

多层共挤复合膜的研究进展

甄竹云,王煜雯,龙云瑞,邢 倩*,翁云宣
(北京工商大学化学与材料工程学院,北京 100048)

摘要:多层共挤法作为一种一次性成型的加工方法,避免了传统的复合、涂附等后加工工艺,可以有效降低生产成本;同时,采用多层共挤出的方法制备的薄膜兼具多种聚合物的优良性能,在食品、医药、日化等领域已有广泛应用,具有良好的发展前景。本文对多层共挤复合薄膜的结构、性能、应用领域进行了概述,着重介绍了可降解多层共挤复合膜,并对其发展趋势进行了展望。
关键词:多层共挤;生物降解;力学强度;阻隔性能

1 多层共挤复合膜概述

聚合物的多层共挤技术是指将不同物料采用多台挤出机挤出,然后通过一个多流道的复合模头,汇合挤出,经过冷却定型、收卷,最终得到具有多层结构的复合制品的加工过程,如图 1 所示^[1,2]。多层共挤法作为一种一次性成型的加工方法,避免了传统的复合、涂附等后加工工艺,可以有效降低生产成本;同时,采用多层共挤法制备的薄膜,在结构和功能上十分灵活,能够使多种具有不同特性的聚合物在挤出过程中以不同结构进行结合,从而赋予薄膜不同的优良性能,如热封性、阻隔性、降解性以及强度、刚度、硬度等机械性能,在食品、医药、日化、电子产品等领域已有广泛应用,具有良好的发展前景^[3,4]。

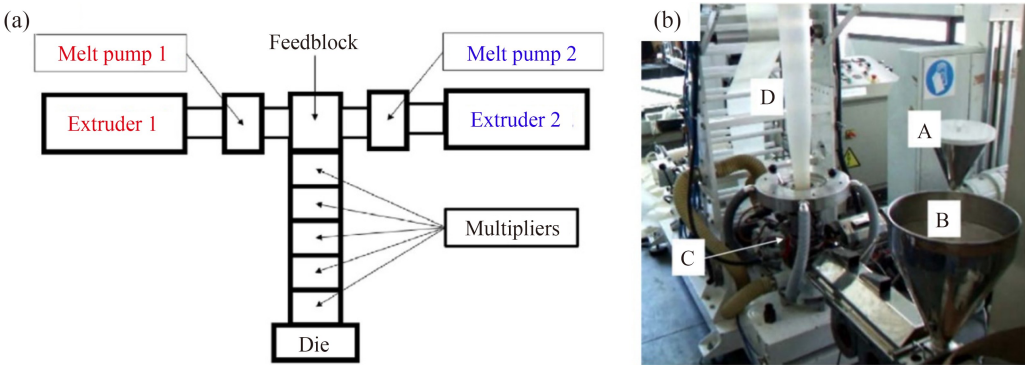


图 1 多层共挤示意图(a)和吹膜过程(b)。A: 为管状共挤模头(C)提供外层的挤出机。B: 为管状共挤模头(C)提供内层的挤出机。D: 双层膜泡(2020 John Wiley & Sons, Inc. 版权许可^[1], 2015 John Wiley & Sons, Inc. 版权许可^[2])

Figure 1 Scheme of Multi-layer co-extrusion (a) and film blowing process(b). A: extruder feeding the coextrusion tubular die (C) with the external layer. B: extruder feeding the die C with the internal layer. D: bilayered bubble (Reprinted with permission from Ref. [1]; Copyright 2020 John Wiley & Sons, Inc. ; Reprinted with permission from Ref. [2]; Copyright 2015 John Wiley & Sons, Inc.)

10. 14028/j. cnki. 1003-3726. 2022. 10. 005
收稿:2021-01-13;修回:2021-11-26;
基金项目:国家自然科学基金自助项目(51403210),北京市自然科学基金自助项目(2192015);
作者简介:甄竹云(1994-),女,北京工商大学硕士研究生,主要从事生物降解高分子多层膜结构性能研究;
* 通讯联系人:邢倩,Tel:010-68985337; E-mail: xingqian@btbu. edu. cn.

