

聚合物共挤出技术及其应用*

戚 宁 柳和生 黄兴元

(南昌大学机电工程学院聚合物成型实验室,南昌 330031)

摘要 综述了聚合物共挤出技术近年来的发展及应用,包括多色共挤出技术及问题、微米层/纳米层共挤出技术 & 优势、共挤绝缘橡胶管感应器,以及多层共挤中空容器共挤出技术及应用。介绍了气体辅助共挤出成型技术 & 其优势。

关键词 共挤出 多层复合 加工 聚合物 气体辅助

由于聚合物具有质轻、绝缘、耐化学腐蚀、易成型加工等优点,并且某些聚合物具有弹性、透明、美观等特殊性能,因而被广泛地应用于工农业生产、交通运输、医疗、国防及日常生活中。但聚合物的力学强度和表面硬度较低、易燃和耐热性差等缺点限制了它的使用范围。聚合物在日光、温湿度、机械应力等环境因素长期作用下,性能有逐渐变劣的趋势称为“老化”,老化时聚合物颜色变暗、表面产生裂纹、力学强度和电绝缘性能降低。单一组分的聚合物难以克服以上缺点,为了更好地满足制品的使用和加工性能,以及外观等方面的特殊要求,多组分的复合材料制品应运而生^[1]。

用多种方法可以制取多组分的复合材料制品,采用共挤出工艺是最简单易行的一种方法,目前已成为当代最先进的塑料成型加工方法之一。聚合物共挤出工艺是一种使用数台挤出机分别供给不同的熔融料流,在一个复合机头内汇合共挤出得到多层复合制品的加工过程。它能够使多层具有不同特性的物料在挤出过程中彼此复合在一起,使制品兼有几种不同材料的优良特性^[2],在性能上进行互补,从而得到特殊要求的性能和外观,如对氧和湿气的阻隔能力、着色性、保温性、热成型和热粘合能力,以及强度、刚度、硬度等力学性能。这些具有综合性能的多层复合材料在许多领域中有极其广泛的应用价值。此外,它还具有大幅度降低制品成本、简化流程、减少设备投资、复合过程不用溶剂、不产生三废物质等很多优点。因此,共挤出技术被广泛用于复合薄膜、板材、管材、异型材和电线电缆的生产^[3]。

1 多层共挤中空容器共挤出技术及应用

随着塑料工业的飞速发展,塑料制品给人们的生活提供了越来越多的方便,塑料中空容器作为传统容器的优良替代品,正越来越多地应用于人们的生产生活中。随着用途的不断扩展,塑料中空制品的新材料、新工艺不断出现,使其性能日趋完美。特别是多层共挤出技术作为最重要和最有发展前景的中空塑料制品生产技术,它的发展改变了塑料中空容器的功能和产品结构,适应了市场不断发展的需求。

多层共挤吹塑工艺是通过复合模头把几种不同的原料挤出吹制成型中空制品而使制品获得优异的综合性能,具备对水蒸气、CO₂、O₂或汽油等的阻隔性能。随着对产品性能要求的提高,单纯采用某一种原料无法满足包装的各种需

要。多层共挤出技术作为一种特殊的生产技术,正是利用材料的特点优势互补,大大改善了制品的各项性能,如阻隔、密封、耐腐蚀、耐高温、耐低温、抗菌、无毒、保鲜等性能。

1.1 农药包装“以塑代玻”

我国是世界第二大农药生产国,可生产农药 200 多个品种,年生产能力超过 75 万 t,产量近 40 万 t,其中 2/3 为液态剂型。目前农药采用塑料容器包装的仅占 10%,长期以来液态剂型农药一直采用玻璃瓶包装,其主要的缺点是破损率高、内塞密封不良、严重泄漏,玻璃瓶上的刻度不精确、计量不准,难以回收、瓶子太重、运输费用高。

采用多层共挤高阻隔塑料瓶包装可避免农药的泄漏、挥发,有效地保持药剂的药效,避免在包装运输过程中产生破碎及农药的扩散、污染环境,有利于避免因产品包装不善所造成的环境污染及经济损失。现实证明了塑料瓶包装农药、农用试剂具有良好的发展前景^[4]。

