

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.10.025

聚合物熔融机理实验研究现状^{*}

李建立¹, 陈均尉²

(1. 北京石油化工学院机械工程学院, 北京 102617; 2. 浙江医药股份有限公司维生素厂, 浙江绍兴 312071)

摘要: 综述了近几年聚合物熔融机理的实验研究现状, 包括螺杆式挤出机和叶片式挤出机中机械能耗散效应实验研究、熔融进程和熔融现象及其影响因素实验研究、颗粒熔融实验研究和颗粒熔融过程热学分析四个方面。分析了熔融机理实验研究现状的一些特点, 指出了发展方向。

关键词: 聚合物加工; 熔融塑化; 实验研究

中图分类号: TQ320.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)10-0105-05

Experiment Research Status on Polymer's Melting Mechanism

Li Jianli¹, Chen Junwei²

(1. School of Mechanical Engineering, Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing 102617, China;

2. Zhejiang Medicine Co., Ltd. Vitamin Factory, Shaoxing 312071, China)

Abstract: Experiment research status on polymer's melting mechanism was summarized, including experiment research on mechanical energy dissipation effect in screw extruder and vane extruder, experimental study on melting process and phenomena and their influencing factors, experiment research on particles melt and thermal analysis of particles melt process. The new features of melting mechanism experimental study were analyzed, and the development trend was proposed.

Keywords: polymer processing; melting plastify; experimental study

在聚合物加工成型过程中, 熔融消耗的能量占总输入能量的 70%~80%, 该过程进行的快慢直接决定了整个加工过程的进程, 而且熔融过程在很大程度上决定着后续过程的稳定性和产品质量。聚合物加工熔融机理实验研究始于 1959 年, 1966 年 Z. Tadmor 根据之前的静态可视化实验研究成果建立了著名的单螺杆挤出机熔融理论模型^[1]。到 20 世纪 90 年代中期, 单螺杆挤出机的熔融理论得到了丰富和发展, 但双螺杆挤出机熔融机理研究进展较慢^[2]。这一方面是因为熔融过程的研究涉及流变学、传热学、加工工艺、材料科学、机械设计等众多方面, 难度很大; 另一方面, 那个时期的实验技术也相对落后。

近年来, 随着各种参数测试技术的发展, 有关聚合物熔融机理的实验研究已深入到探讨机械能不同耗散效应的量级、跟踪测定单个颗粒的变形过程及其周围流场的对流传热系数、测定单个塑料颗粒中心温度随时间的变化等, 测定聚合物熔融过程热学性质的新方法也在发展之中。笔者从四个方面对近年来国内外有关聚合物熔融机理的实验研究进行综述。

1 关于机械能耗散效应的实验研究

在聚合物加工成型中, 用于熔融塑化的热源有两个: 一是通过机筒的热传导, 二是机械能通过摩擦耗散 (FED)、塑

性耗散 (PED) 及黏性耗散 (VED) 转化而来的热能^[3]。不同类型、不同规格的加工设备以及不同的加工过程, FED, PED 和 VED 三种机械能耗散效应的相对重要性也各不相同, 而清楚地了解这一点对于机器的结构优化、缩短物料在机器中的热机械历程, 从而节能增效是非常必要的。

1.1 螺杆式挤出机中机械能耗散效应的实验研究

C. G. Gogos 等^[4-5]提出 FED, PED 和 VED 三种耗散机理之后, 利用特殊的双螺杆混合/熔融元件评估器 (TSME)、啮合同向双螺杆挤出机 (TSE)、专门设计的冲压装置等实验设备, 深入研究了 PED 的物理本质和量级。实验原料有聚丙烯 (PP) 粒料和粉料、聚苯乙烯 (PS) 颗粒、低密度聚乙烯 (PE-LD) 颗粒以及线性低密度聚乙烯 (PE-LLD) 与 PS 的共混物。在研究 PED 对熔融速率的影响时, 通过在颗粒中加润滑油的方式来减弱 FED 的影响。该系列实验研究表明: 1) 在量级上, PED 远大于 VED, 当固体颗粒发生强制变形时, 即便在部分充满区, PED 效应也占主导地位; 一旦固体颗粒体系被压实, 则密堆积体系的强制变形将为升温 and

^{*} 节能减排技术及设备北京市学术创新团队资助项目 (PHR201107147)