2 多层共挤复合膜的结构

典型多层共挤出复合薄膜一般可分为支撑层(A)、粘合层(B)、功能层(C),如图 2 所示。

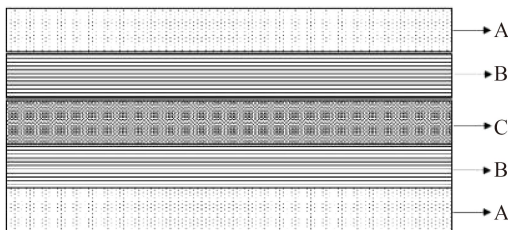


图 2 五层共挤膜的结构

Figure 2 Structure of five-layer co-extrusion film

2.1 支撑层

在多层共挤薄膜中,支撑层一般置于多层复合薄膜的内、外表面,具有较好的物理机械性能以及良好的热封性能,对功能层具有良好的保护支撑作用和热封作用。通常在复合薄膜中用作支撑性材料的主要有聚乙烯(LDPE、HDPE、LLDPE)、聚丙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物等^[4]。

2.2 粘合层

在共挤出薄膜的加工中,并非所有的材料都能很好地直接复合成膜,需考虑材料之间的粘合性问题。在 高分子材料中,通常结构相似的材料才相亲合,在多层共挤出时才能均匀、牢固地复合在一起。因此,对结构差异较大、溶度参数相差较远的聚合物之间需采用粘合树脂进行粘合。粘合聚合物的选择需要根据支撑层和功能层的材料进行选择,主要有酸酐改性的聚烯烃、离子树脂等。

2.3 功能层

多层共挤出薄膜的功能层,通常置于多层复合薄膜的中间,是决定共挤出复合膜功能的关键。例如,可以选用聚偏氯乙烯(PVDC)、乙烯-乙烯醇共聚物(EVOH)、聚己二酰间苯二甲胺(MXD6)等高阻隔树脂,具有良好的阻隔性能^[5]。

3 多层共挤复合膜的性能

多层共挤膜的目的主要是将不同聚合物组合在一起,从而制备出具有综合多样性能的薄膜,例如具有良好的强度、阻隔性、光学性能、防雾、抗菌、抗穿刺性能等^[6~15]。可以通过利用倍增器(Layer multiplying elements, LME 分层叠加单元)改变多层共挤膜的层数、改变多层共挤过程中物料受到的力场、改变多层膜的组分等方法来调节复合膜的结构与性能^[1,16~20]。其中可以通过添加倍增器的方法制备出具有微纳多层结构的样品。这种工艺是将倍增器放置在传统共挤工艺的口模处,倍增器将聚合物熔体流动垂直分隔成两部分,然后通过分层叠加单元将它们重新组合,在保持整个厚度不变的情况下,每次通过倍增器后,层数乘以 2,因此将它们各自的厚度除以 2。最后微纳层材料经定型口模挤出,冷却定型后,最终可以得到交替排列的多层结构,如图 3 所示^[20]。层数(N)与分层叠加单元个数(n)的关系为 $N = 2^{(n+1)}$ 。通过这种方式形成的微纳层材料由于具有特殊的受限结构/界面层结构,因此,通常具有优异的力学、阻隔以及光学等性能。

Sauza 等^[1]使用连续多层共挤出工艺制备了具有 16、32 和 64 个交替层的乙烯-乙烯醇共聚物(EVOH)/低密度聚乙烯(LDPE)多层膜/泡沫复合材料,并研究了该复合材料的氧气透过率和力学性能等。实验结果表明:材料组成和层数对其拉伸以及氧气透过率等性能有显著影响。泡沫层含量增加后,体系密度降低,氧气透过率增加;体系层数增加后,拉伸强度、断裂伸长率以及氧气透过率增加。当层数为 32 层时,EVOH/LDPE 薄膜/泡沫材料的机械性能和阻隔性能最佳。

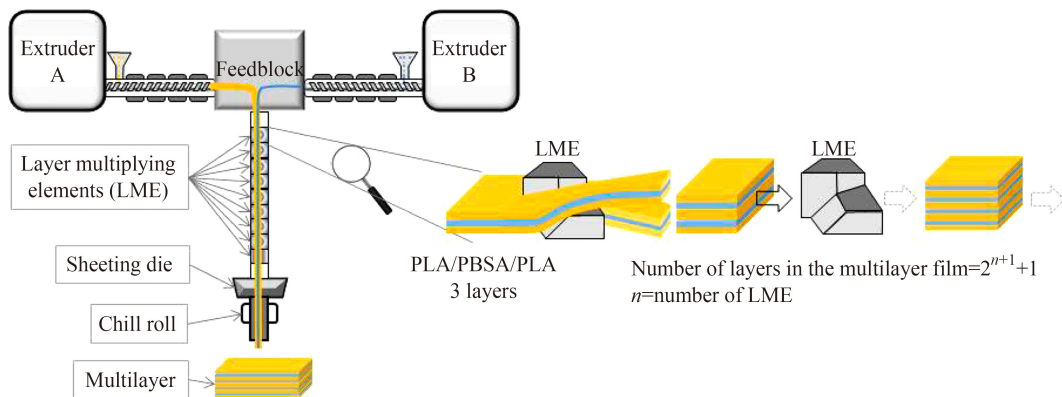


图 3 配备倍增器的连续双组分共挤工艺示意图(2017 American Chemical Society 版权许可)^[20]

