

新型高分子材料配混挤出技术及成套装备开发

马永金 李世通

(天华化工机械及自动化研究设计院,兰州 730060)

摘要 结合近年来在新型高分子材料配混挤出技术及装备开发方面的研究,介绍我国开发新型高分子材料配混挤出技术及装备所取得的成就,成套化技术及装备的发展,并对今后我国对配混挤出技术的开发提出了一些见解。

关键词 高分子材料 配混挤出 双螺杆挤出机 装备

配混挤出过程是高分子材料特别是塑料从产品问世走向产业化的必经之路,现代高分子材料正在向高性能高分子结构材料、新型高分子功能材料以及通用高分子材料的低成本化和高性能化方向发展。高性能高分子结构材料具有比强度高、耐腐蚀、耐磨损性能优异和易加工等特点,对国民经济的发展和国家安全具有重要意义;新型高分子功能材料由于其特有的功能型和专用型,在生态环境保护、信息功能化、生物医用器材、物质分离膜、能量转换和储能技术等工业领域有着极为广泛的应用;通用高分子材料的高性能化和工程塑料的低成本化,仍然是当前高分子材料领域研究、开发的重点,同时也是扩大通用塑料和工程塑料应用范围的一个重要措施。

新型高分子材料除了具有传统高分子材料的某些加工性能外,在产品的物理、化学性能等方面又有很多不同之处。随着新型高分子材料的不断问世,应用领域的不断拓展,给高分子材料的配混挤出也提出了更高的要求,采用传统的配混工艺和装备已不能很好地适应某些新型高分子材料的配混要求,因此,开发新型配混挤出技术及装备,以满足新型高分子材料走向产业化的需要,同时配混装备的成套化,也是当今高分子材料加工装备发展的必然趋势。

1 双螺杆配混挤出技术应用

现代配混挤出技术是将已有的高分子材料通过与多种聚合物共混或添加其它材料,将不同的材料优化组合于一体,使材料性能得到明显改善,或赋予原材料所不具有的崭新性能,为聚合物家族增加了新的品种。在整个塑料工业中约有 60% 的塑料须经过配混改性制备成新材料,这类复杂的工艺加工过程绝大多数是在以同向双螺杆挤出机为代表的混炼装备上完成的。使用同向双螺杆配混挤出具有如下优点:

(1) 优异的混炼塑化性能,可充分保证各物料混炼后的分散均匀性和性能均一性,适用于各种树脂、塑料的填充、共混、玻璃纤维增强以及反应挤出、脱除挥发分等复杂作业。

(2) 筒体和螺杆可实现“积木式”组合,做到一机多用,一机多能。

(3) 螺杆间相互啮合,自清理效果好;物料在其中实现优越的表面更新效果,排气性能优异,可将混炼塑化过程中产生的气体或单体排除。

(4) 螺杆转速高,生产能力大,单产功耗低,节能效果明显。

基于以上优点,使得同向双螺杆配混挤出技术在高分子材料加工装备中具有不可替代的优势,在 高分子材料改性生产中占据了主导地位。

目前,新型双螺杆配混挤出技术的最新应用主要表现在以下方面:纳米材料改性制备的高分子材料、高刚性高韧型低成本的聚合物合金材料、电磁屏蔽高分子材料、新型降解塑料、电子封装用高分子材料,新型色母料及各种功能母料等,也可用于新型复合材料(如木塑复合材料)等新材料的生产和制备,此外,还可用于聚合物的接枝、缩聚等反应型挤出。所涉及的产业领域有家用电器、汽车、通信、电子技术、国防、航空航天、环保、化工、建材、电力等。

2 双螺杆配混挤出的开发方向

由于新型高分子材料的种类很多,混炼挤出过程复杂多样。从螺杆的结构和功能、螺槽深度、螺杆转速、螺杆的长径比、挤出机的扭矩等级、控制精度、配料方式、加料方式、切粒方式等方面,对双螺杆挤出机的性能要求越来越高。双螺杆配混挤出成套技术开发,需满足挤出所需的原料配料要求、加料的稳定性要求、物料在挤出机内的输送性能、混炼塑化、