联系人: 李建立, 博士, 主要从事聚合物成型设备和理论研究

收稿日期: 2013-08-02

熔融提供有效、快速且均匀的热源;2)在啮合同向TSE中,随着熔融的进行,FED、PED和VED的相对重要性不断发生改变,在正/反向螺纹元件交汇区,PED是主要熔融机理,在两转子之间的“夹入”压缩区,小颗粒嵌入较大颗粒之间,FED机理发挥作用引起熔融;在捏合段,单个颗粒在多种力的作用下强烈变形,PED机理占主导地位;3)PS颗粒发生一次强制变形所产生的PED热能就足以将其加热到玻璃化转变温度以上,使得PS可在非充满段熔融;而结晶型塑料PP在部分充满捏合区不能熔融,因为PP颗粒发生强制变形时PED生热量有限,而PP的熔点较高、熔融焓较大;4)在TSE中,对于PE-LLD/PS共混物,较软的PE-LLD总比较硬的PS熔融的快,95%的PED耗散能出现在PE-LLD所在区域;当PE-LLD熔融形成连续相之后,PS颗粒和残余PE-LLD固相在熔体传导热和VED机理作用下熔融。

S. C. Garge等^[6]用脉冲技术研究了双螺杆挤出机中的熔融过程。方法是通过加料斗把一股料流加入挤出机中作为脉冲信号,从而在稳态料流中产生分层次流动。实测的驱动电机功率响应表明:在塞流区,FED和PED作为主要的生热机理诱发了熔融过程;在流体流动区,VED和润滑机理在熔融过程中占主导地位。梁畅^[7]研究了同向双螺杆挤出机熔融段常规螺纹元件中固相料团的熔融过程和机理,讨论了影响熔融过程的主要因素。结果表明:熔体流经机筒内表面时产生的热对流和VED生热是两种主要的熔融热源,其中VED生热在熔融所需能量中占10%~30%,且随着螺杆转速的提高而增大,随热流密度的增加而有所下降。

双转子连续混炼机(TRCM)是一种特殊的螺杆式挤出机,主要用于混炼造粒。Ica Manas-Zloczower^[2]综述了国外关于TRCM中熔融混炼过程的实验研究成果,其中与熔融机理研究相关的基本结论为:在混炼段入口,以FED和PED熔融机理为主;随着熔料增多,VED机理迅速发挥作用;PED可显著促进固体颗粒的变形和软化,而固体颗粒的变形和软化可增大颗粒之间以及颗粒与熔膜之间的接触面,从而增加FED效应和熔融速率。

在国内,谢林生等^[8-9]利用自主研发的TRCM,分别采用剖分机筒急冷取样法和在线视窗可视化方法,研究了PP、高密度聚乙烯(PE-HD)等固体颗粒的熔融过程。结果表明,对于双混炼段TRCM来说,在第二混炼段入口物料开始熔融,并在1~2D的轴向距离内迅速完成熔融过程。在整个熔融过程中,没有连续的固体床和熔池出现,物料始终以固液混杂形式共存,本质上是一种耗散混合熔融过程。在固相占优共存区,熔融热源主要有来自机筒的传导热、固体颗粒之间的FED生热、单个固体颗粒的PED生热、熔体在流场作用下的VED生热以及返混熔体直接带来的热能。液相占

优共存区位于第一螺棱交汇点前后,在该区域固体颗粒主要以单个颗粒形式悬浮在熔体中。悬浮于高温熔体的单个颗粒在熔体的传导加热作用下迅速升温,表面熔膜不断增厚并在剪切和剥离等作用下进入液相,熔融速率大大加快。

采用视窗可视化方法对单混炼段TRCM中熔融过程进行的在线实验研究表明:在整个熔融过程中,单个PE-HD颗粒的外形没有明显变化,始终与其原始颗粒外形相近,这表明PED效应很弱,即使在固相占优共存区也是如此。而由于固液共存区几乎遍布整个混炼腔,因此VED效应在整个熔融过程中始终是一个占支配地位的因素^[10]。

由上述分析可见:啮合同向TSE和TRCM中的熔融均为耗散混合熔融,但二者有差别。在啮合同向TSE中,PED和VED生热分别是熔融段前后期的主要热源。在TRCM中,VED效应在整个熔融过程都占支配地位,而PED效应相对较弱。