Figure 3 Schematics of the continuous two-component coextrusion process equipped with the multiplying-element device (Reprinted with permission from Ref. [20]; Copyright 2017 American Chemical Society)

Montana 等^[16]利用多层共挤技术制备了甲基丙烯酸甲酯-丙烯酸丁酯-甲基丙烯酸甲酯共聚物(MAM)三嵌段自组装纳米薄膜。通过倍增器,实现了每种组分上千个交替的连续纳米层,而在纳米层内,甲基丙烯酸甲酯-丙烯酸丁酯-甲基丙烯酸甲酯是自组装的,呈圆柱形。将所得薄膜的力学性能与纯 PMMA 和传统挤出 PMMA/MAM 共混物进行了比较。与纯 PMMA 相比,多层膜在横纵向的断裂韧性可以获得显著的增强(断裂伸长率可提高 20 倍左右);与传统共混物相比,断裂伸长率提高了 4 倍左右。

Luo 等^[17]使用自制的旋转共挤吹膜模头(RCBD)制备了聚乙烯(PE)三层膜,在这种独特的吹膜模头中,每层的熔体都受到剪切循环和压力流共同作用的流场。施加在熔体上的环向应力可促进分子沿横向(TD)取向,提高了晶体完善性、体系的结晶度,从而使多层膜横向的热收缩和力学性能得到改善。薄膜的 TD 收缩率和收缩力分别提高了 141%和 88%,薄膜的 TD 拉伸强度提高了 40%。

特殊尼龙 MXD6 是间苯二甲胺和己二酸的缩聚产物,是一种结晶性芳香族尼龙。在较宽的温度范围内保持高强度、高刚性;吸水性低,吸水后尺寸变化小,机械强度下降少;对氧气、二氧化碳等气体具有优异的阻隔性。Tiphaine 等^[18]采用多层共挤工艺制备了由聚碳酸酯(PC)和聚间二甲苯己二胺(MXD6)交替层组成的多层膜,PC/MXD6 多层膜的透水性和透气性都大大降低。这种阻挡层性能的提高与 MXD6 的结构有关,因为 PC 层阻碍了 MXD6 的链段在非晶区内的运动,同时,当 PC/MXD6 多层结构清晰,厚度相对均匀时,结晶度会有所提高,可有效降低气体和水分的渗透。其中薄膜对氮气的阻隔作用最高可达 75%,氧气可达 58%,二氧化碳可达 84%,水可达 43%。

4 多层共挤复合膜的应用

多层共挤制备的薄膜,使具有不同特性的聚合物相互混合,从而制得兼有不同优良性能的薄膜,可广泛应用在农业、医用以及食品、日化包装等领域。

随着农用棚膜的广泛应用,市场越来越追求多功能、高质量、低成本的农用棚膜。而采用多层共挤技术,将不同材料的特性复合,能够很好地解决这种需求。将棚膜透光、保温、防老化及无滴消雾等功能集于一体,使农用棚膜的发展更加趋于功能化、无毒化、专用化。聚乙烯棚膜质地轻,柔软,易造型,透光性好,无毒,适于做各种棚膜,是我国主要的棚膜品种。但其耐候性及保温性差,不易粘接。如果生产大棚薄膜,必须加入耐老化剂、无滴剂、保温剂等添加剂,才能适于生产的要求^[19]。采用多层共挤方法改性的茂金属线形低密度聚乙烯(mLLDPE)则以优异的高透光率、低雾度(与纯 EVA 薄膜、PVC 棚膜相近)的光学性能及突出的高拉伸、高穿刺强度的力学性能,赢得农膜企业的青睐。

高性能、薄壁化、多层复合作为包装材料的发展趋势,多层共挤技术为其提供了良好的技术支持。采

用多层共挤生产技术不仅可以同时实现薄膜热封性、阻隔性、抗破损性、抗化学性等多种功能的复合,提高包装生产效率,还可以降低材料生产成本,极大推动包装行业的进步^[21]。