分布混合和分散混合程度、停留时间、排气性能以及生产能力要求。

由于产品的配方工艺、物理化学性能、挤出工艺及挤出过程表现出来的混炼塑化性能差别较大,必须开发适应性强、多功能、高性能和特殊功能的同向双螺杆配混挤出成套装备,以适合新型高分子材料的配料混炼需要。

2.1 挤出工艺及流程开发

根据新型高分子材料的物料体系特点,挤出工艺的重点是研究新型高分子材料的混炼塑化、分布混合和分散混合、排气效果及挤出性能;流程工艺主要是针对新型材料与传统高分子材料根据混炼挤出性能、脱排气性能、冷却性能、造粒性能的不同,研究开发特定的工艺流程,如塑料和添加剂原料的贮存、输送、预混及配料工艺。

典型的配混挤出工艺有:以各种树脂为载体的纳米碳酸钙母料配混挤出工艺,改性沥青工艺,热熔胶配混挤出工艺,降解塑料挤出生产工艺,聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)动态硫化配混工艺,新型电子封装材料的配混挤出工艺,以及各种反应挤出工艺、新型高分子材料(如K树脂等)脱挥挤出工艺等。

以纳米材料为例:纳米材料的粒径很小,内部含有大量的气体,在挤出过程中,添加剂在加热和混炼挤出过程中有大量分解产物排出,纳米材料在聚合物中的分布混合和分散混合受到颗粒间的吸附、团聚现象以及混炼元件的强剪切影响,塑化过程和塑化状态与传统聚合物截然不同,加料过程会出现架桥现象,并不断有受压气体从加料口冒出,影响正常加料,混炼塑化后表现出高温脆性,流动性差、排气困难、挤出过程中的输送、熔融、混炼塑化、分布混合和分散混合过程、排气等与传统塑料改性的挤出工艺具有很大不同,不能采取传统计量加料方式、螺杆组合方式、冷却定型方式,必须采取带式输送冷带冷却方法,预破碎与粉碎相结合的流程方式生产出最终产品。

2.2 新型设备结构的研究开发

纳米材料、改性沥青、新型降解塑料、木塑复合材料、电子封装用高分子材料、无卤阻燃高分子专用料等新材料的双螺杆挤出,对双螺杆挤出机的混炼塑化效果、混合分散效果、排气效果要求高,要求无机填料在聚合物分子之间分散均匀,极性分子和非极性分子之间的结合力大,脱除大量单体或气体分子,这给双螺杆挤出机的结构和挤出工艺性能提出

了更高的要求,必须突破传统双螺杆挤出机通用的啮合型元件形式,开发新型螺杆元件,如熔体分割和重组型元件、具有良好拉伸的突棱捕获型元件、具有强烈拉伸和剪切作用的密炼式转子元件等,通过元件的宽度和分级,提高双螺杆挤出机对新型高分子材料配混改性的适应性。为适应新型高分子材料的填充要求,提高填充比及挤出机的产能,最有效的方法是开发深槽型($D/D_i = 1.55$)螺杆。为了保证高速型螺杆内物料的停留时间,通过高扭矩齿轮箱的开发及选用高性能材料,来保证大长径比螺杆所需的扭矩。

2.3 高速、高扭矩、高性能技术开发

开发螺杆转速 $600 \sim 1200 \text{ r/min}$ 、扭矩等级 $M/A^3 = 8.8$ 的高速高扭矩齿轮箱,其中主要开发多驱动传动方式、扭矩均载分配、止推轴承的轴向力均载分配、等变形设计、传动链及结构参数优化及计算机模拟等技术,以适应新型高分子材料高剪切、高粘性的特点,在很大程度上可以提高挤出机的产量,从而提高挤出机的综合性能。

2.4 计算机控制技术开发

整套机组采用计算机控制是当今挤出机控制系统发展的必然方向,开发更为强大的数字式自动化可编程计算机控制技术,其中包括:使用组态软件或控制软件包开发人机界面和管理软件、上位机与PCC之间的通信软件、单元设备之间的通讯及驱动程序的开发、控制系统的控制逻辑及连锁保护程序的设计。以上开发可以提高挤出机的机电一体化程度、挤出工艺和过程的稳定性。