1.2 叶片式挤出机中机械能耗散效应的实验研究

近几年,瞿金平等^[11]在聚合物振动剪切形变加工成型方法和设备的基础上提出并研究了聚合物体积拉伸形变加工成型方法和技术,设计出了叶片式挤出机。刘树荣^[12]用骤冷停机取样法对叶片式挤出机中的熔融过程进行了研究,物料是PE-HD,转子转速为90 r/min。对实验结果进行总结和分析可知:在定子和叶片的挤压作用下,两叶片所夹腔中的固体颗粒被压实,颗粒之间发生相对滑动产生FED热能,颗粒受到强烈挤压发生塑性变形而产生PED热能,同时定子提供外加热,在这三种热的联合作用下,固体颗粒快速熔融,形成富固体悬浮体系。当富固体悬浮体系形成后,熔体在固体颗粒间隙中起到润滑作用,FED作用降低,PED成为主要的熔融热源,VED也开始起作用。当物料进一步熔融形成富熔体悬浮体系时,熔融机理变为以VED为主导^[3]。

通过对机械能耗散效应的相关实验研究进行总结可以发现:这方面的实验研究一般只能得到定性的结论,这些结论是从能量传递和转换的角度对熔融机理进行宏观层面的阐述。聚合物熔融过程机械能耗散效应实验研究的进一步发展有赖于相关基础研究的发展,这些基础研究包括聚合物固体颗粒及其密堆积体系各种性质的研究、聚合物熔体流变性质及流变学模型研究、实验和测试技术研究等。

2 熔融进程和熔融现象及其影响因素实验研究

为了设计出高效的聚合物加工设备,不仅要研究熔融过程中能量传递和转化的规律,还要研究熔融起始位置和熔融段长度如何确定,研究熔融段的特定区域具有怎样的熔融现象,以及它们与工艺条件之间存在怎样的关系。

K. Xiao等^[13]基于“压力—时间曲线分析法”对单螺杆

挤出机中的熔融过程进行了抽出螺杆可视化实验研究。“压力-时间曲线分析法”指的是:在机筒上沿轴向布置若干压力传感器,通过对各处压力的连续监测得到压力随时间变化的曲线,根据各条曲线的周期性特征和光滑度特征来定性分析挤出机中的压力分布,判断熔融段起始位置和终止位置。所用挤出机的螺杆直径为 63.5 mm,长径比为 24。实验物料有三种,第一种是纯 PE-HD,第二种是 NWP8950(一种木塑复合材料,其中含 50% PE-HD),第三种是二者的混合物。结果表明:1) 分别以纯 PE-HD 和 NWP8950 为原料时,熔融起始位置与转速关系不大,熔融结束位置随转速升高而后移,因此熔融段长度随转速升高而增大;转速相同时 PE-HD 比 NWP8950 熔融得快;2) 根据压力曲线得出的熔融起始位置与实际起始位置相比向机头方向后移了,而根据压力曲线得出的熔融结束位置与实验观察到的比较一致;3) 木粉含量增大时,熔融起始位置和终止位置向机头方向移动。

Wang Dongbiao 等^[14]采用在线超声探测法研究了 LSM30.34 型啮合异向 TSE 中四种聚氯乙烯(PVC)混合物粉末和一种 PE-LLD 颗粒的熔融过程。在实验中超声探针安装位置的螺槽是全充满的。通过该实验获得了塑化剂种类、螺杆构型、加工条件对熔融过程影响的较全面信息。这些信息表明:1) 无论是 PE-LLD 还是 PVC 混合物,螺棱区的熔融速率都远比 C 形区快,因为在螺棱区有热传导和 VED 的联合作用;2) C 形区的熔融总是首先从螺棱推进面开始,接着向拖曳面扩展,且 C 形区的熔融水平和均匀性随原料体系中压力的增大而提高;3) 在 PVC 混合物和 PE-LLD 的挤出熔融实验中,大多数加工条件下,耗散熔融机理占支配地位。若在 PVC 混合物中添加塑化剂,则可观察到熔膜/固体床熔融行为。

A. Altunkaynak 等^[15]采用特殊的螺杆模拟器研究了 PE-LD 和 PE-LLD 两种物料的熔融行为(见图 1)。

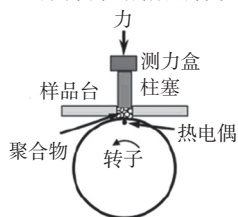


图 1 改进型螺杆模拟器示意图

实验原理如下:将树脂放进一个 5.08 cm × 2.54 cm 的方形样品室中,用恒定的力将样品室中的树脂压向一个恒速旋转的金属圆盘侧面,通过实时测量圆盘恒速转动所需的扭矩可计算聚合物与金属之间的动摩擦系数及剪切应力;同时用一个由线性变化差示变压器和高速数采系统组成的装置实时测量样品室中树脂层的厚度,根据树脂层厚度变化的速率可计算熔融速率。研究表明:1) 聚合物-金属界面的应

