

原位气泡拉伸法制备 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料研究^{*}

郑秀婷 吴大鸣 孟庆云 王克俭 刘颖 万里 任冬云

(北京化工大学,北京 100029)

摘要 用原位气泡拉伸 (ISBS) 法制备低密度聚乙烯 (LDPE)/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料。结果表明,ISBS 法对 LDPE 基体中的纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 具有良好的分散能力,被分散的纳米粒子没有重新团聚。ISBS 法制备的纳米复合材料的力学性能优于双螺杆剪切分散制备的复合材料的性能。复合材料的拉伸强度随着纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量的增加而增大,在添加量为 15 份时达到最大值,然后随着添加量的增加而下降,但仍然远高于纯 LDPE 的拉伸强度。

关键词 原位气泡拉伸法 低密度聚乙烯 纳米氢氧化镁 复合材料 分散 力学性能

聚合物基纳米复合材料由于具有优于纯聚合物的优异性能^[1-6]而备受科学界的关注。但纳米粒子具有极大的比表面积和表面能,处于高度不稳定状态,在与聚合物混合加工过程中遇热、力等作用时往往团聚成几百纳米甚至微米尺度的颗粒,从而丧失纳米粒子特有的功能和作用,因此在制备过程中实现纳米粒子在聚合物中的纳米级分散是关键。

低密度聚乙烯 (LDPE) 是目前应用最为广泛的塑料之一。作为 LDPE 常用的有效阻燃剂^[7], $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 虽可提高 LDPE 的阻燃性能,但却使得材料的力学性能降低^[8-9]。如果粒子在聚合物基体中达到纳米尺度的分散,则可以改善这种状况^[10-11]。

为了解决纳米粒子的分散问题,在制备聚合物基纳米复合材料中可采取多种物理和化学方法。物理方法包括采用同向平行双螺杆挤出机、圆盘混炼机、连续转子混炼机等加工,以及在加工过程中引入振动场、超声场等;化学方法包括溶胶凝胶法、原位生成法、插层复合法、溶液或熔融混合法等。但是物理方法在提高剪切速率的同时会导致聚合物产生热降解和剪切降解等问题,化学方法可能因有机化处理而将纳米粒子的一些理化作用屏蔽掉,从而不能发挥纳米效应。目前,采用插层或者剥离法制备聚合物/层状硅酸盐纳米复合材料最为成功,聚酰胺/蒙脱土^[12]、聚苯乙烯/蒙脱土^[13]、聚甲基丙烯酸甲酯/蒙脱土^[14]、聚氧化乙烯 (PEO)/蒙脱土^[15]、聚丙烯/蒙脱土^[16]、环氧树脂/蒙脱土^[17]、丁苯橡胶/粘土^[18]、硅橡胶/蒙脱土^[19]、聚氨酯/蒙脱土^[20] 等纳米复合材料均已采用该法制备成功。但该法只适合具有层状结构的纳米粒子的分散。

Wu Daming 教授等提出的原位气泡拉伸 (ISBS) 法分散纳米粒子的机理^[10]为:聚合物发泡过程中,气泡会优先在微小颗粒及其团聚处膨胀。由于

泡孔的膨胀速度极快,泡孔周围的聚合物熔体会产生很大的拉伸应力,该拉伸应力作用在团聚的微小颗粒上,会产生迫使颗粒分离的作用力,如果该力足够大,就可以实现团聚颗粒之间的分离。ISBS 法分散纳米粒子团聚体的原理如图 1 所示。

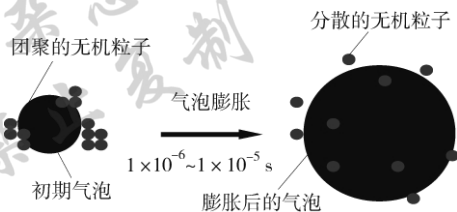


图1 ISBS分散过程原理模型

笔者利用 ISBS 法制备 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料。首先用平行双螺杆挤出机熔融混合造粒,使纳米粒子在基体中宏观分布混合;然后用单螺杆挤出机在一定的工艺条件下进行挤出发泡,使纳米粉体实现 ISBS 分散,其工艺过程如图 2 所示。