1.2 多层共挤汽车油箱“以塑代钢”

近年来,随着我国经济和制造能力的提高,中国的汽车生产能力得到大幅度提高,中国汽车产量从 2002 年的 300 万辆上升到 2007 年的 888.24 万辆。燃料油箱是汽车重要的安全部件,它必须牢固、密封、阻燃、耐冲击、不易渗漏。传统油箱通常由金属制造,塑料油箱因其质量轻、造型随意、加工方便、安全防爆等诸多优点正得到越来越广泛的普及。

随着环保意识的提高,欧盟、北美制定了一系列汽车燃油系统的渗油标准。我国北京已从 2005 年 12 月 30 日起,对所有在京销售的车辆规定了新的排放标准(相当于 EURO III 标准)。照此标准,目前普遍采用的单层塑料油箱已不能满足新标准的要求。多层共挤油箱因其卓越的阻隔性能、加工性能、稳定性能、综合成本优势和环保等优点正得到越来越多的关注及认可。表 1 是不同结构燃料油箱阻透性比较。

图 1 是汽车多层共挤塑料油箱的 6 层结构。国外最新采用 ARKEMA 公司的 PA 合金 Orgalloy 取代内层高密度聚乙烯(HDPE),来进一步提高汽车油箱的阻隔性能,提高其

* 国家自然科学基金项目(20664002,50273012)、江西省自然科学基金项目(0620033)

收稿日期:2009-01-20

表 1 不同结构燃油油箱阻透性比较

燃油油箱结构	透油性 / $\text{g} \cdot (\text{24 h})^{-1}$	备注
HDPE 单层油箱	10	油箱体积 40 L、 油箱壁厚 5 mm、 温度 40℃。
6 层共挤吹塑油箱 (PA 型 ¹⁾)	2	
6 层共挤吹塑油箱 (E/VAL 型 ²⁾)	1	

注:1) 尼龙 (PA); 2) (乙烯/ 乙烯醇) 共聚物 (E/VAL)。
力学性能、耐化学药品性能和热稳定性能。6 层不同的物料通常有 6 个独立的挤出机挤出 (如图 2 所示), 然后进入共挤模头 (如图 3 所示)。

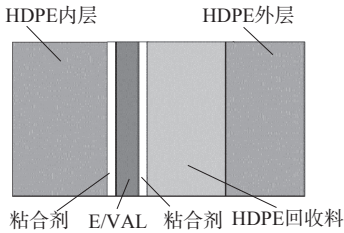


图 1 6 层汽车油箱厚薄分布示意图

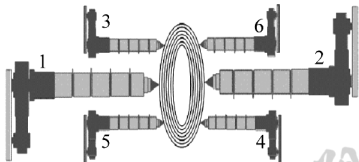


图 2 6 台挤出机分布示意图

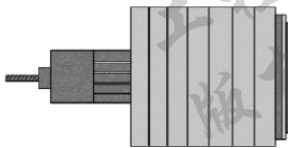


图 3 共挤模头

粘合剂的选择是生产高阻隔、高性能耐用多层共挤汽车塑料油箱的关键。多层共挤塑料油箱生产中马来酸酐含量合适的粘合剂的选择、加工工艺、设备,尤其是共挤模头和流道的设计、油箱结构如每层的分配及厚薄的均匀分布等都对多层共挤油箱粘合强度的影响很大^[5]。

1.3 啤酒包装用高阻隔性多层容器

以聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 为基层,与高阻隔性塑料组合,制造啤酒包装用高阻隔性多层容器,是近年来高阻隔性共挤吹塑容器的一大热点,许多国家都投入了大量的人力、物力开展这方面的工作。虽然这类产品在性价比方面尚未达到十分理想的程度,其发展势头值得高度关注。这方面的工作可以举例如下: ① PET 为主层、E/VAL 为阻隔层的 PET/(E/VAL)/PET 多层结构的高阻隔瓶,1997 年已被英国的 Bass 公司用于包装啤酒并上市供应。② PET 为主层、芳香尼龙 MXD 为阻隔层的 PET/MXD6/PET 多层结构的高阻隔瓶,1998 年已被法国的 karlsberg 公司用于包装啤酒并上市供应。③ PET 为主层、含吸氧活性层的高阻隔瓶,1998 年美国啤酒商 Miller 公司已使用 CPT 公司利用活性包装技术生产的多层瓶包装啤酒并上市供应。E/VAL、MXD 等高阻