医用输液袋包装在经历过玻璃瓶、塑料瓶、软袋等包装之后,非 PVC 多层共挤膜是目前输液包装里最理想的包装方式。选用惰性环保的材料,不仅满足了药物相容性和长期储存的性能,而且保证了良好的气体阻隔性,从而提高了药物浓度的稳定性^[22]。多层共挤的加工方式更好地实现了医用输液袋的生产自动化,提高了生产效率,方便储存运输,降低了生产成本,并且很好地保证了临床用药的安全性。

5 生物降解多层共挤复合膜

随着生物降解高分子材料的发展,研究开发生物降解多层共挤膜成为了新的研究热点。商品化生物降解高分子如聚乳酸(PLA)、聚丁二酸丁二醇酯(PBS)、聚碳酸亚丙酯(PPC)、聚己二酸-对苯二甲酸丁二醇酯(PBAT)等成为制备多层共挤出生物降解膜的重要选择。目前研究的较多的有两类:高强度生物降解多层复合膜和高阻隔生物降解多层复合膜。

5.1 高强度生物降解多层复合膜

王溢等^[23]以聚丁二酸丁二醇酯(PBS)和聚乳酸(PLA)为原料,采用微纳多层共挤出技术,即在共挤口模处增加了倍增器,制备出不同层数的 PBS/PLA 交替多层复合材料,并且研究了交替多层复合材料和普通共混材料的力学性能差异。结果表明:随着层数的增加,交替多层复合膜的界面作用增强,在超过 16 层后,复合材料的力学性能趋于稳定,断裂伸长率和屈服强度明显高于普通的共混材料,如图 4 所示。另一方面,采用降解测试对比研究了交替多层复合材料和普通共混材料的降解行为。实验结果表明:在降解的前期,交替多层复合材料的降解速率随着层数的增加反而降低,而降解后期,降解速率随着层数的增加而增加,且层数多于 32 层时,降解速率维持在相对稳定的状态,实验可得交替多层复合材料的降解速率整体上低于普通共混材料。

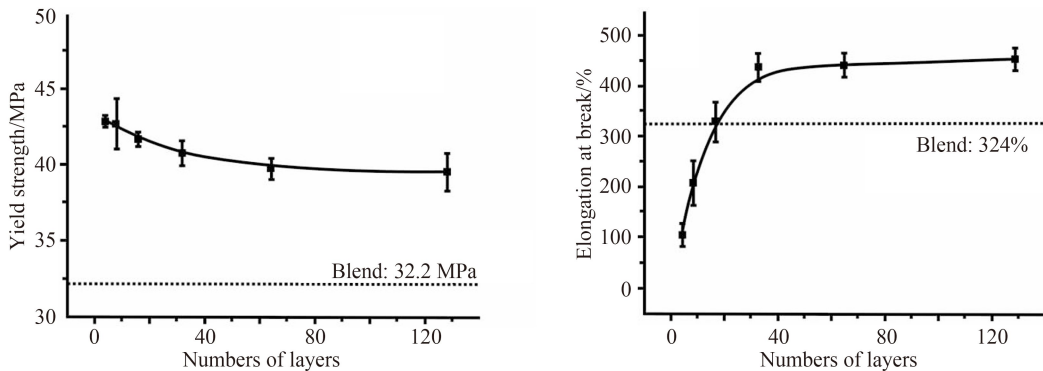


图 4 交替共挤材料的力学性能(2014《高分子材料科学与工程》编辑部版权许可)^[23]

Figure 4 Mechanical properties of alternating multilayer materials (Reprinted with permission from Ref. [23];

Copyright 2014 Editorial Office of *Polymeric Materials Science & Engineering*)

郭济伟等^[24]在聚乳酸中分别加入聚乙二醇(PEG)和成核剂(TMC-300)以制备具有高韧和耐热性能的材料,探讨了其添加量对于聚乳酸性能的影响。同时利用多层共挤设备制备 16 层增韧层、耐热层相互交替的层状结构,研究其层结构、耐热性以及力学性能。结果表明:成核剂 TMC-300 可以改善聚乳酸的结晶性能,提高其耐热性,成核剂质量分数为 0.7 wt% 时,热变形温度最高同时异相成核效果达到饱和;PEG 对聚乳酸有很好的增塑效果,可以改善聚乳酸的韧性,其质量分数为 15 wt% 时对于提高韧性效果最佳,超过 15 wt% 时,PEG 会发生相分离,反而会降低增韧效果;多层共挤的 16 层交替层状材料断裂伸长率达到 250%,相比纯 PLA 提高 25 倍,虽其强度相对于纯 PLA 有一定程度的降低,但依然维持在 40 MPa 左右,在显著改善韧性和耐热性的同时,保证了一定的强度。