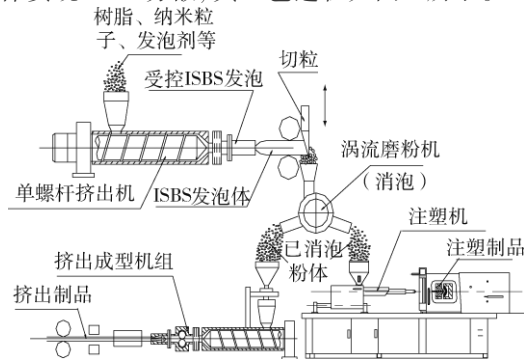


图2 ISBS法制备聚合物基纳米复合材料制品工艺过程示意图

通过对 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料的显微分散状态和宏观力学性能的测试,研究了 ISBS 法制备的聚合物基纳米复合材料的性能,为 ISBS 法制备纳米复合材料的工程化奠定了基础。

^{*} 国家自然科学基金资助项目 (50673006)

收稿日期:2007-07-21

1 实验部分

1.1 主要原材料

LDPE:19E,熔体流动速率为 $2.3 \text{ g}/10 \text{ min}$,中国石化大庆石化公司;

纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$: 粒径 $40 \sim 60 \text{ nm}$,宜兴市助剂化工厂;

偶氮二甲酰胺(AC): 分解温度为 $190 \sim 210^\circ\text{C}$,潜江楚虹化工有限公司;

硬脂酸(Hst): 分析纯,北京化学试剂公司。

1.2 主要仪器和设备

高速混合机: GRH-10 型,辽宁阜新市轻工机电设备厂;

同向平行双螺杆挤出机: ZSK-25WLE 型,德国 WP 公司;

单螺杆挤出机: PSJ-32-28A 型,北京塑料工业联合公司;

塑料粉碎机: DF180 型,宁波东方针织机械厂;

气引式粉碎机(FDV 型)、高速风选式超细粉碎机: 台湾佑崎有限公司;

场发射扫描电镜(FE-SEM): S4700 型,日本日立公司;

激光粒度分析仪: MS 2000 型,英国 Malvern Instruments 有限公司;

透射电子显微镜(TEM): HT-800 型,日本日立公司;

拉伸试验机: 1122 型,英国 Instron 公司;

注塑机: A80-210 型,香港 Aukland 公司。

1.3 试样制备

将纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 在 120°C 干燥 10 h 后,用高速混合机与 LDPE、润滑剂等按比例混合 3 min ,然后将混合好的物料用同向平行双螺杆挤出机熔融混合造粒,使纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 在 LDPE 中得到宏观分散。双螺杆挤出温度为 190°C ,螺杆转速为 300 r/min 。复合材料的配方为 LDPE 100 份,液体石蜡 2.5 份, Hst 3 份,纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 分别为 0、10、15、20、25、30 份。将制得的复合材料干燥后与 AC 发泡剂按 100:0.5 的比例混合均匀,用单螺杆挤出机进行挤出发泡,温度为 195°C ,螺杆转速为 100 r/min ,机头压力为 10 MPa 。将发泡样品用风选式粉碎机破碎后再用气引式粉碎机在液氮冷却下进行磨粉消除气泡,粉末经干燥后用注塑机制成标准的拉伸试样。

1.4 性能测试

纳米粒子团聚体的分散效果用 FE-SEM 观察。

具体方法为将试样沿垂直于挤出方向在液氮中脆断,喷金后观察;

磨粉消泡的颗粒粒度用激光粒度分析仪测定;