隔树脂层的引入,大大提高了塑料瓶的阻隔性,但对啤酒的包装尚嫌不足,于是开发了所谓活性包装技术,即在 MXD 中 (或在一个共聚酯层中) 掺混特种金属盐催化剂制成阻隔层,当空气中的氧进入该层时,在催化剂的作用下,MXD (或共聚酯) 与氧产生化学反应吸氧,而使瓶壁对氧发挥出更高的阻隔性。国内厂商上海紫江集团、珠海中富集团也在以 PET 为基层,与阻隔性塑料组合而成的多层容器方面进行了大量工作,并在啤酒包装方面得到了应用^[6]。

2 共挤出技术在传感器中的应用

电感应聚合物 (EAPs) 是一类能在外部电场变化影响下改变自身形状的材料,这种能量的转化 (电能转化为机械能) 是当前基于材料感应的传感器一个新发展方向的理论基础。在一对电极之间夹着一个电感应聚合物平板,而静电引力就能使得电感应聚合物的形状发生变化,这就是一个简单的绝缘橡胶传感器 (DEAs),它的优点是快速,因为变形并不依赖于分子重组。

为了设计出能够大规模生产、实用、便宜的绝缘橡胶传感器,国外专家正在研究采用便宜的材料通过复合共挤出技术来制造这种传感器。

柱状或管状传感器 (如图 4) 早些时候由 R. Pelrine 等^[7]提出,随后由 T. Ghosh 等^[8]和 F. Carpi 等^[9]作了论证。F. Carpi 的试验装置是把市场上购置的二甲基硅氧烷管切成一定长度,在管中间填满含有导电材料的树脂充当电极。如果管子长度稍长,树脂就很难填进去。而共挤出技术可以很好地解决这个问题,这也为大规模生产和降低成本提供了必要条件。

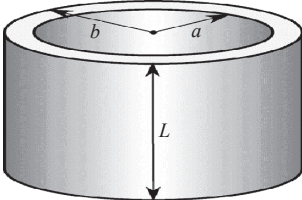


图 4 柱状或管状传感器

C. G. Camerona 等^[10]采用共挤出技术重新制作了试验装置,他们采用热塑性聚合物作为外层,芯层采用掺入石墨的二甲基硅氧烷熔体,采用它们是因为它们既柔软又容易进行挤出成型加工,挤出成型口模如图 5 所示。

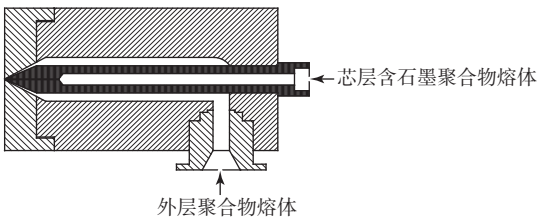


图 5 共挤模头

共挤出的传感器直径约为 1 mm,而外层绝缘聚合物厚度则小于 100 μm 。试验结果表明,尽管因为共挤出过程中芯层可能夹杂气泡或石墨分布不连续等原因导致传感器样品电阻差异很大,但由这些样品组装的传感器的表现还是令

人很满意。试验也论证了绝缘橡胶传感器具有采用共挤出技术大规模生产的潜力。

3 微米层/纳米层共挤出技术的研究进展

众多天然与合成材料因其固有或成型加工中形成的层状结构而具有特殊的性能。例如,珍珠母的高柔韧性取决于其自身的层状结构^[11],而钢铁的微层化(1~5 μm 的厚度可分为2500层之多)同样可大大提高材料的韧性^[12]。值得注意的是,这种结构的形成也可应用于聚合物材料中。聚合物微米层/纳米层共挤出技术是指将两种或两种以上聚合物共挤出形成几十乃至上千交替层的复合物,所获得挤出层的厚度可以是微米级甚至达到纳米级^[13~14]。由于该技术不仅可以获得普通多层共挤出(通常只有3~7层)无法比拟的力学、光学、阻透及电性能等,而且因其具有很大的比表面积及良好的均匀性,特别是二维的结构,为研究聚合物两相间的粘结、扩散及结晶等基础理论提供了可靠的模型体系,从而备受研究者的青睐^[15]。

