

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.05.026

2014 年我国工程塑料加工技术进展

谈桂春,赵志鸿,吕召胜,栾维涛

(《工程塑料应用》杂志社,济南 250031)

摘要:根据2014年国内公开发表有关工程塑料加工技术的文献,从成型加工工艺与技术、设备、模具设计及二次加工等方面综述了我国工程塑料加工技术的进展。

关键词:工程塑料;加工技术;注塑;挤出;设备;模具;模拟

中图分类号: TQ322

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2015)05-0126-010

Advance in Processing Technology of Engineering Plastics of China in 2014

Tan Guichun, Zhao Zhihong, Lyu Zhaosheng, Luan Weitao

(The Magazine House of EPA, Jinan 250031, China)

Abstract : On the basis of domestic literatures in China in 2014, the advance in processing technology of engineering plastics in the respects of processing technology, processing equipment, mould design and finishing is summarized.

Keywords : engineering plastic ; processing technology ; injection, extrusion ; machinery ; mould ; simulation

2014年我国在工程塑料成型加工工艺与技术研究、成型加工设备与模具设计、二次加工等方面得到进一步发展。其中,基于CAE等的模拟技术更加成熟,而在新工艺理论、新设备研究等方面的研究也获得了较大的发展。笔者现根据2014年国内主要期刊发表的有关工程塑料加工技术的文献加以汇总,以飨读者。

1 成型加工工艺及技术研究

1.1 塑料材料加工技术研究

PS及其共混、复合体系超临界CO₂发泡行为研究 南京理工大学^[1]以聚苯乙烯(PS)、PS/聚乙烯(PE)共混体系和PS/纳米CaCO₃(nano-CaCO₃)复合体系为研究对象,以超临界CO₂为发泡剂,选择典型工艺条件开展了发泡实验,采用扫描电子显微镜(SEM)观察泡孔结构,比较分析了不同工艺条件下的发泡行为。研究结果表明,PS具有较好的成孔性能,在发泡压力为22 MPa、发泡温度为80℃和饱和时间为2 h时,可制得泡孔孔径为(11.19±2.12)μm、泡孔密度为5.31×10⁷个/cm³、发泡倍率2.64的微孔发泡材料。与PS相比,在相同工艺条件下,当添加PE的质量分数为10%时,PS/PE共混体系的泡孔孔径显著减小,泡孔密度有所提高;添加质量分数为5%经硅烷偶联剂表面改性的nano-CaCO₃,可促进PS/nano-CaCO₃复合体系的泡孔成核,改善其泡孔形态,增加泡孔密度,减小泡孔孔径。

微注射成型iPP 郑州大学^[2]选用等规聚丙烯(iPP)为实验材料,基于正交实验设计方法进行微注射成型实验,研究工艺参数对不同厚度试样拉伸性能的影响规律。结果表

明,微注塑实验的拉伸弹性模量和拉伸屈服应力都随着试样尺寸的减小而增大,且不同试样尺寸下,各工艺参数对拉伸弹性模量和拉伸屈服应力的影响规律和重要性也不同。

挤出加工工艺对PC/ABS合金力学性能的影响 中煤科工集团重庆研究院有限公司等^[3]采用熔融共混法制备了聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)合金,研究了螺杆组合、螺杆转速、挤出温度等对PC/ABS合金材料力学性能的影响。结果表明,在螺杆均化段中减少输送元件,适量增加剪切元件,可起到促进物料均化,减少ABS分散相尺寸的作用,从而提高了合金材料的力学性能,尤其大幅提高了断裂伸长率和缺口冲击强度;螺杆转速对合金材料的力学性能几乎没有影响;挤出温度设定过低或过高均会降低合金材料的力学性能。

基于拟合黏度模型的木塑材料注射成型分析 河南工程学院等^[4]利用最小二乘法和遗传算法,结合实验数据,成功拟合了聚丙烯(PP)基木塑材料的Cross-WLF黏度模型参数,并加载到Moldflow软件中,对木塑材料的流动性进行了分析。发现不能单纯依靠提高注塑压力提高木塑材料的流动性,只有当注塑压力较低时,效果才明显,分析结果与实验结论有较好的一致性。

填充型导电复合材料注塑工艺对导电性的影响 北京化工大学等^[5]以镀镍碳纤维(NiCF)和镀镍石墨粉为导电填料,制备一种PC/ABS填充型导电复合材料,分析了注塑工

联系人:谈桂春

收稿日期:2014-04-15

艺参数对复合材料导电性能的影响。结果表明,螺杆转速和注塑压力过高或过低时,复合材料的导电性都较差。当保压压力小于 64 MPa 时,复合材料的导电性能随保压压力的升高而提高;当保压压力超过 64 MPa 时,其对材料的导电性几乎没有影响。

超声场对 PE-HD/CaSO₄ 复合材料混炼过程和性能的影响 华东理工大学^[6]在双转子连续混炼过程中引入超声场作用,利用自行设计的超声混炼加工一体化设备制备了高密度聚乙烯(PE-HD)/硫酸钙(CaSO₄)复合材料。研究了超声功率对复合材料晶体结构、流变性能、分散相的分散程度以及力学性能的影响。研究发现,在超声功率为 0~180 W 的范围内,结晶度随超声功率的增加而增大,当超声功率为 270 W 时,结晶度有降低;超声作用有效地改善了 CaSO₄ 颗粒的团聚现象,使其在 PE-HD 基体中分布更加均匀,提高了 PE-HD/CaSO₄ 复合材料的力学性能,当超声功率为 180 W 时,其综合力学性能最优;超声作用有效地降低了复合材料的黏度,当超声功率为 90 W 时,其黏度下降程度最大,超声场有效改善了其加工性能。

PVC 搪塑粉塑化成型与温度的相关性 山东大学等^[7]采用 HAAKE 流变仪和熔体流动速率(MFR)测定仪,研究了在不同温度下 2 种聚氯乙烯(PVC)搪塑粉 MT1 和 MT2 的塑化性能和 MFR。结果发现,搪塑粉塑化时最大扭矩和塑化时间与温度呈明显的相关性,在 180℃ 以下,温度越高,搪塑粉塑化扭矩越小,塑化时间越短;在相同温度下,MT2 搪塑粉比 MT1 搪塑粉具有更高的塑化效率和更优异的熔融性能。通过自制的搪塑机和模具制造了 2 种搪塑表皮,其搪塑成型性能与上述的实验结果能够很好地吻合。

入口速度振动对单管挤出口模熔体流动的影响 中南大学^[8]研究了塑料挤出过程中入口速度振动对挤出口模内熔体流变性能的影响规律。基于计算流体力学理论,利用 Flotran 软件对单管口模成型段熔体流动过程进行数值模拟,分析了振动力场作用下与稳态加工成型中口模成型段熔体压力场、速度场及温度场的分布情况。研究表明,沿熔体流动方向上叠加一个正弦振动的入口速度时,挤出压力、温度是周期性变化的;振动速度的引入可以提高挤出速度、降低挤出压力、加剧黏性生热,同时也能提高口模体积流率,而且随着振动幅值的增大,效果越来越明显。