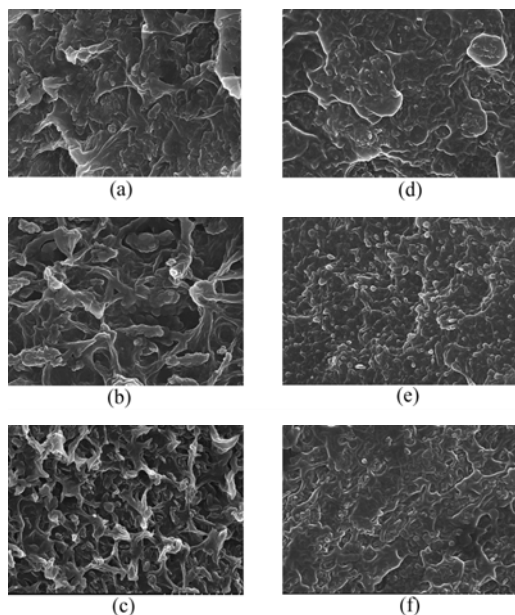
磨粉消泡前后纳米粒子的分散状态用 TEM 观察,加速电压 100 kV ,样品是沿垂直于试样挤出方向用超薄切片机切成厚度为 $60 \sim 80 \text{ nm}$ 的薄片,该薄片负载在 $75 \mu\text{m}$ (200 目) 铜网上;

拉伸性能按 ASTM D638-81 测试,室温,拉伸速率为 50 mm/min 。

2 结果与讨论

2.1 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料的 FE-SEM 分析

采用双螺杆剪切分散和 ISBS 法制备的不同 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量的 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料的 FE-SEM 照片见图 3。图 3a、图 3d 纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量为 10 份,图 3b、图 3e 添加量为 15 份,图 3c、图 3f 添加量为 30 份。分别比较图 3a 与图 3d、图 3b 与图 3e、图 3c 与图 3f,当纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量相同时,经双螺杆挤出机混合得到的样品的平均粒径约为几个微米,而用 ISBS 法分散的纳米粒子的平均粒径仅为几十纳米,并且均匀分散在聚合物基体中。因此,可以说明 ISBS 发泡过程中气泡的膨胀可以明显提高纳米粒子的分散程度。当纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量不超过 15 份时,可以得到非常好的分散效果。当添加量超过 15 份时,随添加量的增加分散效果变差。



a ~c—双螺杆剪切分散; d ~f—ISBS 法制得试样

图 3 不同加工方法制得的 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$

复合材料的 FE-SEM 照片

在聚合物制备过程中, 分散相随着聚合物熔体的剪切、拉伸和挤压, 按一定规律进行层流混合, 混合效果与剪切速率、拉伸速率以及作用时间有关。根据 Z. Tadmor 等^[21] 对聚合物熔体中颗粒间的分离力的哑铃模型分析, 得到两个颗粒在受到剪切和拉伸作用下的最大分离力:

$$F_{\max} = 3\pi \cdot \mu \cdot \dot{\gamma} \cdot r^2 \quad (1)$$

$$F_{\max} = 6\pi \cdot \mu \cdot \dot{\epsilon} \cdot r^2 \quad (2)$$

式中: $F_{\max}$ ——最大分离力;

μ ——聚合物的熔体粘度;

$\dot{\gamma}$ ——剪切速率;

$\dot{\epsilon}$ ——拉伸速率;

r ——分散相的粒径。

式(1)和式(2)说明剪切速率和拉伸速率是决定分离力大小的主要因素, 增大剪切速率和拉伸速率都有利于纳米粒子团聚体的分离, 并且拉伸作用对团聚颗粒的分离效果优于剪切作用。目前双螺杆挤出机的剪切速率虽然可达到 $1 \times 10^2 \sim 1 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$, 但所产生的分离力还不能将纳米粒子团聚体分散到纳米水平。