3.1 微米层/纳米层共挤出的工作原理

微米层挤出技术是由 W. J. Shrenk 等首先提出的^[16~17],其共挤出系统见图6。这使得在线连续熔体挤出具有几千层交替热塑性聚合物的复合结构成为可能。该共挤装置是由两台单螺杆挤出机、两个熔体泵、共挤模块及多层化口模组成^[18]。熔体泵控制熔体流向喂料区形成两平行流层,然后流经一系列的分层单元。在分层过程中,层的结构经历垂直分成二料流、水平展开及重新合并,从而使层的数量倍增。很明显 n 个分层单元将形成 2^{2n+1} 共挤层。该装置已成功地实现4096层、单层厚度低于100 nm 的纳米层共挤出^[19]。

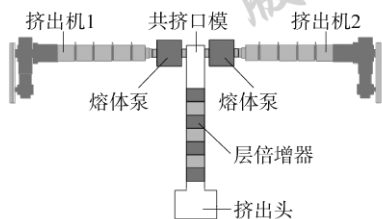


图6 二单元微米层共挤系统单元的布局图

3.2 微米层/纳米层共挤材料的独特结构及其应用领域

(1) 新型共混材料

微米层/纳米层共挤直接赋予材料具有很大纵横比的微米甚至纳米片层结构,是制备具有新型形态结构共混材料的有效途径。例如,将聚丙烯(PP)和PA66在二者的熔点以上进行微米层/纳米层共挤出,经淬冷、切割,然后在两聚合物的熔点之间进行注塑,这样PA66相就可保留下来并以片状的形式分散于各向同性的PP基体中^[20]。PA66相在最终制品中仍以大纵横比的片层结构存在,因提高材料扩散通道的迂回性而使其阻透性能比普通共混高出4~5倍。

(2) 阻透材料

阻透性能是评价包装材料好坏的一个重要指标。一般来说,分子取向和结晶可提高聚合物的阻透性能。这是由于聚合物未占有体积的多少决定了分子的吸附和扩散过程

(自由体积理论)。半结晶聚合物的片晶、取向聚合物的伸长晶中的链折叠通常比无定形、各向同性状态下材料的阻透能力要高得多。结晶相的链折叠有效地降低了气体传输所必需的自由体积。微米层/纳米层有限的层空间能有效地促进聚合物分子链的取向和结晶,从而达到增强材料阻透能力的目的^[21]。

(3) 导电材料

微米层/纳米层共挤出可以促使导电填充体系形成一个有序的各向异性的二维导电结构。采用镍粉(平均厚度1 μm,纵横比为1~20)作为填充层,PP为基体,其渗透阈值为8%(质量比,其它同),比普通填充方法(如模压共混,渗透阈值35%)低得多^[22~23]。这是由于微层间的尺寸限制提高了镍粉的取向及颗粒与颗粒之间的接触概率。非填充层将填充层隔离开可以形成许多独立的导电通路,从而减少填充料的用量。因为微米层/纳米层尺寸的限制使颗粒的三维空间排列简化为二维空间排列,这有利于研究导电通路的作用机理,特别是当层厚度与金属填料颗粒尺寸相当时的导电体系的转变行为。

3.3 微米层/纳米层共挤出技术前景广阔

微米层/纳米层共挤出技术可将具备不同特性的聚合物交替结合起来成为综合性能优异的材料。微米层/纳米层共挤材料自身富有与高分子链尺寸相当的一维微米甚至纳米级层结构,这种有序的交替结构是传统共混技术所难以达到的,势必赋予材料独特的性能,诸如前面所述的力学性能、阻透性能、电学性能等。因为微米层/纳米层尺寸限制使颗粒的三维空间排列简化为二维空间排列,具有相当大的二维界面面积,可以简化三维体系的复杂问题来研究和改善界面性质(如扩散与粘结)。该技术既有较强的实际应用价值又有较高的理论研究意义,将会受到更广泛的关注^[24]。