力在高温区为黏性剪切力,低温区为摩擦力,高低温区的分界为聚合物的熔点或玻璃化转变温度;2) PE-LLD 和 PE-LD 相比,当转速超过某一个值时,前者要求的熔融段长度较大;若转速较低,则后者要求的熔融段长度较大。

邹嘉佳等^[16]利用转矩流变仪对加工过程中 PVC 颗粒形态的演变和结晶变化进行了研究。通过扫描电镜观测了 PVC 颗粒形态随加工温度、时间及转速变化而出现的变形、粘接以及形成凝胶的演变过程。在低温低转速时,塑化峰处的 PVC 颗粒只有部分熔化与粘合,在出现塑化峰之后一定时间, PVC 颗粒才完全熔化粘合;但高温时 PVC 颗粒会很快融合。差示扫描量热(DSC)结果表明,固定转速改变加工时间, PVC 的凝胶度随时间延长先快速上升然后趋于平衡,且平衡值和加工温度与转速有关。

近几年,关于熔融进程和熔融现象及其影响因素的实验方法研究有一些新的特点,体现在更多采用先进测试手段对加工过程的多种参数进行在线测试,通过分析被测参数的变化趋势和特征来判断熔融进程,对可视化技术的依赖程度有所降低。另一方面,这类实验研究还往往和聚合物加工在线检测与控制技术研究、过程优化研究、能量平衡研究同时进行,单纯的熔融机理研究有所减少。

3 颗粒熔融实验研究

聚合物熔融过程是大量固体颗粒熔融的宏观表现。一些研究者从微观层面,用不同实验装置研究了单个聚合物颗粒在剪切流场中的熔融机理。

Chen Hongbing 等^[17]通过测定位于以 PE 熔体为介质的剪切流场中单个圆柱形聚醚酰亚胺(PEI)颗粒中心的温度-时间曲线,推算颗粒熔融时表面的平均对流换热系数,并与数值模拟结果进行了对比。所用实验装置如图 2 所示。

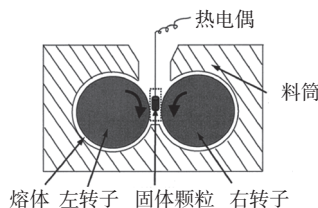


图 2 单个 PEI 粒子在 PE 熔体中熔融时的实验装置示意图

结果表明:若假定 PEI 颗粒周围的对流换热环境均匀一致,根据实测的颗粒中心温度-时间曲线,可得 PEI 颗粒熔融时表面对流换热系数为 370 W/(m²·K);通过二维数值模拟计算出的圆形和方形 PEI 颗粒在 PE 熔体剪切流场中熔融时表面对流换热系数分别为 1160 和 420 W/(m²·K),而由三维模拟计算得到的对流换热系数则为 250 W/(m²·K)。实验与模拟结果的差异表明“假定圆柱形颗粒周围的对流换热环境均匀一致”是不合适的。

Lin Bin 等^[18-19]利用透明 Couette 实验装置(见图 3)研

究了聚碳酸酯(PC)、PS颗粒在充满PE熔体的剪切流场中的熔融行为。分散相与连续相黏度比在2~60之间。实验原理是:用PE颗粒充满内外圆筒之间的环形间隙,并加热使其熔融;以不同速度按照图3中所示方向转动内外圆筒,在环形间隙中形成简单剪切流场;将几颗PC或PS颗粒预热到一定温度后放在剪切流场的中间位置;固定剪切速率,逐步提高温度进行一系列实验,再固定温度逐步增大剪切速率进行一系列实验,用高分辨率数字摄像机记录分散相颗粒的软化、变形、破裂过程;用图像处理软件分析实验结果,通过理论分析得出结论。结果表明:在PE熔体的磨蚀作用下,PC颗粒表面产生的细丝、极小的碎片和液滴不断进入PE熔体,该种变形-破裂机理可持续到颗粒体积缩小到原始颗粒的10%;还有一种熔融机理是从原始颗粒表面脱落的小液滴在流场作用下沿着垂直于速度的方向发生拉伸变形直至破裂;即便当分散相与连续相黏度比大于3.5,PC颗粒在PE的简单剪切流场中也会沿着流动方向伸长,变成薄片状,进而破裂成小液滴。