根据 J. Y. Hee 等^[22] 对聚苯乙烯/ CO_2 发泡过程气泡膨胀过程的数学模拟表明, 控制适当的工艺条件, 气泡膨胀时, 气泡周围的熔体可以受到 $1 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ 甚至更高的拉伸速率。因此, 在聚合物发泡过程中, 由于气泡的快速膨胀, 泡孔周围的聚合物熔体受到高拉伸速率的拉伸作用, 对聚合物熔体中的分散相起到有效的拉伸分散作用。理论推测在高拉伸场的作用下 ISBS 分散纳米团聚体的效果要优于机械剪切分散。他们同时对粘弹性流体中气泡膨胀过程中的振荡进行研究, 发现在一定的条件下, 气泡膨胀可以产生频率为 MHz 数量级的振荡。Meng Qingyun 等^[11] 指出气泡振荡产生的振荡频率处在超声波的范围内, 超声气泡振荡产生超声空化效应。该空化效应能产生局部高温、高压、强冲击波和微射流等, 可较大幅度地削弱纳米颗粒间的纳米作用能, 有效地防止纳米颗粒团聚, 从而促进聚合物中团聚粒子的分散^[23], 实验结果与理论预测的结果一致。

2.2 消泡过程已分散粒子的 TEM 分析

图4、图5分别是 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料消泡后的粒径分布曲线、TEM 照片。从图4可以看出, LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料的粒径均在 $1 \mu\text{m}$ 以下, 说明用磨粉方法可使发泡复合材料中的气泡消除比较完善。

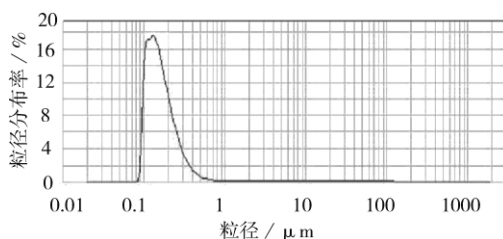
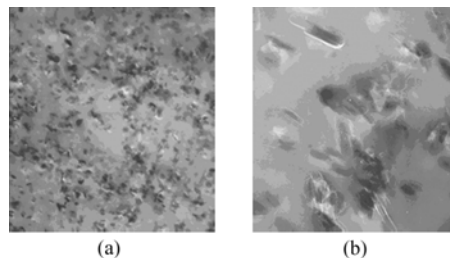


图4 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料磨粉消泡后的粒径分布



a—5 万倍; b—20 万倍

图5 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (100/15) 复合材料消泡后的 TEM 照片

从图5a可以看出, 纳米颗粒整体上分布比较均匀, 并均匀分布在聚合物基体中。增加放大倍数(图5b), 片状的 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 仍以纳米尺度存在, 对照图3f, 可以看出消泡后粒径没有显著变化, 说明纳米粒子没有发生重新团聚现象。因为用 ISBS 法分散后纳米粒子会以分散状态被聚合物熔体包围。根据 A. Leclair 等^[24] 的研究可以推测, 由于该体系中分散相纳米粒子是刚性的、收缩率极小, 在 ISBS 法分散后加工冷却过程中, 基体在分散相的表面会产生很大的收缩, 从而使基体与刚性粒子之间产生高界面压应力, 这种高界面压应力的存在使得纳米粒子被周围的聚合物熔体紧密包围, 所以在重新加工过程中这种被聚合物包围的纳米粒子之间的位阻要远远高于单纯的纳米粒子之间的位阻, 因而纳米粒子不会重新团聚。

2.3 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料的拉伸性能

通过双螺杆剪切分散和 ISBS 法得到的 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料的拉伸性能变化如图6所示。从图6a可以看出, 通过 ISBS 法制得的复合材料的拉伸强度在纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的添加量不超过 15 份时, 随着纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量的增加而增加, 当添加量超过 15 份后, 拉伸强度随着纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量的增加而减小。用 ISBS 法制备的复合材料的拉伸强度最大可以比纯 LDPE 的拉伸强度提高约 80%。而由双螺杆剪切分散法制得的复合材料, 拉伸强度随纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量的增加而减小。从图6b可以看出, 两种分散方法制备的复合材料的断裂伸长率均随纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量的增加而降低。