4 多色共挤出技术及问题

随着建筑市场对于塑料门窗需求的不断增长及建筑个性化要求的提高,过去的单一白色型材已不能满足现代建筑的多样化需求。彩色型材的出现满足了现代建筑个性化、多样化的需求。目前彩色型材主要有共挤、喷涂、覆膜、通体等4种生产方法。所谓共挤即共挤层原料用专用挤出机塑化后,在口模内与聚氯乙烯(PVC)基料熔合在一起,在白色PVC型材外可视面共挤上一层彩色物质。共挤法依据共挤层原料的不同,又可分为聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)/PVC共挤、PVC/PVC共挤、(丙烯腈/苯乙烯/丙烯酸酯)共聚物(ASA)/PVC共挤。PMMA被公认为耐候性最好的树脂,已有几十年的户外使用经验。因此PMMA/PVC共挤法目前正逐步被广大厂家所采用。

4.1 PMMA/PVC共挤型材生产

PMMA/PVC共挤型材生产中需采用2台挤出机。1台挤出机用于白色PVC混合料的塑化和挤出,另1台则用于彩色PMMA的塑化和挤出,后者通常采用直径较小的单螺杆挤出机。两种物料的熔体通过一机头挤出。挤出口模的

物料被牵引入定型模及水箱,经过冷却后即可得合格型材。PMMA 树脂在挤出前需经过干燥处理,挤出时加工温度一般为 210 ~ 230℃。若对共挤层表面亮度有要求,还可在型材定型后进入牵引机之前进行抛光。经过抛光的型材共挤层表面亮度较高,大大提高了共挤型材的整体质量。

4.2 彩色共挤型材生产中常见的问题分析

(1) 共挤层表面颜色不均匀

彩色 PMMA/PVC 共挤型材生产中,最常出现的问题是共挤层表面颜色不均匀,有白印。出现这种问题的原因一是 PMMA 物料中有未熔化的杂质堵塞共挤流道;二是由于操作不当致使 PVC 物料堵塞共挤流道。PMMA/PVC 共挤型材生产中,共挤机一般为单螺杆,螺杆直径较小。主机一般为螺杆直径相对较大的双螺杆挤出机。主机机头压力较大,而共挤机机头压力较小。因此,在 PMMA/PVC 共挤型材生产中,应先开共挤机,待 PMMA 物料被挤出后,再开主机。若操作不当,先开主机,有可能致使 PVC 物料堵塞共挤流道。由于 PVC 物料流动性较差,且共挤机机头压力较小, PVC 物料很难被带出共挤流道,导致共挤层表面出现白印。

(2) 共挤层与基体型材粘结不牢

彩色 PMMA/PVC 共挤型材 PMMA 共挤层与 PVC 基材应完全熔合在一起。但在生产中,有时会出现共挤层与基体型材粘结不牢、分层现象,即 PMMA 共挤层从 PVC 基材上脱落。出现这种问题一般是由于共挤机温度设定较高或主机温度设定较高,导致 PMMA 或 PVC 分解,分解后的物料内部含有大量气泡,密实度及粘度均降低,因此其熔合强度也降低。在用共挤型材进行门窗制作过程中,在锯切部位会引起脱皮现象(PMMA 共挤层从 PVC 基材上脱落)。解决这种问题的方法一是严格控制工艺温度,防止 PMMA 或 PVC 分解;二是改进共挤口模,加大两种物料在共挤口模内的熔合长度。通过这两项改进,共挤层与基体型材粘结不牢、分层问题一般可得到解决。

5 气体辅助共挤出成型技术

传统的共挤出成型技术基本上都是采用非滑移粘着剪切口模挤出机理,存在能耗大、挤出制品质量提高困难等缺陷,主要表现在口模压降大、挤塑压力高、制品内应力和翘曲变形大、离模膨胀大、界面不稳定、制品表面质量降低等。解决这一棘手技术难题的指导思想是降低熔体与共挤口模之间的粘着力,以降低挤出压力,从而提高制品表面质量,气体辅助共挤出应运而生。