螺杆组合对 PC/PLA 合金材料的影响 华南理工大学^[9]研究了不同螺杆组合对相同 PC/聚乳酸(PLA)共混体系性能的影响。结果表明,强剪切能力的螺杆组合可以提高 PLA 在 PC 中分散性和合金材料的力学性能,并且能提高其加工性能,使其可以部分替代 PC/ABS 材料的使用。

气辅技术在微孔塑料连续挤出中的应用研究 南昌大

学^[10]通过对毛细管口模的传统挤出和气辅挤出两种挤出进行模拟,对两种挤出中的压力场和剪切速率进行分析比较,研究气辅技术在微孔塑料连续挤出中对压力降速率的影响,从气泡成核和气泡核长大方面分析气辅技术在微孔塑料连续挤出中的应用价值。研究发现,口模内熔体的压力降取决于无滑移段长度,无滑移段和气辅段均对压力降速率无影响;气辅段熔体没有气泡核生成,气辅段气泡核只进行长大,气体的快速流动可以加快熔体冷却,有利于控制气泡的长大,而且气辅技术可以减小挤出胀大,气辅技术在微孔塑料连续挤出中有一定的应用价值。

壁面滑移条件下 PE-UHMW 单螺杆挤出过程有限元模拟 山东科技大学^[11]在壁面滑移条件下建立了超高分子量聚乙烯(PE-UHMW)单螺杆挤出过程有限元模型,模拟了不同滑移系数对挤出成型过程的影响。由 Navier 线性滑移定律建立了螺杆壁面熔体所受剪切应力与熔体滑移速度之间的关系,基于 Polyflow 软件,采用不同滑移系数对单螺杆计量段内 PE-UHMW 熔体的三维等温流动开展了有限元模拟,获得了熔体的速度、压力的分布规律。结果表明,滑移系数增大,沿着螺槽方向的速度和垂直于螺槽方向的速度明显增大,螺杆的均化质量和挤出产量明显提高;但熔体在螺槽间的压力降增大,易导致挤出过程不稳定。

1.2 塑料制品成型工艺研究

微孔注塑制品的数值模拟分析与多目标参数优化 华南理工大学等^[12]采用 UG 软件构建微孔注塑制品的物理模型,利用 Autodesk Moldflow Synergy 2012 的填充分析和成型窗口确定最佳的浇口位置和推荐的工艺参数。利用 Moldflow 的微发泡注塑模块进行填充保压翘曲分析,分析模具温度、熔体温度、注射量、流动速率对泡孔形态和制品翘曲量的影响。结果表明,当采用模具温度为 80℃、熔体温度为 280℃、注射量为 95% 和流动速率为 65 mL/s 进行微孔注塑时,可以得到泡孔小而均匀及翘曲量小的制品。

注射成型工艺对显示器结构件力学性能的影响 兰州理工大学^[13]以某显示器结构件为研究对象,注塑件在工作状态下的 Mises 应力值为评价指标,结合注射成型数值仿真和结构分析数值仿真,采用正交设计、极差和方差分析方法,获得了最佳工艺参数组合。进行了单因素变动实验,研究了单工艺参数对注塑件力学性能的影响。结果表明,随熔体温度的升高、模具温度的降低、保压压力降低和保压时间的减少,该结构件在工作状态的 Mises 应力会增大。

PE-UHMW 板材模压成型 北京市塑料研究所^[14]通过模压成型制备了 PE-UHMW 板材,研究了不同 PE-UHMW 分子量、模具加热方式对板材性能以及产量的影响。结果显示,分子量越大,断裂伸长率越低,拉伸强度越大,硬

度越大,当 UHMW-PE 的分子量为 4×10^6 时,板材的硬度最大,砂浆损耗率和磨损量最小;当模具采用油加热成型板材时,UHMW-PE 板材的力学性能、硬度以及摩擦性能优于国外样品;相对于炉内加热方式,电加热成型大体积板材时,不仅节约了能量,而且产量都能提高约 40%。

滚塑制品表面气孔的影响因素研究 浙江瑞堂塑料科技有限公司^[15]利用双螺杆挤出机和磨粉机将线型低密度聚乙烯(PE-LLD)加工成滚塑用粉体,然后采用模拟滚塑加工的方式,研究了粉体粒径、加工温度和时间对滚塑制品表面气孔数量的影响,并进行了正交实验分析。结果表明,粉体粒径越小,越容易通过提高加工温度来消除表面气孔,但粒径较小的粉体不利于滚塑成型;粉体粒径越小,加工时间对表面气孔数量的影响越大,延长加工时间可在一定程度上减少表面气孔数量,但效果不明显;加工温度对表面气孔数量的影响最为显著,提高加工温度可完全消除表面气孔,是首选的消除滚塑制品表面气孔的方法。

空调转接头的注塑工艺参数优化 湖北工业大学等^[16]以空调转接头塑料制品为例,结合正交实验,以翘曲量为评价指标,研究模具温度、熔体温度、保压压力、保压时间等注塑工艺参数对制品翘曲变形的影响,运用极差法对正交实验结果进行分析,得到各工艺参数对翘曲变形影响的主次程度,最终获得最优工艺参数组合,即模具温度 60℃,熔体温度 240℃,保压压力 35 MPa,保压时间 15 s,在此工艺组合下的翘曲量为 0.092 1 mm。

ITER 校正场线圈试验件 VARTM 工艺模拟 中国科学院等离子体物理研究所等^[17]对国际热核实验反应堆(ITER)校正场线圈试验件的真空辅助树脂传递模塑(VARTM)工艺进行了模拟,分析了注射口位置、数量对充模过程的影响。结果表明,最优的注射位置在两匝导体之间;随注射口数量增加,充模时间近似呈指数衰减。对试验件实际浇注过程进行了模拟,通过流动前沿确定了溢料口位置。根据模拟的注射口和溢料口位置设计模具,进行浇注试验。计算充模时间 6 290 s 与实际时间 6 600 s 接近,试验件固化后无干斑缺陷。

基于高斯过程的稳健工艺优化在注射成型过程中的应用 广西大学等^[18]提出一种注射成型的稳健工艺优化方法,在高斯建模的同时采用自适应典型相关分析方法把工艺参数分类为主要参数和次要参数,再针对主要参数建立稳健优化模型;分别对目标函数和约束条件加入波动量,同时优化均值和方差 2 个目标得到稳健的工艺参数组合,减少了噪声因素的影响。实际验证结果表明,该稳健工艺优化方法能够有效地提高产品合格率。

顺序共注射成型工艺参数对 iPP 制品柱晶生成的影响 郑州大学等^[19]采用偏光显微镜观察共注射成型制备的等

iPP 夹芯制品不同位置处的微观形貌,特别是不同成型工艺条件下复杂温度场和剪切场形成的柱状晶体结构。研究了芯层注射速度、芯层注射温度和延迟时间对迟滞线位置处和芯层熔体流动前沿处柱晶生成数量的影响。结果表明,芯层注射温度为 190℃和延迟时间为 5 s 有利于柱晶的生成,芯层注射速度为 20 mm/s 时,迟滞线位置处柱晶的数量最多,而芯层熔体流动前沿位置处柱晶数量最少。