2.5 配套装备开发

配套装备开发包括计量加料工艺系统开发,重点开发多相物料计量加料技术、特种计量物料加料技术;不停机熔体过滤技术开发,重点开发双流道液压换网过滤技术;切粒技术开发,重点开发适用于超高熔体流动速率的高分子材料的切粒技术;成品颗粒冷却及干燥装置开发。

3 新型高分子材料同向双螺杆挤出技术开发

目前,以纳米材料、降解塑料、改性沥青、木塑复合材料为主的新型高分子材料成为开发方向,围绕这些材料的产业化,其同向双螺杆挤出技术就成为实现产业化的关键。这些材料同普通聚烯烃材料相比在物料体系构成及分子结构、流变性能等方面有很大不同。

(1) 纳米材料正成为世界各国竞相开发的新型

材料,从纳米母料的制备,到纳米改性塑料的生产,双螺杆挤出机在纳米塑料领域产业化中具有无可替代的作用。首先,由于纳米材料的颗粒度分布特点,对混炼挤出和分散效果的要求高;其次,纳米母料的制备因非粘性熔体特点、极低的韧性、内部含有大量的气体以及挤出过程中的添加剂分解产物的排出、与传统聚合物截然不同的塑化状态下的高温脆性等特点,冷却和成品工艺流程与普通聚烯烃母料的工艺不同。从双螺杆挤出机混炼塑化挤出工艺到冷却方式、造粒,都需进行多方面的创新性开发。因此,不能采取熔融聚合物通用的冷却方式,需借鉴中试技术成功的经验。采用带粉料收集的密闭式加料方式、螺杆中采用新型高效密炼式转子元件、筒体设置缓冲型排气方式,料条冷却及粉碎采用带式输送和冷却相结合、预破碎与粉碎相结合的路线,生产出最终产品。

(2) 淀粉填充型降解塑料、双降解塑料、全淀粉热塑性塑料开发中都含有大量的淀粉,除对其进行塑化混炼之外,挤出过程中的排气脱水、停留时间分布等,成为混炼挤出造粒时需要解决的问题。因此,应根据具体物料选择适宜的主机螺杆长径比、排气位置及数量、螺杆结构及排列方式、助剂加入方式及加入点等进行试验,确定配置;同时,操作工艺及技术也成为降解塑料双螺杆混炼挤出的关键性问题。以上技术关键可借助于已有的成功经验,结合挤出工艺实验和结果分析,最终确定挤出工艺设备配置。

(3) 改性沥青成为高分子材料改性的一个新的方向,围绕其在公路建设、机场改扩建等工程中的应用,提高其耐温性及低温脆裂性是提高其使用价值的主攻方向。由于构成沥青的高分子的结构及分子量分布的广泛性,对其改性一直少有突破。沥青的改性非常特殊,既具有属于橡胶塑料共混的特点,又具有油品后处理的内容,对双螺杆挤出机的输送、混炼元件的开发、挤出造粒等都提出了新的要求,需要创新开发新型结构的螺杆元件、主机及配置,试验选定双螺杆部分的各项参数,如螺杆长径比、排气段数目及位置、剪切速率、挤出造粒形式及结构等。

(4) 在材料科学方面,木塑复合材料是一种很具潜力的新型材料。据报道,在国外,由于植物纤维复合材料具有较高的力学性能、比硬度、比强度、吸音、可降解等优点,已经被广泛用于汽车工业、建筑业、运输业、航空业等。在木材纤维、木粉等与树脂母体进行混合时,不同的混合方法所得到的复合材

料中木纤维的分散均匀性差异很大,要实现木塑复合材料这种新材料的工业化生产的关键是其挤出工艺路线和挤出机的特殊结构形式,该技术创新点在于采取分段加料方式、特殊的螺杆结构、TME 和 ZME 型元件、高扭矩齿轮传动系统、较大的螺杆长径比和 $D/D_i = 1.55$ 的自由容积,实现一步法双螺杆挤出生产。