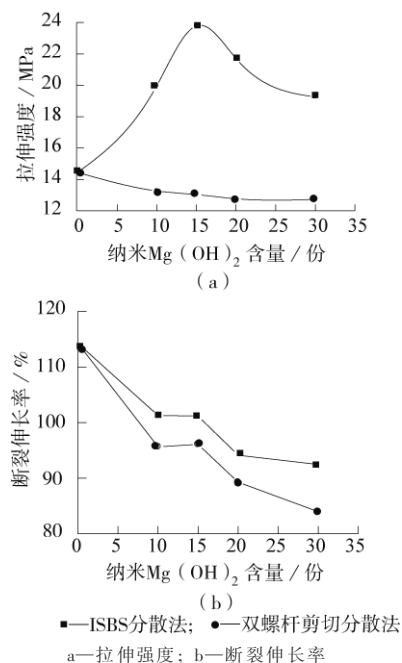


图6 不同加工方法制得的纳米复合材料的拉伸性能

但是,在相同纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量下,ISBS 法比双螺杆剪切分散法制备的复合材料的断裂伸长率要高。这是因为当纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量少时,通过 ISBS 法制得的 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料中的纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 可得到原生粒子的分散,在此情况下复合材料的拉伸性能随纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 添加量的增加而提高。但是,当纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的添加量超过一定量时,纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 粒子发生部分团聚的几率增加,从而使复合材料的拉伸性能容易遭到破坏。

3 结语

ISBS 法是制备 LDPE/纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 复合材料过程中非常有效的分散纳米团聚体的方法。对 ISBS 法制备的纳米复合材料通过消泡处理后,纳米粒子不会产生重新团聚现象。由于 ISBS 法对纳米团聚体的良好分散,当纳米 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的添加量为 15 份时,复合材料的拉伸强度可以达到最大值,并且远高于一般剪切方法制备的纳米复合材料。

参考文献

- [1] Rong Minzhi, Zhang Mingqiu, Zheng Yongxiang, et al. Improvement of tensile properties of nano- SiO_2 /PP composites in relation to percolation mechanism[J]. *Polymer*, 2001, 42(7): 3301–3304.
- [2] Agag T, Koga T, Takeichi T. Studies on thermal and mechanical properties of polyimide-clay nanocomposites[J]. *Polymer*, 2001, 42(8): 3399–3408.
- [3] Shelley J S, Mather P T, De Vries K L. Reinforcement and environmental degradation of nylon-6/clay nanocomposites[J]. *Polymer*, 2001, 42(13): 5849–5858.