基因检测仪侧盖注塑工艺优化 江苏大学^[20]以基因检测仪侧盖注射成型工艺为研究对象,应用 Moldflow 软件分析,采用正交试验法确定影响塑件装配精度的关键因素为熔体温度和保压压力。综合考虑塑件翘曲变形和体积收缩率,建立二阶响应面模型,获得了优化的注塑工艺参数,通过模拟试验验证了模型的准确性。将最优工艺参数应用到实际生产中,获得了符合设计要求的合格产品。

L 型异型材气辅共挤出胀大的三维等温数值模拟 南昌大学等^[21]应用有限元分析方法,采用 Giesekus 本构方程,对 L 型双层共挤模型进行了三维粘弹等温共挤出数值模拟,分析了 2 种不同进料方案下传统共挤和气辅共挤口模出口面的速度场、剪切速率场以及挤出胀大和变形情况。研究表明,异型材传统共挤的挤出胀大和变形受进料方案的影响,而气辅共挤则不受其影响。异型材传统共挤在口模出口面速度的非均匀分布是导致挤出胀大和变形的主要原因;气辅共挤口模出口面速度分布均匀,无胀大和变形,说明气辅共挤能消除异型材传统共挤中的挤出胀大和变形。

工艺参数对注塑制品包紧力的影响及脱模力测量 大连理工大学^[22]以简单矩形盒状制品为对象,设计制造了单型腔直浇口模具,并对 PE-HD、PP 及 ABS 材料进行了不同工艺参数作用下的单因素成型实验及制品脱模力的测量,研究了工艺参数变化对制品包紧力产生的作用机理及对脱模力的影响关系。结果表明,制品凝固时其内部分子的结晶、收缩及不平衡应力等,是影响制品包紧力大小的主要因素。而提高脱模温度,会使制品对型芯的包紧力明显减小,脱模力随之减小。

界面传热对薄壁注塑成型质量的影响 中南大学^[23]利用数值模拟方法,研究了熔体与模具间界面传热对注塑成型制件质量的影响情况。研究结果表明,薄壁制件的翘曲量会随着传热强度的增大而增加,且其影响程度因聚合物材料而异;另外,随着薄壁制件厚度的减小,熔体与模具间界面传热强度对薄壁制件翘曲量的影响变得越显著;采用低导热模芯或采用隔热涂层的方式降低熔体与模具间的传热强度,可以改善薄壁注塑成型翘曲现象。

多层聚合物包装容器吹塑过程的数值研究 北京理工大学^[24]用 Polyflow 软件数值模拟了多层包装容器的吹塑成

型过程。研究表明,多层包装容器高曲率位置的各物料层壁厚值较小,制品熔接痕末端有物料堆积,各物料层壁厚值较大。不同物料层的壁厚分布规律基本一致。

基于 Moldflow 的汽车扰流板模流分析及翘曲优化 上海理工大学^[25]运用 Moldflow 软件对汽车扰流板注射成型过程进行模流分析,得到其填充、冷却、翘曲分析结果,分析得出影响翘曲量的最主要因素是体积收缩。通过正交试验设计分析各工艺参数对翘曲量的影响规律。结果表明,熔体温度为 220℃,模具温度为 40℃,注射时间为 6 s,保压压力为 85 MPa,保压时间为 27 s 时,翘曲量最小。

短碳纤维增强复合材料注塑成型工艺的研究 华中科技大学等^[26]以 14 英寸笔记本电脑外壳(A 壳)为例,通过数值模拟、模具设计、注塑成型、表面处理等方法相结合研究开发了 PC/丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯共聚物(ASA)基短碳纤维增强复合材料的注塑成型工艺。通过对短碳纤维分别为 10% 和 20% 的 PC/ASA 材料笔记本电脑外壳与普通 PC/ABS 基材的笔记本电脑外壳进行产品厚度尺寸及拉伸强度、弯曲强度等力学性能的比较发现,在同等强度条件下,前者比后者的产品厚度可减少 35% 以上,质量可减轻 30% 以上。

气辅成型中成型工艺对制品翘曲的影响 华东交通大学^[27]对气辅成型制品翘曲缺陷采用正交实验方法和数值模拟方法进行了研究。研究了气体注射延迟时间与气体注射压力及两者交互作用对制品翘曲缺陷的影响。结果表明,对制品翘曲影响最为严重的是气体注射时间与气体注射压力的交互作用。较长的延时可以减轻制品翘曲的程度,但气体无法穿透或穿透不足等问题也是延时过长会造成的,因此选择合适的气体注射时间与气体注射压力以及气体延时组合非常重要。

熔体挤出速度对共挤吹塑型坯离模膨胀影响的数值模拟 南昌大学^[28]基于三维非等温黏弹性熔体多相分层流动有限元数值模拟技术,模拟研究了熔体挤出速度对多层共挤吹塑成型型坯离模膨胀和初始温度场的影响规律。结果表明,多层共挤吹塑成型型坯离模膨胀是由熔体的二次流动诱发而产生,与熔体流出机头进入自由膨胀段的二次流动强度成正比,而其二次流动强度随着熔体挤出速度的增大而增强,因而导致型坯离模膨胀随着熔体挤出速度的增加而增大;多层共挤吹塑成型熔体的二次流动强度与其第二法向应力差成正比关联关系,这与 Debbaut 的试验研究结论完全吻合,表明二次流动是由第二法向应力差驱动而产生。

注塑工艺参数对 PC 车灯面罩翘曲变形的影响 桂林电子科技大学^[29]采用正交实验方法,利用 Moldflow 软件对汽车的车灯面罩进行注塑模拟,系统分析了注塑中熔体

温度、模具温度、注射时间、保压压力和保压时间等工艺参数对 PC 车灯面罩翘曲变形的影响规律和机理,并确定了车灯面罩的最佳工艺参数值。将所确定的最佳工艺参数导入 Moldflow 软件进行分析,发现车灯面罩的翘曲变形量明显下降。

旋塑汽车后备箱盖设计 北京化工大学等^[30]对塑料后备箱盖的旋塑成型工艺进行了优化分析设计,其中包括内部金属嵌件形式方面的优化和嵌件使用应力的计算。结果表明,通过旋塑工艺成型的后备箱盖可以在保证后备箱盖功能、满足人机工程学功能的基础上减轻后备箱盖的质量 87%,实现了汽车的轻量化设计。

变模温控制技术改善注塑制品熔接痕的研究 河源职业技术学院^[31]借助 CAE 数值模拟仿真平台对翻盖手机外壳注塑成型过程进行动态模拟,对传统注射工艺和变模温注射工艺产生的熔接痕进行了比较。结果表明,相比传统的恒定模温控制,变模温控制技术对塑件熔接痕的改善效果更加明显,提高了熔接强度,优化了熔接痕,在不影响生产效率的基础上,达到了提升制品质量的目的。

高光注塑成型工艺对 ABS 塑件表面硬度的影响 四川职业技术学院等^[32]基于高光注塑成型工艺实验平台,进行了 ABS 注塑成型工艺实验,分析了工艺参数对塑件表面硬度的影响。结果表明,模具温度对 ABS 塑件的表面硬度影响最为显著。在一定温度范围内,随着模具温度的升高,ABS 塑件的表面硬度不断增大,而当模具温度超过 110℃ 时,ABS 塑件的表面硬度则开始快速降低。