4 同向双螺杆挤出机关键技术开发

4.1 螺槽深度

螺槽深度是同向双螺杆挤出机的一个重要参数。通常以螺杆直径与螺杆根径之比来间接表示,其值的大小是表示同向双螺杆挤出机技术水平高低的重要参数。目前,以德国 WP 公司为代表的国际领先水平的最新一代(第六代)同向双螺杆挤出机的螺杆外径与螺杆根径之比 $D/D_i = 1.55$ 。限制 D/D_i 的因素较多,除驱动螺杆的齿轮箱输出轴的中心距外,螺杆本身的因素也对 D/D_i 有较大影响:如螺杆芯轴的抗剪切性能、螺杆元件与芯轴的扭矩传递方式、螺杆元件本身的结构等。

(1) 芯轴材料的筛选及加工工艺、热处理性能等技术的突破,使芯轴承受扭矩能力大大提高,螺杆长径比从最初的 36 提高至 50,甚至更高。

(2) 同向双螺杆挤出机专用齿轮传动系统的技术突破,在中心距不变的情况下为实现深槽型螺杆所需的扭矩输入提供了动力传递保证,使得螺杆的 D/D_i 值达到了 1.55。

(3) 螺杆与芯轴的扭矩传递方式是螺杆实现深螺槽的关键。螺杆元件与芯轴的扭矩传递最初采用平键连接方式,不仅限制了螺杆螺槽加深、增大螺杆自由容积,而且平键的强度满足不了某些生产作业的要求。采用渐开线等形式的多键传递扭矩方式,可在相同螺杆外径下大大提高螺槽的深度。近几年来,国内在不断学习借鉴国外先进技术的同时,在加工制造上取得了较大突破,目前已可加工制造出与国外螺杆连接形式相同的渐开线花键结构,从而在螺槽深度上取得了较大突破。

(4) 元件结构型式的突破。捏炼块结构解决制造的关键技术,其结构由原来的单片式、拼装式改为现在的整体式,从而从元件的强度上保证了螺槽深度的加深,也使得螺杆组合的调整及螺杆的组装更加可靠、方便。

综上所述,齿轮传动系统、芯轴的抗剪切强度、螺杆元件与芯轴的扭矩传递形式、螺杆元件的设计

与制造等方面的突破保证了新一代高速型、深螺槽挤出机的开发成功。

4.2 新型螺杆元件

同向双螺杆挤出机的核心部分是螺杆,自从同向双螺杆挤出机问世之后,开发螺杆及螺杆元件一直是开发者的研究和主攻方向,螺杆结构从早期的整体式发展到“积木式”,螺纹头数从单头发展到三头,后来发展到目前的双头结构,螺杆元件的种类较多,结构及功能差异较大。开发自洁型密炼式螺杆元件、棱型密炼式螺杆元件、齿形螺纹元件、调压式螺杆元件等,对双螺杆挤出机的螺杆元件作了较大的创新、补充和完善,加强和提高了同向双螺杆挤出机的混炼、塑化、分散、剪切、建压效果和可调整性。

4.3 齿轮箱的扭矩等级参数

齿轮箱的扭矩等级参数 M/A^3 是同向双螺杆挤出机的重要性能标志参数,其数值的大小表征了同向双螺杆挤出机的技术水平,表示同向双螺杆挤出机在一定的螺杆中心距下齿轮箱的扭矩输出能力。由于同向双螺杆挤出机传动形式的特殊性,齿轮的扭矩由一根高速轴输入齿轮箱,通过减速及扭矩分配,在承受巨大轴向力的情况下,由两根中心距受限的输出轴将扭矩传递给双螺杆。因此,输出轴中心距与输出扭矩之间的比值参数 M/A^3 成了衡量其技术水平的一个重要标志。所以双螺杆挤出机的齿轮箱设计与一般的齿轮传动系统的设计开发相比开发难度很大,制造难度也大大提高。目前国内已在齿轮传动方式、扭矩均匀分配、轴向力解决方面有较大突破。试验型挤出机的扭矩等级参数已由原来的4.7提高到8.8,给生产型挤出机高速高扭矩齿轮箱的开发打下了良好的基础。

在齿轮箱使用寿命方面,通过改进和采用新型的多路驱动方式,不仅大大提高了传动能力,而且通过轴系的合理布置,解决了齿轮和推力轴承的均载分配问题,大大减小了齿轮传动和工作过程中产生的附加力,使得长期制约齿轮箱使用寿命的齿轮的抗疲劳性能、推力轴承系统均载性能大大提高,在采用多路驱动后,输出轴径方向轴承的受力大大减小,因此,从多方面提高了齿轮、推力轴承系统、扭矩分配部分轴承的使用寿命,设计寿命可达10 a。