5.1 气体辅助挤出成型技术

气体辅助挤出成型技术由英国的 R. F. Linag 等^[25]于 2000 年首次研制成功。该技术创新之处在于通过气体辅助挤出控制系统和气体辅助挤出口模,在口模挤出过程中,使聚合物熔体和口模之间形成气垫膜层,从而使现有的非滑移粘着剪切口模挤出方式转化为气垫完全滑移非粘着剪切口模挤出方式,该技术是一种有效的口模减粘降阻的先进技术手段。采用这种全新的气垫完全滑移非粘着剪切口模挤出

方式,不仅可使口模压降降低 40% 左右,而且可使聚合物挤出制品的内应力和翘曲变形大为降低,离模膨胀基本得到消除。

5.2 气体辅助共挤出成型技术

将气体辅助挤出成型技术和共挤出成型技术有机结合,使之形成一种全新的气体辅助共挤出成型技术(以下简称气辅共挤出成型)。其成型工艺是通过气体辅助共挤出控制系统和气体辅助共挤口模,在共挤口模挤出过程中,使多层聚合物熔体与共挤口模模壁之间形成气垫膜层,从而使传统的非滑移粘着剪切口模共挤出方式转化为气垫完全滑移非粘着剪切口模共挤出方式。该技术的成型系统主要由气辅共挤出系统、传统的挤出机(多台)和气辅共挤出口模三部分组成。其流程如图 7 所示,气垫膜层示意图见图 8。

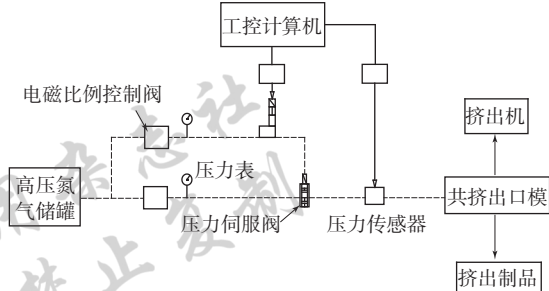


图 7 气辅共挤出成型流程图

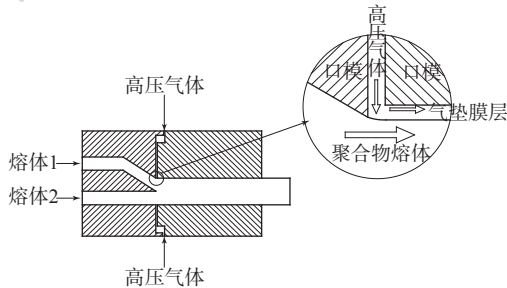


图 8 气垫膜层示意图

5.3 气体辅助共挤出成型的优点

(1) 研究表明,气辅共挤口模压降显著小于传统共挤,而产生这一结果的根本原因就是其边界的完全滑移非粘着条件。由此可见,气辅共挤出成型技术是一种有效的口模减粘降阻先进技术手段。它不仅能降低挤出压力和节省能耗,而且能降低模具损耗、延长模具使用寿命、降低生产成本和减小制品内应力和翘曲变形。

(2) 气辅共挤出不仅能显著地降低挤出口模的压降,节省能耗,而且能有效地消除熔体分层界面的不稳定现象^[26]。

6 结语

多色共挤、微米层/纳米层共挤材料、多层共挤中空容器是近年来发展较快的共挤出新技术,具有广阔的发展前景。共挤绝缘橡胶管传感器是共挤技术在传感器制造方面的最新应用。但是传统的共挤出技术存在很多难以解决的问题,气体辅助共挤出成型技术可以有效地解决共挤出成型过程中的技术难题,将是未来共挤出成型技术的重要研究方向。