2 设备及其改进

三螺杆挤出机啮合块混合特性的数值模拟 海天塑机集团有限公司等^[33]利用流场分析软件 Polyflow 对啮合块在不同参数下的等温稳态流场进行数值模拟。同时引入加权平均剪切应力、拉伸速率和回流系数等评价指标以表征倒三角形三螺杆挤出机的混合性能。结果表明,啮合块具有优异的分布和分散混合性能。啮合盘厚度增加导致流场中拉伸作用增强。增大错列角会使正向啮合块的剪切降低,拉伸增强,反向啮合块的趋势则与之相反。

串联式磨盘挤出机扇形磨盘结构优化 北京化工大学^[34]综合考虑影响串联式磨盘挤出机扇形磨盘混炼性能的诸多几何参数,采用有限元数值模拟方法,以平均粒径尺寸作为评价指标,研究扇形磨盘几何参数对其影响程度。通过数值模拟和正交试验相结合的方法,选用对平均粒径尺寸影响程度较大的 6 个扇形磨盘几何参数作为试验因素,将产量、比能耗、平均粒径尺寸、平均停留时间和平均拉伸对数作为量化指标,得出扇形磨盘最优几何参数组合。

单螺杆挤出机内混沌混合数值模拟 广东轻工职业技

术学院等^[35]提出了在单螺杆挤出机内插入与螺槽等高的间断副螺棱来强化混合的结构。建立了不同副螺棱周期长度及扰动强度的物理模型数学模型,借助 Fluent 软件求解得到速度场。基于具有 4 阶精度的 Runge-Kutta 数值积分方法开发了流体前锋追踪代码,并对混合过程动力学进行了数值模拟表征。采用 Poincaré 截面分析、界面演化及停留时间分布等探讨了混合过程动力学细节,揭示混沌混合作用的尺度。结果表明,螺槽中上部存在左右 2 个 KAM 岛,其余区域为混沌混合区域。副螺棱周期长度越小,扰动强化越大,混合的效果越好。

大型风循环式搪塑机的自主研发 长春富维-江森自控汽车饰件系统有限公司等^[36]自主研发了一种大型风循环式搪塑机,其特点是对模具加热和冷却均采用风循环的方式。在转料装置中采用一个大孔进、多个小孔出的旋转气动接头以有效改善气缸的敲击力,在塑化炉中采用 4 风道 72 风管以实现模具充分均匀加热,在冷却室中冷凝器的下方设计冷凝水收集装置以避免在背离模具的搪塑表皮 B 表面上形成薄膜型气泡缺陷。该设备可完成 10 套模具的共线生产,生产节拍为 90 s/张,满足了中高档汽车仪表板的生产质量要求。

振动场作用下双波螺杆混炼性能数值模拟 震德塑料机械有限公司^[37]借助于三维数值模拟思想,对双波螺杆混炼段构建物理简化模型,并应用聚合物流动分析软件 POLYFLOW 及粒子示踪法对比研究该混炼段在稳态与动态条件下的混炼性能。结果表明,双波螺杆螺槽的特殊结构导致熔体粒子各流场参数波动周期性变化;引入振动场可使熔体粒子受到的压力和作用力降低,并可使流场获得稳定的黏度;存在最佳振动强度,使得波状螺槽内熔体粒子受到剪切作用达到最大值及粒子受力实现稳定降低。

一种新型电驱式 EPS 成型机合模装置的设计 浙江机电职业技术学院等^[38]针对电驱式 EPS 成型机在移模、锁模过程中存在能耗大等缺陷,提出了一种新型的合模装置。该合模装置基于双驱动电动缸加载同步控制技术完成移模动作、借助气液增压缸结合开合螺母机构实现锁模动作,使合模装置在控制精度、节能效果、可靠性等方面均有了提升。

间断副螺棱强化单螺杆挤出过程混合性能模拟 五邑大学等^[39]建立了带有间断副螺棱的新型单螺杆计量段螺槽展开物理模型及数学模型。借助流体动力学软件 Ployflow,采用网格叠加技术,对熔体在新型单螺杆及普通单螺杆挤出机计量段展开螺槽内的流动情况分别进行了数值模拟。运用粒子示踪技术及统计学方法以停留时间分布、分离尺度及累计混合指数为指标来表征螺杆的混合性能。结果表明,相比于普通单螺杆,新型单螺杆不仅可以减小熔体物料分离尺

度,提高混合指数,还可以加宽停留时间分布概率密度曲线,获得更好的混合分散效果。

左右旋螺筒结构对单螺杆挤出机性能的影响 北京理工大学^[40]使用 Polyflow 软件,数值模拟了硬质 PVC 熔体在左旋和右旋螺筒的单螺杆挤出机流道内的三维等温流场和挤出混合过程,研究了螺筒螺棱左右旋向对单螺杆挤出机挤出和混合性能的影响。研究表明,与右旋螺筒相比,左旋螺筒挤出熔体的轴向速度可达 5 mm/s,左旋结构流道内粒子混合指数大于 0.5 的区域和拉伸对数也更大,分离尺度更小,因此可提高挤出机挤出输送能力和混合性能。

叠片式密炼机转子结构对混合特性的影响 华东理工大学^[41]利用自行设计的基于微分原理的叠片转子密炼机,对不同结构转子的混合特性进行了实验研究和理论分析。结果表明,随着螺棱的螺旋角从 21.7° 减小到 7.6°,混炼流场的拉伸作用变弱了,更少比例的物料经历高水平的累积解聚功和时间平均混合效率;螺棱的长短棱之比对混合指数几乎没有影响,对累积解聚功和时间平均混合效率影响较小。

加料段料筒开槽对注塑机塑化产量的影响 北京化工大学^[42]在注塑机料筒加料段开设轴向和螺旋沟槽进行对比实验。结果表明,开设沟槽可提高塑化产量,螺旋沟槽料筒的塑化产量可明显优于直沟槽料筒;采用大于颗粒直径的沟槽时,略微增大单个沟槽深度和沟槽宽度有利于提高塑化产量,沟槽数目不宜过多;增大沟槽数量和总沟槽宽度未必提高产量。

注塑机工字型模板的设计 海天塑机集团有限公司^[43]基于原型模板的拓扑优化结果和材料力学的抗弯截面模量原理,提出由工字梁交叉叠加而成的工字型模板是追求高刚性的最佳拓扑结构,并修正了经典文献中的挠度计算方法。工字型模板设计理念已在海天塑机的主流机型上得到应用,实现了节省材料、降低成本的经济效益。

多物理场耦合叶片塑化单元聚合物混合性能研究 五邑大学等^[44]介绍了聚合物叶片注塑成型机的结构组成和工作原理,通过叶片塑化单元转子模型及本构方程的表征,分析了该单元聚合物熔体拉伸流动特性和混合性能。结果表明,叶片塑化单元的流场为拉伸与剪切复合流场,混合指数值高达 0.945,叶片两边的强拉伸流场区域黏度值较低,具有较强的拉伸作用,可以提高聚合物的塑化混合性能和熔体流动性;叶片单元的混合指数多分布在 0.5~0.6 之间,而螺杆元件的混合指数多分布在 0.4~0.5 之间,螺杆元件在产生拉伸流场方面远低于叶片单元;动态时叶片塑化单元的拉伸速率比稳态时的大,随着振动强度的增加,该单元拉伸速率和平均拉伸混合效率提高,但是动态时的振动强度不宜过大。