4.4 螺杆转速

螺杆转速是衡量同向双螺杆挤出机性能等级的又一重要参数,是提高挤出机性能指标的重要途径。它直接影响到设备的扭矩等级参数和生产能力。螺

杆转速的提高主要依赖于齿轮传动系统传动方式的创新开发、螺杆承受扭矩的能力及抗疲劳性能,通过开发新型传动方式及优化创新设计、关键部位选用进口轴承等方式,对螺杆芯轴材料的严格筛选及热处理工艺的改进、螺杆元件和芯轴采用渐开线花键形式的突破使应力分布均匀,使得螺杆转速提高成为可能,已在小型高速试验型同向双螺杆挤出机上经过工业考核。

4.5 生产能力

设备的各项技术水平及性能是以提高生产能力、降低能耗、提高可靠性为目的的。生产能力是考核一台机组性能指标的主要因素:①提高螺杆转速,同种机型的产量可增至原来的一倍左右;②采用深螺槽型螺杆,增大螺杆的自由容积,提高单位转速和单位时间内的输送能力;③采用双螺杆和齿轮泵相结合的技术路线,提高传动箱的可靠性,降低齿轮承受的轴向力,消除由于承受的轴向力所限而使产量降低的因素,提高挤出机的产量。

4.6 电气控制系统

在20世纪80年代至90年代初期,国产同向双螺杆挤出机的电气控制系统多采用国产可控硅调速、接触器、继电器、指针式仪表,生产使用中故障率很高。经过几十年的不断改进,目前电气控制系统已从控制原理、控制方式、控制线路设计方面有了相当大的提高,计算机技术的采用、联锁及安全的多重保护,使电气元器件的可靠性等变化很大,通过PLC、PCC等控制模式的开发采用,使机组的自动化程度、可靠性、功能性均有很大提高,从整套机组控制的先进性方面已接近或达到国际先进水平。

电气控制系统的开发包括以下方面:温控部分正确合理,温度能够控制在允许的误差范围内;通讯软件运行顺畅,实现单元设备之间的通讯;控制系统的硬件平台设计合理、可靠、简单;人机界面、管理软件与控制软件运行独立;温控系统实现软件化,控制回路无限制;PCC在挤出机控制系统中的使用。

5 成套性装备开发

同向双螺杆挤出机是同向双螺杆配混挤出机组中的核心设备,但是与其相配套的上下游配套设备的技术水平和成套性直接影响了整套装置的技术性能,也影响到能否胜任特定物料的加工。目前,我国绝大多数厂商仅能制造提供同向双螺杆挤出机,技术开发能力薄弱,而与其配套的上下游设备多依赖于其他厂家,成套性及成熟性都存在着很多的缺陷,

能力的匹配及相关接口等也存在着许多问题,给用户的生产带来了不必要的损失。

天华化工机械及自动化研究设计院在长期开发同向双螺杆挤出机的同时,注重上下游成套设备的开发,现已基本形成了与已有的各种规格同向双螺杆挤出机相配套的系列化配套产品,如计量加料系统、拉条切粒系统、风冷模面热切粒系统、水环切粒系统、颗粒干燥系统、振动筛分系统等。在开发新一代同向双螺杆挤出机的同时,还将开发与之成套的从计量加料到颗粒振动筛分的上下游装备。

6 结语

我国的中长期科技发展规划纲要是以“自主创

新、重点跨越、支撑发展、引领未来”为指导方针,把提高材料领域的自主创新能力放在重点突出的位置,大力发展新材料,开发综合性能高、资源消耗少的材料及工艺技术,满足国民经济发展中的材料需求。塑料、钢材、水泥、木材作为四大基础材料更是任重道远并有着无限美好的未来。我国的塑料产业已经到了新一轮发展的临界点,开发新型高分子材料配混挤出技术及装备,合理利用国内技术力量,可把我国的塑料产业再领上一个新的台阶。

参考文献

- [1] 刘英俊,刘伯元.塑料填充改性[M].北京:中国轻工业出版社,1988:192-193.