- [4] Fu Xiaolan, Qutubuddin S. Synthesis of polystyrene-clay nanocomposites[J]. *Mater Lett*, 2000, 42: 12–15.
- [5] 舒中俊, 陈光明, 漆宗能. 聚合物/粘土纳米复合材料及其特殊阻燃性能[J]. *塑料工业*, 2000, 28(3): 24–26.
- [6] Adams Tidjani, Charles A W. Photo-oxidation of polymeric-inorganic nanocomposites: Chemical, thermal stability and fire retardancy investigations[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2001, 74(1): 33–37.
- [7] Fawn M U, Charles A W. Polystyrene/graphite nanocomposites: Effect on thermal stability[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2002, 76(1): 111–122.
- [8] Chiu S H, Wang Wukou. The dynamic flammability and toxicity of magnesium hydroxide filled intumescent fire retardant polypropylene[J]. *J Appl Polym Sci*, 1998, 67(6): 989–995.
- [9] Sain M, Park S H, Suhara F, et al. Flame retardant and mechanical properties of natural fiber-PP composites containing magnesium hydroxide[J]. *Polym Degradation Stability*, 2004, 83(2): 363–367.
- [10] Wu Daming, Meng Qingyun, Liu Ying, et al. In situ bubble stretching mechanism for additives in polymers[J]. *J Polym Sci Phys*, 2003, 41: 1051–1058.
- [11] Meng Qingyun, Wu Daming. A study of bubble inflation in polymers and its applications[J]. *Phys Lett A*, 2004, 327: 61–66.
- [12] Francisco J, Medellin Rodriguez, Christian Burger, et al. Time-resolved shear behavior of end-tethered nylon 6-clay nanocomposites followed by non-isothermal crystallization[J]. *Polymer*, 2001, 42(21): 9015–9023.
- [13] 王一中, 武保华, 余鼎声. 聚苯乙烯/蒙脱土嵌入混杂材料的研究[J]. *合成树脂和塑料*, 2000, 17(2): 22–24.
- [14] Yeh J M, Lion S J, Lin C Y, et al. Anticorrosively enhanced PM-MA clay nanocomposite materials with quaternary alkylphosphonium salt as an intercalating agent[J]. *Chemistry of Materials*, 2002, 14(1): 154–161.
- [15] Vaia R A, Vasudevan S, Krawiec W, et al. New polymer electrolyte nanocomposites melt intercalation of poly(ethylene oxide) in micatype silicates[J]. *Adv Mater*, 1995, 7(2): 154–156.
- [16] Kawasumi M, Hasegawa N. Preparation and mechanical properties of polypropylene clay hybrids[J]. *Macromolecules*, 1997, 30(20): 6333–6338.
- [17] Wang Zheng, Pinnavaia T J. Hybrid organic/inorganic nanocomposites: Exfoliation of magadiite nanolayers in elastomeric epoxy polymer[J]. *Chem Mater*, 1998, 10(3): 1820–1826.
- [18] 张立群, 王一中, 王益庆. 粘土/丁苯橡胶纳米复合材料的制备和性能[J]. *特种橡胶制品*, 1999, 19(2): 6–9.
- [19] 王胜杰, 李强, 王新宇, 等. 聚苯乙烯/蒙脱土熔融插层复合的研究[J]. *高分子学报*, 1998(2): 2–6.
- [20] 马继盛, 漆宗能, 张树范. 聚氨酯弹性体/蒙脱土纳米复合材料的合成、结构和性能[J]. *高分子学报*, 2001(3): 325–328.
- [21] Tadmor Z, Gogos G. Principles of polymer processing[C]. New York: Interscience Publications, 1979.
- [22] Hee J Y, Han C D. Oscillatory behavior of a gas bubble growing (or Collapsing) in viscoelastic liquids[J]. *AIChE J*, 1982, 28

- (6): 1002 - 1008.
- [23] 李廷盛, 尹其光. 超声化学[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 157.

- [24] Leclair A, Favis B D. The role of interfacial contact in immiscible binary polymer blends and its influence on mechanical properties [J]. Polymer, 1996, 37(21): 4723 - 4728.

LOW DENSITY POLYETHYLENE/NANO-MAGNESIUM HYDROXIDE COMPOSITES PREPARED BY IN-SITU BUBBLE STRETCHING METHOD

Zheng Xiuting, Wu Daming, Meng Qingyun, Wang Kejian, Liu Ying, Wan Li, Ren Dongyuan

(Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

ABSTRACT Low density polyethylene/nano-magnesium hydroxide [LDPE/nano-Mg(OH)₂] composites were prepared by in-situ bubble stretching (ISBS) method and simple shear method. The results showed that the ISBS method led to a high degree of dispersion of Mg(OH)₂ nanoparticles in LDPE matrix. Furthermore, no significant re-aggregation of the nanoparticles was observed. The tensile strengths of nanocomposites prepared by means of ISBS method were higher than those of materials with the same Mg(OH)₂ loading produced by direct blending/extrusion. The tensile strength of the nanocomposites produced by ISBS method reached a maximum value at Mg(OH)₂ content of 15 phr.