全自动挤出吹塑中空成型机控制系统设计 华南理工

大学^[45]研究了全电动挤出吹塑中空成型机控制系统的软硬件设计,针对移模运动控制,设计了相应的控制策略。通过控制系统在线调试,实现了全电动吹塑中空成型机的实时控制,取得了满意的控制效果。

吹塑托盘抓取机器人的结构设计与关键技术研究 江苏科技大学^[46]针对目前吹塑托盘的生产实际,设计出一款用于大型中空吹塑机生产线托盘抓取的机器人,其实施不仅有利于中空吹塑机提高劳动生产率和实现全自动化生产,而且对大体积大负载工业机器人的研制开发具有一定的指导意义。

自洁型非对称同向双螺杆挤出机混合分析 广东轻工职业技术学院等^[47]设计了自洁型非对称同向双螺杆,并采用实验研究及数值模拟方法分析其混合特性。采用活性 nano-CaCO₃ 填充 PE-LLD 的体系进行实验研究,在挤出量一定的前提下分别在自洁型非对称同向双螺杆挤出机以及普通同向双螺杆挤出机上造粒。结果表明,非对称双螺杆挤出复合材料中 nano-CaCO₃ 分布较为均匀,粒径尺寸更小,具有明显的增韧效果,这与数值模拟结果一致。

新型机械臂设计及运动学研究 北京工商大学等^[48]提出了一种新型 3 自由度混联机械臂,运用 Pro/E 和 Adams 软件对其进行了运动学仿真分析。结果表明,该机构具有较大的工作空间及平稳的运动性能,且结构简单,在注塑机自动化生产中具有良好的应用前景。

新型异向平行双螺杆挤出机传动系统的设计 常州轻工职业技术学院^[49]设计了一种新型异向平行双螺杆挤出机传动系统,该设计解决了目前双螺杆挤出机转速不高、承载能力较低的问题,可使整机的承载能力提高 1/2,保险系数提高 1/3,输出轴传递的扭矩提高一倍。

3 模具研究、设计及加工

封刀片式双色注塑模设计 青岛科技大学^[50]以汽车的通风盖板为例设计了一种新型的封刀片式双色注塑模具。封刀片采用镶拼结构,当注射硬质塑料时,封刀片处于上限位置隔离软质塑料部分的型腔;当硬质塑料注射完成以后,封刀片下降到下限位置,软质和硬质塑料的型腔连通,另一个机头注射软质塑料。制品的硬质塑料部分采用热流道顺序注射方式减少了熔接痕等缺陷;软质塑料部分采用潜伏式浇口以自动脱料。实际生产证明,该模具生产的产品合格率增加,外观质量满足要求,硬质塑料和软质塑料结合处符合客户要求。

手机充电器底盖注塑模设计 湖南机电职业技术学院^[51]针对手机充电器底盖进行了相关的工艺设计和模具设计。在具体设计过程中,采用了侧浇口浇注系统,通过计算分析采用了一模四腔结构,有利于生产的批量化;根据设计的原

则要求选择分型面,使得模具结构变得更加简单;在结构易损复杂的部位,为了提高模具的寿命,采用镶嵌式结构。

子母结构注射模具设计 华南理工大学等^[52]从子母结构的整体方案设计、成型零部件设计、冷却系统设计、子模在母模中的定位,子母模的更换与安装,子母模模具的工作过程,介绍了该设计方法。该方法能够实现迅速更换子模具的同时保持很高的定位精度,达到缩短整个模具的安装与调试时间,降低注塑模具的生产加工成本、提高注塑成型生产效率的目的。

色拉油瓶盖注塑模具设计 华东交通大学^[53]分析了色拉油瓶盖侧面多处带有凸起、凹槽及内螺纹的成型工艺特点,介绍了一种成型该塑料件的注塑模具的设计方法。模具利用塑料件本身的弹性变形实现塑料件强制脱模。

手机后盖定模滑块注塑模具设计 广东工贸职业技术学院^[54]介绍了某品牌手机后盖壳体注塑模具结构设计和工作过程。设计的模具摒弃了常见的动模滑块抽芯机构和潜顶针浇口,采用定模滑块抽芯机构成型侧孔、牛角式浇口浇注,保证了塑料件表面不能有注塑痕迹的高外观要求。塑料件内部倒扣利用斜顶成型,并用限位螺钉和尼龙开闭器控制开模运动顺序,实现了浇注系统凝料的自动分离。

带嵌件结构的塑料钥匙注塑模设计 洛阳理工学院^[55]介绍了带金属嵌件塑料钥匙注塑模具结构设计的要点和模具工作过程。模具型腔采用组合式结构,小型芯和推管成型塑料件上带凸台的工艺孔,利用弹簧和卡槽固定嵌件保证其在型腔中的位置,推出机构采用推杆和推管组合结构。

保温水壶外壳多向抽芯机构注塑模设计 广东工业大学^[56]利用 Moldflow 软件对保温水壶外壳成型过程进行模拟分析,根据模拟结果指导注塑模设计。该模具抽芯机构设计复杂,包含 5 种抽芯脱模机构:上内螺纹抽芯机构、外螺纹抽芯机构、下内螺纹抽芯机构、大侧滑块抽芯机构和内凸台抽芯机构。为配合 5 大抽芯机构功能的实现,设有 3 个分型面,通过多种限位机构实现开模顺序。

汽车涡轮增压器进气管三维吸入式吹塑模具设计 扬州大学等^[57]在分析了汽车涡轮增压器进气管结构的基础上,根据三维吸入式吹塑模具结构的设计特点,基于 Pro/E 进行了汽车涡轮增压器进气管的吹塑模具设计。重点对分型面的选择、夹紧装置、吸口装置、吹针及冷却系统等关键部位进行了设计。实际生产表明,该模具在三维吸入式吹塑机上生产运行状态良好,生产的进气管质量能够达到设计要求,模具的正常寿命大于 30 万模次,具有良好的经济效益。

电饭煲面盖热流道注塑模具设计 广州工程技术职业学院^[58]分析了电饭煲面盖产品结构和性能要求,借助 Pro/E 软件完成了模具结构设计。重点介绍了模具的热流道系

统、内部的斜顶侧抽芯与外部的液压油缸、斜顶、斜滑块结合的侧抽芯机构设计等。

汽车座椅靠背注塑模具设计 武汉纺织大学等^[59]以某汽车座椅塑料靠背为例,运用 Moldflow 软件对模具结构进行了优化分析,介绍了模具设计特点和模具工作过程。该模具成型周期短,其设计方法对大型薄壁塑料件的注射模设计具有一定的参考价值。

汽车后视镜面壳热流道二次侧抽芯滑块模具结构设计 浙江工商职业技术学院等^[60]介绍了一种汽车后视镜面壳热流道二次侧抽芯滑块模具结构设计,创造性地采用分层滑动方法,设计出了分层滑动异型滑块结构,同时,配合以二次顶出机的斜顶抽芯顶出,实现了产品的上下内凹难抽芯区域的抽芯,成功地应用于生产实践。

