方面还有大量的工作可做。

参考文献

- [1] 许健南. 塑料材料[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999: 99.
- [2] 王珂, 等. 合成树脂及塑料, 1996, 13(3): 58-61.
- [3] 任巨光, 等. 现代塑料加工应用, 2002, 14(3): 42-46.
- [4] 徐鼎, 等. 现代塑料加工应用, 2002, 14(5): 57-60.
- [5] Xu Gang, et al. European Polymer Journal, 2004, 40(3): 483-491.
- [6] 尹剑波, 等. 塑料, 2000, 29(3): 33-37.
- [7] 王娟娟, 等. 塑料科技, 2003(2): 52-58.
- [8] 肖汉文, 等. 弹性体, 2001, 11(4): 49-51.
- [9] 范吉昌, 等. 现代塑料加工应用, 2006, 18(4): 8-10.
- [10] 姚亚生. 金山油化纤, 2003, 22(2): 6-9.
- [11] 李庆国, 等. 塑料工业, 2006, 34(1): 38-40.
- [12] 夏琳, 等. 弹性体, 2006, 16(3): 65-68.
- [13] 吕英斌, 等. 中国塑料, 2000, 14(11): 38-42.
- [14] 张玲, 等. 塑料, 2001, 30(1): 53-56.
- [15] 邱桂学, 等. 中国塑料, 2001, 15(5): 46-48.
- [16] 张宇光, 等. 哈尔滨理工大学学报, 2003, 8(2): 81-86.
- [17] 范吉昌, 等. 现代塑料加工应用, 2006, 18(4): 8-10.
- [18] 毛立新, 等. 北京化工大学学报, 2003, 30(1): 24-28.
- [19] 许岳剑, 等. 中国塑料, 2004, 18(9): 43-46.
- [20] 丁乃秀, 等. 塑料制造, 2006, (8): 60-63.
- [21] 全大萍, 等. 高分子材料科学与工程, 2001, 17(4): 105-108.
- [22] 赵永仙, 等. 中国塑料, 2006, 20(3): 48-51.
- [23] 李炳海, 等. 中国塑料, 2002, 16(12): 32-36.
- [24] 周天寿, 等. 上海交通大学学报, 2000, 34(4): 542-544.
- [25] 郭润德, 等. 中国塑料, 2004, 18(9): 26-29.
- [26] 郭润德, 等. 高校化学工程学报, 2006, 20(3): 485-488.
- [27] 葛建芳. 工程塑料应用, 2000, 28(2): 37-39.
- [28] 胡海青. 塑料工业, 2001, 29(2): 46-49.
- [29] 杨宁. 中国塑料, 2004, 18(1): 71-73.
- [30] 张超, 等. 现代塑料加工应用, 2006, 18(4): 11-14.
- [31] 魏京华. 合成树脂及塑料, 2002, 19(2): 47-52.
- [32] 窦强, 等. 功能高分子学报, 2001, 14(3): 338-340.
- [33] 窦强, 等. 现代塑料加工应用, 2001, 13(5): 4-6.
- [34] 钱欣, 等. 工程塑料应用, 2002, 30(12): 15-17.
- [35] 范文春. 塑料, 2003(2): 9-11.
- [36] 李跃文, 等. 合成树脂及塑料, 2006, 23(6): 64-67.
- [37] 孙卫键. 汽车技术, 2000(10): 25-28.
- [38] 张华, 等. 北京化工大学学报, 2002, 29(5): 8-11.
- [39] 马晓燕, 等. 中国塑料, 2003, 17(8): 24-27.
- [40] 王文一, 等. 工程塑料应用, 2003, 31(8): 15-17.
- [41] 谭邦会, 等. 合成树脂及塑料, 2003, 20(4): 56-58.
- [42] 韩萍, 等. 合成树脂及塑料, 2006, 23(3): 64-66.
- [43] 刘保成, 等. 中国塑料, 2002, 16(3): 22-24.
- [44] 吕明福, 等. 合成树脂及塑料 2003(4): 47-50.
- [45] 李玉梅. 东华大学学报: 自然科学版 2004, 30(2): 24-26.
- [46] 范文春, 等. 化工新型材料 2004, 32(5): 36-38.
- [47] 魏玉春. 合成材料老化与应用 2006(4): 4-6.

TOUGHENING METHODS AND MECHANISMS OF PP

Li Yuewen, Luo Chengyou

(Hunan Vocational College of Science and Technology, Changsha 410004, China)

ABSTRACT Based on recent research advance, toughening methods and mechanisms of PP, including ruleless copolymerization, block copolymerization, graft copolymerization, altering stereo-structure, rubber-plastic blending, plastic-plastic blending, fibre filling modification, inorganic particle modification, β crystalline form nucleating agent modification, nano-composite modification and multi-composite modification, were reviewed. It was concluded that at present rubber-plastic blending toughening was best toughening method, and in the future multi-composite toughening modification was the development direction.

KEYWORDS PP, toughening, mechanism

新型透明热塑性聚烯烃材料

美国 Fosta-Tek Optics 公司宣布推出一系列新型的透明热塑性聚烯烃材料, 主要用于精密光电应用领域, 例如照相机的镜头、军用夜视定位光学系统和微型显示光学设计等。据该公司介绍, 这些以环化和线性烯烃共聚物为基础的

新型透明聚合物拥有超过玻璃或其它热塑性材料的优势。它们的阿贝值高于聚碳酸酯和聚酯的值, 并且具有 1.53 的折光指数。它们同时还具有质量轻、吸湿性能低和类似于其它透明热塑性材料的加工温度, 并能在高达 170℃ 的温度下保持它们的性能。
(中改塑网)