KEYWORDS in-situ bubble stretching, low density polyethylene, nano-magnesium hydroxide, composite, dispersion, mechanical property

南通宝城科技高性能环保无毒增塑剂项目获立项

近日南通市宝城增塑剂科技有限公司的“高性能环保型无毒增塑剂 DX-360”项目获得江苏省国际科技合作项目立项。此产品结合我国石化产品的结构选择全新的增塑剂原料, 保证产品的高增塑性能和安全无毒特性, 并兼顾原料的经济性和适用性。此产品的成功研发将为我国高性能无毒增塑剂的发展提供指导性经验, 进行产业化后将以其优良的性能大大地提高我国塑料加工企业使用此产品生产安全无毒塑料制品的积极性, 使我国塑料制品的使用再也没有安全隐患。

(石化信息)

树脂传递模塑工艺应用于轿车风箱制造

意大利 ATR 基团和美国 Hunstmann 先进材料两家公司进行了一项合作研究项目, 已经开发出先进的树脂传递模塑 (RTM) 系统, 该工艺已经被应用于生产法拉利 F430 Challenge 高性能运动轿车的风箱。这种风箱实际上是进风口系统的组成部分, 它的生产是利用了 ATR RTM 工艺及为该项目开发的新型低粘度环氧树脂体系, 也就是 XB 3583/Aradur

3486/LMB 6432。这样的一个气箱重 2.4 kg, 只有传统铝质产品质量的 1/3。

(Specialchem)

扬子石化塑料厂着力开发专用料

2007 年以来, 扬子石化塑料厂在已摸索形成专用料切块模式的基础上, 进一步完善专用料布局, 继续紧贴市场需求, 上半年成功开发了两个新牌号, 确保了企业可持续发展。针对薄膜专用料深受市场欢迎的特点, 该厂在总结 7000F 成功开发经验的基础上, 把今年首个专用料新品开发的主攻方向定在了性能更加优越的薄膜料 7700F 上, 以提高产品与国际知名企业同台竞争的能力。该产品广泛应用于薄膜及重负荷包装袋的应用加工, 具有能减少成型时原料用量的特点, 深受薄膜加工企业的欢迎。该厂还充分利用二套聚丙烯装置在生产高流动性、高抗冲共聚牌号方面的优势, 在已成功开发高档汽车保险杠专用料 K9015 的基础上, 进行汽车保险杠及内饰件系列牌号的开发生产, 进一步扩大汽车专用料的种类, 力争形成汽车专用料系列品牌, 以满足我国不断增长的车用塑料市场的需求。

(扬子快报)

《工程塑料应用》杂志开设“技术转让与合作”、“企业风采”栏目

为作好广大作者、读者单位最新科研成果及新产品、新技术的推广服务, 《工程塑料应用》杂志和“工程塑料网”(www.epa1973.com) 网站已开设“技术转让与合作”栏目, 以方便买卖双方的有效交流与沟通。栏目内容可涉及科研成果及专利技术的转让, 公司新产品、新技术简介等方面。另外, 为了全方位宣传塑料行业精英企事业单位形象, 《工程塑料应用》杂志增设“企业风采”栏目。报道内容主要是企业发展历史、企业文化、企业管理、研发创新能力、新产品发布、攻关项目介绍, 人物专访等。来稿字数控制在 5000 字以内, 可以附带图片。

《工程塑料应用》为中文核心期刊, 是中国工程塑料工业协会会刊, 国内外公开发行, 屡获国家期刊奖, 是中国塑料行业的权威媒体, 知名度高, 发行量大。可确保您发布的信息有足够的浏览量。

欢迎各有关企事业单位踊跃投稿! 投稿时请提供所发布信息的真实性证明, 并加盖单位公章。具体刊登事宜请与编辑部直接联系。

地址: 山东省济南市 108 信箱杂志社 邮编: 250031

电话: 0531 - 85878057 85878278 传真: 0531 - 85947355 85878224 E-mail: epa@epa1973.com