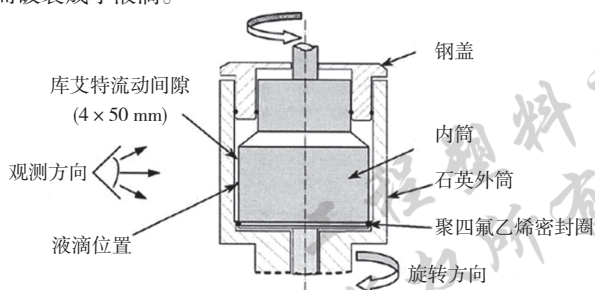


图3 透明 Couette 实验装置示意图

Chen Hongbing 等^[20]利用带有可滑移玻璃视窗的啮合同向TSE(螺杆直径40 mm)研究了PE与PC混合物(质量比90/10)的熔融过程,认为“软化-侵蚀-剥离熔融机理”可能是聚合物颗粒发生变形、破裂直到完全熔融的主要机理,并以图片形式提供了PC颗粒在PE熔体中“软化-侵蚀-剥离”熔融机理的实验证据。高速相机拍摄结果证实,PC颗粒在啮合同向TSE熔融段的复杂流场中逐渐熔融的同时伴随着沿多个方向的自旋转运动。

笔者认为,从单个颗粒形态演变的角度来研究熔融过程更具微观色彩,可以揭示熔融的细微特征,促进熔融机理研究向定量描述方向发展。今后有必要沿着颗粒熔融研究的方向,加强微观层面熔融机理的实验研究,以便与宏观层面的实验研究相互促进。

4 颗粒熔融过程的热学分析

聚合物的热学性质是决定熔融速率、熔融过程能耗的内在因素。DSC技术是进行聚合物热学分析的常用手段,但该技术难以用于样品高压热力学过程测试,也难以用于在线表征^[21-22]。超声检测已应用于聚合物取向结构、松弛行为以

及共混体系相容性的评价中。近几年,超声扫描热分析技术(USC)成为一个新的研究热点。

郭冰等^[23]用超声波和自制的PVT同步检测装置研究了PP和PE的熔融行为。结果表明:PE-HD熔融时的超声波曲线与DSC曲线有一定相似性,可反映熔融过程。不同压力下超声曲线相似。随压力升高,熔融起始温度、峰值温度和结束温度都向高温几乎呈线性偏移。粒料和密实本体料的密度随温度变化的规律不同,超声振幅和衰减曲线能体现出这种差异。赵洋等^[24]采用超声波和PVT同步检测装置,表征了PE-HD的超声波传递特性和比容积。实验表明,检测超声波信号的衰减系数和声速能够连续分析PE-HD的熔融过程、熔点和固熔两态PVT,从而可为分析压力对材料热学性能的影响提供新方法。

5 结语

近十余年来聚合物熔融机理实验研究表现出一些新特点。从研究思路上讲,研究者更加关注能量耗散效应研究、固体颗粒熔融研究、新的熔融过程监测方法研究以及热物性的准确测定等问题。从实验方法上讲,研究者倾向于开发用于研究本质性问题的专用实验装置,有些实验装置不具有完整的聚合物加工设备外形和完整的聚合物加工功能,但能更好地模拟典型加工设备特定功能段的现象,能记录更丰富的工艺参数、物料运动及相态变化参数。近期的实验成果加深了人们对聚合物熔融机理的认识,提供了新的研究方法,揭示了新的实验规律。

需要指出的是,由于聚合物加工设备品种和规格繁多、结构复杂,聚合物自身的热物性与加工工艺之间又存在着高度相关性,使得关于熔融机理的各种实验研究都只能是“个案”,从有限的“个案”还难以获得令人满意的聚合物熔融物理模型,当然单螺杆挤出过程除外。将来聚合物熔融机理的实验研究应当更加注重系统性,系统研究聚合物在不同状态和相态时的各种性质,从宏观和微观两个层面系统研究几种典型加工设备中的熔融过程。