注射模浇注系统凝料自动脱模机构的优化设计 常州工学院^[61]提出了点浇口凝料自动脱模机构的优化改进方案。该最大限度地降低了点浇口凝料与模塑件分离时对模塑件造成的损伤;有效地解决了浇注系统凝料与模具粘附而影响其顺利脱模的技术难题。通过多分型面的定距顺序分型,易于实现自动高效的注塑生产,拓展了点浇口注射模的开发应用。

带二次顶出装置的吸尘器筒式分离器注射模设计 宁波富诚模塑有限公司等^[62]根据吸尘器筒式分离器的特点,以 Moldflow 模流分析结果为依据,确定了最佳的浇注系统,并对模具脱模力、顶针大小和数量进行了详细计算,通过脱模力、顶针直径的计算分析,采用二次顶出方式解决产品顶出问题。合理设计了模具冷却水路,减少了热缩现象。

西门子电器开关精密注射模设计 桂林航天工业学院等^[63]对西门子电器开关的注射模具进行了设计,模具采用热流道、潜伏式浇口,一模八腔,侧型芯采用斜顶块推出。为了保证产品的尺寸精度,模具设计了5处定位导向系统。

变压器磁铁固定座全自动级进式精密注塑模设计 广东科技学院^[64]根据变压器磁铁固定座结构特点,用辅助料带将金属端子串联在一起,再通过气缸和双推板脱模机构,使注塑模具能够像冲压模具那样可以进行全自动级进式进料和脱模。同时模具采用浮动式侧向抽芯机构,巧妙地解决了料带定位镶件和滑块相互干涉的问题。模具结构先进合理、快速高效,塑件尺寸精度得到了大幅提高。

叠层注塑模的流道平衡优化设计 华南理工大学^[65]针对拥有组合式型腔的叠层注塑模,设计了一套初始浇注系统方案,并通过模流分析软件 Moldflow 对其进行熔体填充分析,结果出现填充时间和压力不均的问题。进行流道平衡分析后的流道虽然满足收敛要求,但在实际生产中不合理,进一步通过修改流道和浇口再次进行流道平衡分析。最终结

果的填充时间、压力和流道尺寸均满足要求,说明该叠层注塑模的流道平衡优化设计可行。

四面内抽斜顶的圆盖塑料模设计 浙江工业职业技术学院等^[66]针对一款需要向内抽芯的圆盖模具设计过程中抽芯空间小的问题,设计了由型芯镶块上的滑槽带动斜顶向内抽芯的模具结构,解决了用常规的推板推出斜顶机构占用空间大,模具结构无法布局的难题。浇注系统采用点浇口,能够实现塑件和凝料自动分离脱落,实现自动化生产。

基于 Moldflow 的高光无痕电视前壳注射模具设计 深圳职业技术学院^[67]介绍了高光无痕注塑模具流道系统、温度控制系统和复杂抽芯机构的设计方法,给出整套模具其它结构的设计要点。利用 Moldflow 软件,采用变模温工艺技术,对高光无痕注射成型工艺进行模拟分析,验证了流道系统和温度控制系统的控制效果。

基于 UG 的塑件盒下盖注射模具设计 沈阳理工大学等^[68]以某塑件盒下盖为例,介绍了在 UG 环境下进行塑料注射模具设计的流程,重点阐述在 UG 软件中应用 Mold Wizard 模块快速对塑件进行模具分模设计的方法和模具的整体结构设计,通过采用修补块修补塑件,简化塑件分型的分型设计方法和技巧,快速准确地生成模具的型腔和型芯;使用 UG 软件可以显著缩短模具设计的周期,为企业节省生产设计成本和提高经济效益。

家用榨汁机机身注塑模冷却系统 CAE 分析与设计 北京工商大学^[69]以家用榨汁机机身注塑模冷却系统设计为例,根据其模具结构特点制定了2种冷却系统设计方案,运用 Moldflow 2012 对2种方案的冷却时间、冷却介质温度、冷却不均翘曲变形量等进行分析比较。结果表明,多层直通式冷却系统优于多层回路式冷却系统,通过对多层直通式冷却系统的进一步优化得到适于家用榨汁机机身注塑模的冷却系统的最佳设计方案。

基于 Pro/E 的塑料水龙头弧形抽芯模具设计 安阳工学院^[70]以水龙头注塑模具设计为例,介绍了利用 Pro/E 软件进行水龙头注塑模具设计的关键步骤。完成了水龙头注塑模具弧形抽芯结构的创新设计,经过仿真模拟分析证实与实际工作过程一致,该模具具有结构简单、紧凑、工作可靠等优点。

基于 Moldflow 的汽车车灯面罩模具设计与开发 武汉大学^[71]运用 Moldflow 软件,对所设计的车灯面罩模具进行仿真分析。结果表明,该面罩模具排布合理,浇口类型以及热流道选择合适,分流道和注塑工艺参数设计恰当,透明面罩的熔接痕控制在合理的区域,无气穴,整件产品收缩均匀,减少了模具开发周期和试模次数;控制了注塑生产合理的生命周期,保证了稳定的优良品率。

多层同轴制品强制脱出模具设计 四川大学^[72]设计了一种多层同轴制品强制脱出模具。通过分析该制品注塑模的脱模过程,对该模具设计的难点进行了探讨,并重点阐述了制品多层同轴部分成型零件及二次顶出机构的设计方法。该模具结构合理、动作可靠、成型制品质量好,其设计对多层同轴类制品注塑模具的开发有一定的借鉴作用。

基于 Moldflow 3D 技术的螺纹管接头注塑模设计 常州机电职业技术学院^[73]采用 Moldflow 3D 技术设计了一种螺纹管接头注塑模。针对该螺纹管接头的特殊结构(具有两段内螺纹和一段外螺纹),注塑模脱螺纹设计中,两段内螺纹采用了动定模同步自动绞牙机构,外螺纹采用了滑块脱螺纹机构;另外为防止抽芯时制品粘在滑块螺纹上,并让制品充分冷却,设计了延缓自动顶出机构。该注塑模的同步自动绞牙机构设计及 Moldflow 3D 技术的应用为其它同类产品的开发提供了有价值的参考。

4 二次加工

表面处理工艺对复合材料粘接修理的影响 海军航空工程学院等^[74]研究了各种简化的表面处理工艺对于复合材料粘接修理的影响。研究表明,采用简单的喷砂或打磨处理工艺可以获得较为满意的粘接修理强度。如果增加喷砂或打磨前后的溶剂清洗,则可以获得更好的粘接强度。

电晕处理在 PE-HD 外护保温管预制中的应用 中国石油集团工程技术研究院等^[75]研究了电晕处理后 PE-HD 管材内表面的表面张力情况及与聚氨酯泡沫塑料结合界面的微观形貌。发现选用电晕处理效果消退慢的树脂作原料,控制好电晕处理程度,储存中注意防尘降温,使用日期距生产日期不超过 3 个月,可保证电晕处理在 PE-HD 外护保温管预制中发挥预期作用。电晕处理后,高密度聚乙烯管材内表面的表面张力达到 50.0 mN/m,表面变得更加粗糙,有效改善了与聚氨酯泡沫塑料的粘接,提高了预制直埋保温管的整体质量。