参考文献

- [1] 秦晓楠,等. 橡塑技术与装备,2001,(4):1-6.
- [2] 贾明印,等. 工程塑料应用,2006,34(1):66-69.
- [3] 周宏志,等. 橡塑技术与装备,2004,30(9):4-14.
- [4] 陈新辉. 塑料包装,2007,17(1):13-20.
- [5] 顾永安. 塑料工业,2006,34(6):64-67.
- [6] 陈昌杰. 塑料包装,2006,16(1):11-16.
- [7] Pelrine R, et al. Sensors and Actuators A: Physical, 1998, 64(1): 77-85.
- [8] Ghosh T, et al. Sensors and Actuators A, 2007, 136: 321-328.
- [9] Carpi F, et al. Mater Sci Eng C-Biomimetic Supramol Syst, 2004, 24: 555-562.
- [10] Cameron C G, et al. Sensors and Actuators A: Physical, 2008, 147: 286-291.
- [11] Sarikaya M, et al. Biomimetics: Design and processing of materials [M]. New York: The American Institute of Physics, 1995: 35.
- [12] Sherby O D, et al. Science Amer, 1985, 252: 112-114.
- [13] Im J, et al. High performance polymers[M]. New York: Hanser Publishers, 1991: 175.
- [14] Pan S J, et al. Polym Sci Part B: Polym Phys, 1990, 28(7): 1105-1119.
- [15] Baer E, et al. ANTEC Soc Plast Eng, 1999, 57(3): 3947-3951.
- [16] Baer E, et al. Science, 1987, 235: 1015-1022.
- [17] Schrenk W J, et al. Polym Eng Sci, 1969, 9(6): 393-399.
- [18] Alfrey T J R, et al. Polym Eng Sci, 1969, 9(6): 400-404.
- [19] Mueller C D, et al. Polym Eng Sci, 1997, 37(2): 355-362.
- [20] Jarus D, et al. Polym Eng Sci, 2001, 41(12): 2162-2171.
- [21] Sekelick D J, et al. J Polym Sci Part B: Polym Phys, 1999, 37(8): 847-857.
- [22] Nazarenko S, et al. J Mater Sci, 1999, 34: 1461-1470.
- [23] Mueller C, et al. Polym Proc Eng, 1997: 137-157.
- [24] 陈红燕,等. 中国塑料,2003,17(7):1-5.
- [25] Linag R F, et al. Journal of Rheology, 2001, 45(1): 211-226.
- [26] 蔡奎,等. 塑料工业,2006,9(2):38-41.

THE COEXTRUSION TECHNOLOGY AND ITS APPLICATION

Qi Ning, Liu Hesheng, Huang Xingyuan

(Laboratory of Polymer Molding, Institute of Machinery and Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

ABSTRACT The development and the uses of coextrusion in recently were introduced briefly, including colour coextrusion, micro-layer/nanolayer coextrusion technology, linear actuation in coextruded dielectric elastomer tubes, coextruded multi-layer hollow container technology. Gas-assisted coextrusion technology and its advantages were introduced also.

KEYWORDS coextrusion, multi-layer compound, process, polymer, gas-assisted

优惠销售 2000 ~2008 年中国工程塑料加工应用技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国工程塑料工业协会加工应用专委会为了配合 2000 ~2008 年先后召开的中国工程塑料加工应用技术研讨会共编辑、出版了 9 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术,以及文献综述、评论等,尤其突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析,应对 REACH、RoHS 的对策等行业规则、政策。现尚有部分《论文集》以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘,以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订阅。

1. 《论文集》,优惠价 240 元/套,单册价格如下:

《2008 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇,正文 351 页,50 元/册;

《2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇,正文 343 页,45 元/册;

《2006 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇,正文 346 页,含中国工程塑料工业“十一五”发展规划,40 元/册;

《2005 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》, 论文 100 篇,正文 338 页,35 元/册;

《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇,正文 337 页,30 元/册;

《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文

集》,论文 105 篇,正文 373 页,25 元/册;

《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇,正文 351 页,20 元/册;

《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》, 论文 80 篇,正文 270 页,20 元/册;

《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》, 论文 100 篇,正文 339 页,20 元/册。

2. 论文集光盘,优惠价为 160 元/盘。

本光盘除收录上述 9 本《论文集》的全部内容外,还包括约 1800 人次的会议代表通讯录。

凡需购买《论文集》或论文集光盘的读者,请尽快办理邮购手续。汇款时请注明“论文集”或“论文集光盘”。

邮局汇款

收款单位:山东济南市 108 信箱杂志社 邮编:250031

电话:(0531) 85878057 85878223 85878278

传真:(0531) 85947355 85878057

银行汇款

户名:中国兵器工业集团第五三研究所

开户银行:济南市工商银行经十一路支行

帐号:1602001229014425546

网上订购 <http://www.epa1973.com>