参考文献

- [1] Tadmor Z, et al. Principles of polymer processing[M]. 2nd ed. Wiley-Interscience, 2006.
- [2] Ica Manas Zloczower. Mixing and compounding of polymers: Theory and practice[M]. 2nd ed. Hanser Gardner Publications, 2009.
- [3] 瞿金平,等. 华南理工大学学报(自然科学版), 2012, 40(10): 32-42.
Qu Jinping, et al. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2012, 40(10): 32-42.
- [4] Gogos C G, et al. Advances in Polymer Technology, 2002, 21(4): 287-298.
- [5] Qian Bainian, et al. Advances in Polymer Technology, 2003,

- 22(2):85-95.
- [6] Garge S C, et al. Polymer Engineering and Science, 2007, 47 (7):1 040-1 051.
- [7] 梁畅. 同向双螺杆挤出机熔融段熔融传热过程研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2012.
- Liang Chang. Study on melting and heat transfer in melting zone of co-rotating twin screw extruders[D]. Beijing:Beijing University of Chemical Technology, 2012.
- [8] 谢林生. 双转子连续混炼机的分散与分布混合的表征及其强化 [D]. 上海: 华东理工大学, 2008.
- Xie Linsheng. Study on the evaluation and intensification of dispersive mixing and distributive mixing capability of two-rotor continuous mixer[D]. Shanghai:East China University of Science and Technology, 2008.
- [9] 张霞. 双转子连续混炼机混炼段熔融过程和混炼性能的研究 [D]. 上海: 华东理工大学, 2010.
- Zhang Xia. Study on melting process and mixing performance in mixing section of two-rotor continuous mixer[D]. Shanghai:East China University of Science and Technology, 2010.
- [10] 李建立. 双转子连续混炼机能耗模型与熔融机理研究 [D]. 上海: 华东理工大学, 2011.
- Li Jianli. Study on energy consumption model and melting mechanism of two-rotor continuous mixer[D]. Shanghai:East China University of Science and Technology, 2011.
- [11] 瞿金平. 基于拉伸流变的高分子材料塑化输运方法及设备: 中国, 200810026054[P]. 2008-07-16.
- Qu Jinping. Polymer material plasticized transport methods and equipment based on extensional rheology: China:200810026054[P]. 2008-07-16.
- [12] 刘树荣. 叶片塑化输运中物料由固熔体系向粘流态转变的模型化研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- Liu Shurong. The model study of polymer transforming from solid-melt system to viscous state in vane plastication conveying[D]. Guangzhou:South China University of Technology, 2012.
- [13] Xiao K, et al. Advances in Polymer Technology, 2010, 29(3):197-218.
- [14] Wang Dongbiao, et al. Polymer Engineering & Science, 2005, 45(7):998-1010.
- [15] Altinkaynak A, et al. Polymer Engineering & Science, 2009, 49(3):471-477.
- [16] 邹嘉佳, 等. 高分子材料科学与工程, 2010, 26(11):107-110.
- Zou Jiajia, et al. Polymer Materials Science and Engineering, 2010, 26(11):107-110.
- [17] Chen Hongbing, et al. AIChE Journal, 2003, 49(6):1 372-1 382.
- [18] Lin Bin, et al. Polymer Engineering & Science, 2003, 43(4):891-904.
- [19] Lin Bin, et al. Macromolecular Rapid Communications, 2003, 24(13):783-788.
- [20] Chen Hongbing, et al. AIChE Journal, 2006, 52(3):1 267-1 270.
- [21] Michael H. Macromol Symp, 2004, 214:361-379.
- [22] Sachdev V K, et al. J Polym Sci Part B:Polym Phys, 2005, 43:1 618-1 623.
- [23] 郭冰, 等. 高分子材料科学与工程, 2012, 28(11):117-120.
- Guo Bing, et al. Polymer Materials Science and Engineering, 2012, 28(11):117-120.
- [24] 赵洋, 等. 高分子材料科学与工程, 2012, 28(11):121-124.
- Zhao Yang, et al. Polymer Materials Science and Engineering, 2012, 28(11):121-124.

《工程塑料应用》杂志开设“技术转让与合作”、“企业风采”栏目

为做好广大作者、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 5 000 字以内,可以附带图片。

《工程塑料应用》为中文核心期刊,是中国合成树脂供销协会会刊,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!

投稿时请加盖单位公章。具体刊登事宜请与编辑部直接联系。

地址: 济南市天桥区田庄东路 3 号 邮编: 250031

联系电话: 0531-85878223 85878057