工艺参数对车用 PP 复合材料红外激光打标性能的影响 金发科技股份有限公司^[76]采用 Nd-YAG 红外激光打标机,在不同参数设计下对车用 PP 复合材料进行红外激光打标,考察了各工艺参数对材料激光打标性能的影响,采用色差变化和明暗度变化定量地表征激光打标效果,筛选出了最佳工艺参数。结果表明,步长、电流和频率是影响车用 PP 材料激光打标效果的主要参数,要获得理想的打标效果,参数选择需要控制在合适的范围之内。对于实验选用的 PP 复合材料而言,理想的红外激光打标工艺参数为电流 14~15 A、频率 1~3 kHz、步长 0.005 mm。

基于模外装饰的鼠标外壳贴膜仿真及其工艺参数优化 华东交通大学^[77]以 PP 为薄膜材料,对鼠标外壳进行模

外装饰贴膜,采用有限元方法对该成型过程进行模拟仿真,获得了薄膜厚度的分布及其在 X、Y 方向变形分布,分析了影响薄膜成型的工艺参数,以成型后薄膜厚度平均值的标准偏差及其在 X、Y 方向变形量的标准偏差同时最小为目标,采用试验设计中的正交法对其各项工艺参数进行优化分析,得到了最优的工艺参数,达到了薄膜厚度分布更均匀和其变形精度更高的目的。

PE 电熔焊接新方法 & 工艺优化研究 浙江省特种设备检验研究院等^[78]在电熔接头相控阵检测中发现接头内部存在一条由超声信号组成的特征线,进一步研究表明,可以根据特征线移动速度以及特征线与电阻丝的距离变化情况,评估 PE 电熔接头的焊接工艺是否合适。在 PE 电熔接头新产品开发中采用超声检测实时录像,通过特征线的移动情况对焊接工艺参数进行优化,从而可大幅降低电熔接头的开发时间和成本。

辐射交联发泡聚乙烯电晕处理研究 浙江交联辐照材料有限公司^[79]探讨了电晕处理对辐射交联聚乙烯发泡材料产品表面张力的改变规律。分析讨论了影响材料表面张力的主要因素,包括材料电晕处理功率、生产线速度、产品厚度、温度等。结果表明,提高功率、减慢速度、提高温度都有助于改善电晕处理效果;电晕处理后表面张力衰减速度与存储条件有关,达到 38 mN/m 后常温下可保持一周,但是衰减后再次电晕会容易。

复合材料蜂窝夹层结构的局部脱粘缺陷修补评价 航天材料及工艺研究所^[80]对于复合材料蜂窝夹层结构中出现的局部脱粘缺陷,提出局部注射修补的方法,依托 ANSYS 软件建立有限元模型,并结合试验考察局部注射修补方法对局部脱粘缺陷的修补效果。结果表明,对于局部脱粘缺陷,局部注射修补后压缩强度能达到原有的 80% 左右,建立的有限元模型能够较为准确地预测蜂窝夹层试样的压缩强度和破坏模式。

参考文献

- [1] 谢慧芳,等. 工程塑料应用,2014,42(1):44-50.
Xie Huifang, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(1):44-50.
- [2] 张杨,等. 工程塑料应用,2014,42(2):47-51.
Zhang Yang, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(2):47-51.
- [3] 陈健,等. 工程塑料应用,2014,42(2):59-62.
Chen Jian, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(2):59-62.
- [4] 王鑫,等. 塑料,2014(3):1-3.
Wang Xin, et al. Plastics, 2014(3):1-3.
- [5] 陈彤,等. 工程塑料应用,2014,42(10):59-63.

- Chen Tong, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(10):59-63.
- [6] 洪敏,等. 高分子材料科学与工程, 2014(1):91-95.
Hong Min, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2014(1):91-95.
- [7] 陈娟,等. 高分子材料科学与工程, 2014(3):128-133.
Chen Juan, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2014(3):128-133.
- [8] 傅志红,等. 塑料工业, 2014, 42(4):43-47.
Fu Zhihong, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(4):43-47.
- [9] 曾建广. 塑料工业, 2014, 42(7):58-60+76.
Zeng Jianguang. China Plastics Industry, 2014, 42(7):58-60+76.
- [10] 熊鹏,等. 塑料工业, 2014, 42(11):52-55.
Xiong Peng, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(11):52-55.
- [11] 秦升学,等. 塑料科技, 2014(6):85-88.
Qin Shengxue, et al. Plastics Science and Technology, 2014(6):85-88.
- [12] 王建康,等. 塑料, 2014(3):10-13.
Wang Jiankang, et al. Plastics, 2014(3):10-13.
- [13] 刘杨,等. 塑料, 2014(3):14-16, 61.
Liu Yang, et al. Plastics, 2014(3):14-16, 61.
- [14] 庄甦,等. 塑料, 2014(3):111-113, 106.
Zhuang Su, et al. Plastics, 2014(3):111-113, 106.
- [15] 温原,等. 工程塑料应用, 2014, 42(2):52-54.
Wen Yuan, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(2):52-54.
- [16] 曾巍,等. 工程塑料应用, 2014, 42(7):53-56.
Zeng Wei, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(7):53-56.
- [17] 李居平,等. 工程塑料应用, 2014, 42(9):49-51.
Li Juping, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(9):49-51.
- [18] 夏薇,等. 现代塑料加工应用, 2014(6):27-30.
Xia Wei, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2014(6):27-30.
- [19] 陈金涛,等. 工程塑料应用, 2014, 42(10):47-50.
Chen Jintao, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(10):47-50.
- [20] 沈娟,等. 现代塑料加工应用, 2014(2):44-47.
Shen Juan, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2014(2):44-47.
- [21] 何建涛,等. 高分子材料科学与工程, 2014(5):118-122.
He Jiantao, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2014(5):118-122.
- [22] 于同敏,等. 高分子材料科学与工程, 2014(6):96-100.
Yu Tongmin, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2014(6):96-100.
- [23] 周陆腾,等. 塑料工业, 2014, 42(3):67-70+128.
Zhou Luteng, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(3):67-70+128.
- [24] 武晓松,等. 塑料工业, 2014, 42(6):46-49.
Wu Xiaosong, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(6):46-49.
- [25] 王东峰,等. 塑料工业, 2014, 42(9):42-45.
Wang Dongfeng, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(9):42-45.
- [26] 汪智勇,等. 塑料工业, 2014, 42(6):55-59.
Wang Zhiyong, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(6):55-59.
- [27] 周大路. 塑料工业, 2014, 42(10):65-67.
Zhou Dalu. China Plastics Industry, 2014, 42(10):65-67.
- [28] 周国发,等. 中国塑料, 2014(7):65-71.
Zhou Guofa, et al. China Plastics, 2014(7):65-71.
- [29] 刘朝福,等. 中国塑料, 2014(8):94-98.
Liu Chaofu, et al. China Plastics, 2014(8):94-98.
- [30] 张有忱,等. 中国塑料, 2014(11):100-103.
Zhang Youchen, et al. China Plastics, 2014(11):100-103.
- [31] 朱俊杰. 塑料科技, 2014(5):102-105.
Zhu Junjie. Plastics Science and Technology, 2014(5):102-105.
- [32] 杨丁,等. 塑料科技, 2014(7):67-70.
Yang Ding, et al. Plastics Science and Technology, 2014(7):67-70.
- [33] 张安震,等. 塑料, 2014(4):107-109, 106.
Zhang Anzhen, et al. Plastics, 2014(4):107-109, 106.
- [34] 庄园园,等. 塑料, 2014(6):79-82, 72.
Zhuang Yuanyuan, et al. Plastics, 2014(6):79-82, 72.
- [35] 徐百平,等. 塑料, 2014(6):109-113.
Xu Baiping, et al. Plastics, 2014(6):109-113.
- [36] 孙军,等. 工程塑料应用, 2014, 42(2):63-66.
Sun Jun, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(2):63-66.
- [37] 柳天磊. 工程塑料应用, 2014, 42(3):57-61.
Liu Tianlei. Engineering Plastics Application, 2014, 42(3):57-61.
- [38] 蒋立正,等. 工程塑料应用, 2014, 42(7):57-61.
Jiang Lizheng, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(7):57-61.
- [39] 李彬,等. 现代塑料加工应用, 2014(3):52-55.
Li Bin, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2014(3):52-55.
- [40] 柳娟,等. 高分子材料科学与工程, 2014(3):124-127, 133.
Liu Juan, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2014(3):124-127, 133.
- [41] 李果,等. 高分子材料科学与工程, 2014(3):134-138, 143.
Li Guo, et al. Polymer Materials Science & Engineering, 2014(3):134-138, 143.
- [42] 夏杰,等. 塑料工业, 2014, 42(1):52-54.
Xia Jie, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(1):52-54.
- [43] 叶成刚,等. 塑料工业, 2014, 42(3):65-66, 102.
Ye Chenggang, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(3):65-66,