DEVELOPMENT OF COMPOUNDING AND EXTRUSION TECHNOLOGY AND COMPLETE EQUIPMENT FOR NEW POLYMER

Ma Yongjin, Li Shitong

(Tianhua Institute of Chemical Machinery & Automation, Lanzhou 730060, China)

ABSTRACT Combined with the study on compounding and extrusion technology and complete equipment and technology in the new polymer materials, the achievement and development of those in our country were introduced. Furthermore, some suggestions on research and development of compounding and extrusion technology in the future were given.

KEYWORDS polymer, compounding and extrusion, twin screw extruder, equipment

“CHINAPLAS 2011 国际橡塑展”喜迎第 25 届盛会

“CHINAPLAS 2011 国际橡塑展”(第二十五届中国国际塑料橡胶工业展览会)将于 2011 年 5 月 17 日至 20 日在广州·中国进出口商品交易会琶洲展馆隆重举行。本届展会规模将继续增长,展会总面积超过 16 万平方米,大会预计将吸引来自 35 个国家及地区的 2200 多家知名企业,包括来自奥地利、加拿大、法国、德国、意大利、日本、英国、美国、中国、中国台湾及印度等国家及地区的展团,携手展示 1900 多台橡塑机械及化工原材料。

1 知名企业多年参与 展会展商协会互相支持

“CHINAPLAS 国际橡塑展”多年来的优秀成绩是有赖于展商长期以来的鼎力支持。国际领先的注塑企业德马格宁波、全球著名热流道技术供货商马斯特模具均表达了对“CHINAPLAS 国际橡塑展”的忠实支持,并祝愿“CHINAPLAS 国际橡塑展”于将来继续进步,取得更大的成功,引证“CHINAPLAS 国际橡塑展”与展商的深厚及友好关系。

除了展商外,“CHINAPLAS 2011 国际橡塑展”亦荣获多个用家协会鼎力支持,包括:上海市经济团体联合会、上海市汽车行业协会、上海医疗器械行业协会口腔工艺专业委员会、上海市化学建材行业协会、上海电器行业协会、上海市饮料协会、上海市通信制造业行业协会、上海计算机行业协会、上海玩具行业协会、上海日用化学品行业协会、上海市摩托车行业协会、深圳市电子商会、龙江镇经济促进局、中国塑料加工工业协会流延膜专委会、中塑协医用塑料专委会、深圳市玩具行业协会及佛山市模具行业协会等。

2 精彩同期活动 喜迎 25 届盛会

为庆祝二十五届的盛会,主办单位将隆重举行一系列同期活动。主办方将推出“携手共塑 CHINAPLAS 二十五届电子庆祝特刊”,内容包括“CHINAPLAS 国际橡塑展”历年来的里程碑、捕捉了历届“CHINAPLAS 国际橡塑展”的珍贵时刻的照片以及各大展商、协会给“CHINAPLAS 国际橡塑展”的贺辞等。而为了答谢各方一直以来的支持,“CHINAPLAS 国际橡塑展”特别举办第二十五届庆祝晚宴,出席晚宴的贵宾将包括各橡塑行业协会代表、展商、龙头买家、媒体等。

3 紧贴环保趋势 举办绿色活动

“CHINAPLAS 国际橡塑展”将举行充满环保概念,名为“回收(瓶)台共创纪录”的同期庆祝活动。这次活动将会收集大量已使用的塑料瓶,用以制作一个破纪录的环保雕塑。届时,超过八万名参展商及国内外观众将可于展馆的中心位置欣赏这件环保雕塑。继上届展会同期的绿色论坛热烈反应,“CHINAPLAS 国际橡塑展”将于今届举办“低碳塑料论坛”。主办方将邀请业内的精英成为论坛的演讲嘉宾,从生产技术及市场供销的层面探讨关于低碳塑料的实际应用,以及在现场观众分享成功个案及突破性的科研成果等。

4 立即进行预先登记 尽享连环优惠

“CHINAPLAS 2011 国际橡塑展”网上观众预先登记现已开通,立即上网进行登记,即可豁免入场费人民币 20 元及于开展前收到观众入场名牌等最新优惠(优惠至 3 月 15 日止),欢迎浏览展览会网页 <http://www.ChinaplasOnline.com>。