- 102.
- [44] 杜遥雪,等. 塑料工业,2014,42(6):50-54.
Du Yaoxue, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(6):50-54.
- [45] 何探,等. 塑料工业,2014,42(8):55-58.
He Tan, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(8):55-58.
- [46] 张礼华,等. 塑料工业,2014,42(11):48-51.
Zhang Lihua, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(11):48-51.
- [47] 喻慧文,等. 中国塑料,2014(8):66-71.
Yu Huiwen, et al. China Plastics, 2014(8):66-71.
- [48] 薛子云,等. 中国塑料,2014(9):94-96.
Xue Ziyun, et al. China Plastics, 2014(9):94-96.
- [49] 蒋新萍. 塑料科技,2014(2):97-99.
Jiang Xinping. Plastics Science and Technology, 2014(2):97-99.
- [50] 董磊磊,等. 工程塑料应用,2014,42(2):67-69.
Dong Leilei, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(2):67-69.
- [51] 赵长荣. 工程塑料应用,2014,42(3):65-68.
Zhao Changrong. Engineering Plastics Application, 2014, 42(3):65-68.
- [52] 闵全钊,等. 工程塑料应用,2014,42(4):70-73.
Min Quanzhao, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(4):70-73.
- [53] 周慧兰,等. 工程塑料应用,2014,42(5):60-62.
Zhou Huilan, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(5):60-62.
- [54] 陈娟. 工程塑料应用,2014,42(5):63-67.
Chen Juan. Engineering Plastics Application, 2014, 42(5):63-67.
- [55] 闵志宇,等. 工程塑料应用,2014,42(5):68-70.
Min Zhiyu, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(5):68-70.
- [56] 王焕,等. 工程塑料应用,2014,42(6):65-68.
Wang Huan, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(6):65-68.
- [57] 成波,等. 工程塑料应用,2014,42(7):68-70.
Cheng Bo, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(7):68-70.
- [58] 汪菊英,等. 工程塑料应用,2014,42(8):63-67.
Wang Juying, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(8):63-67.
- [59] 吴晓,等. 工程塑料应用,2014,42(10):76-78.
Wu Xiao, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(10):76-78.
- [60] 肖国华,等. 工程塑料应用,2014,42(10):79-83.
Xiao Guohua, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(10):79-83.
- [61] 江昌勇,等. 工程塑料应用,2014,42(11):68-72.
Jiang Changyong, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(11):68-72.
- [62] 王得胜,等. 工程塑料应用,2014,42(11):73-76.
Wang Desheng, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(11):73-76.
- [63] 宋小辉,等. 工程塑料应用,2014,42(11):77-80.
Song Xiaohui, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(11):77-80.
- [64] 张维合,等. 现代塑料加工应用,2014(5):49-52.
Zhang Weihe, et al. Modern Plastics Processing and Applications, 2014(5):49-52.
- [65] 吴松琪,等. 塑料工业,2014,42(8):51-54.
Wu Songqi, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(8):51-54.
- [66] 刘鑫,等. 塑料工业,2014,42(12):49-51.
Liu Xin, et al. China Plastics Industry, 2014, 42(12):49-51.
- [67] 洪建明. 中国塑料,2014(2):106-110.
Hong Jianming. China Plastics, 2014(2):106-110.
- [68] 李艳娟,等. 中国塑料,2014(4):119-122.
Li Yanjuan, et al. China Plastics, 2014(4):119-122.
- [69] 马松柏. 中国塑料,2014(10):100-105.
Ma Songbai. China Plastics, 2014(10):100-105.
- [70] 刘玲,等. 塑料科技,2014(2):90-92.
Liu Ling, et al. Plastics Science and Technology, 2014(2):90-92.
- [71] 孙先明,等. 塑料科技,2014(12):98-101.
Sun Xianming, et al. Plastics Science and Technology, 2014(12):98-101.
- [72] 何乾坤,等. 塑料科技,2014(4):109-112.
He Qiankun, et al. Plastics Science and Technology, 2014(4):109-112.
- [73] 陈叶娣,等. 塑料科技,2014(7):102-105.
Chen Yedi, et al. Plastics Science and Technology, 2014(7):102-105.
- [74] 赵培仲,等. 工程塑料应用,2014,42(3):44-47.
Zhao Peizhong, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(3):44-47.
- [75] 蒋林林,等. 工程塑料应用,2014,42(3):53-56.
Jiang Linlin, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(3):53-56.
- [76] 陈锐,等. 工程塑料应用,2014,42(8):56-58.
Chen Rui, et al. Engineering Plastics Application, 2014, 42(8):56-58.
- [77] 李志刚,等. 中国塑料,2014(1):88-92.
Li Zhigang, et al. China Plastics, 2014(1):88-92.
- [78] 郭伟灿,等. 中国塑料,2014(8):62-65.
Guo Weican, et al. China Plastics, 2014(8):62-65.
- [79] 郭小康,等. 中国塑料,2014(11):78-81.
Guo Xiaokang, et al. China Plastics, 2014(11):78-81.
- [80] 张娅婷,等. 玻璃钢/复合材料,2014(8):67-71.
Zhang Yating, et al. Fiber Reinforced Plastics / Composites, 2014(8):67-71.