Lee 等^[25]利用 PLA 和 PBAT 共挤出产生交替的多层膜,以获得高柔韧性 PLA 膜,得到的多层膜断面如图 5 所示。结果表明 PBAT 的加入提高了 PLA 的柔韧性,并且随着层数的增加,效果更加明显。通过差示扫描量热和广角 X 射线散射分析的结果显示 PLA 的结晶度在多层膜中比在共混膜中降低更多,多层薄膜的透明度也得到提高。通过共挤出 PLA 和 PBAT 制备交替的多层薄膜是一种制备柔性,透明和完全可生物降解的薄膜的新方法,而这通过共混的方法是不可能实现的。

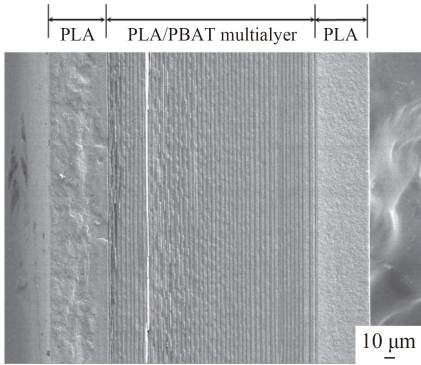


图 5 95 层 PLA/PBAT 多层共挤膜断面的 SEM 图(2017 John Wiley & Sons, Inc. 版权许可)^[25]

Figure 5 Cross-sectional SEM image of PLA/PBAT multilayer film with 95 layers (Reprinted with permission from Ref. [25]; Copyright 2017 John Wiley & Sons, Inc.)

5.2 高阻隔生物降解多层复合膜

许思兰等^[26]以聚碳酸亚丙酯(PPC)和聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯(PBAT)为原料,采用多层共挤吹塑的方法制备了全生物降解高阻透性三层复合薄膜 PBAT/PPC/PBAT。讨论了 PPC 层厚度、PBAT 层厚度及在一定挤出量时,薄膜牵引速度对复合薄膜性能的影响。结果表明,与纯 PPC 薄膜相比,PBAT/PPC/PBAT 复合薄膜的拉伸强度和加工性能得到提高,其拉伸强度最大提高了 200%;薄膜厚度和分子链的取向度对阻透性有较大影响,当 PPC 层厚度最大(约为 12 μm)时,氧气透过率最小,为 $9.5 \times 10^{-15} \text{ cm}^3 \cdot \text{cm} / (\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$;牵引速度最大,即分子链取向度最大时,氧气透过率最小,为 $9.52 \times 10^{-15} \text{ cm}^3 \cdot \text{cm} / (\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$ 。表 1 中列出了不同 PPC 层厚度时 PBAT/PPC/PBAT 复合薄膜的氧气透过量(Q)和氧气透过率(P)的实验数值,P 值若越小,则材料的阻透性能就越好。

表 1 不同 PPC 层厚度的复合膜的 Q 和 P 值(2016《中国塑料》编辑部版权许可)^[26]
Table 1 Q and P of the composite film at different PPC layer thickness (Reprinted with permission from Ref. [26]; Copyright 2016 Editorial Office of China Plastics)

PPC 层厚度/ μm	总厚度/ μm	$Q \times 10^3 /$ $\text{cm}^3 \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{Pa})^{-1}$	$P \times 10^{14} /$ $\text{cm}^3 \cdot \text{cm} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})^{-1}$
4.3	9.7	4.73	1.11
6.6	21.8	4.15	1.05
7.9	22.76	4.27	1.12
8.8	23.93	3.65	1.01
11.7	28.20	2.91	0.95

Tiphaine 等^[20]采用多层共挤出工艺,在口模处增加了倍增器,制备了 2049 层聚丁二酸/己二酸丁二醇酯(PBSA)薄膜,得到的 PBSA 的层厚约为 60 nm,其膜形态与阻隔性能如图 6 所示。此研究主要为了明确在 PLA 层的限制下 PBSA 的结晶行为以及多层膜性能的变化。在多层膜中,由于 PLA 对 PBSA 有限制作用,因此 PBSA 晶体有轻微取向,在不改变薄膜结晶度的情况下,增加了 PBSA 中的刚性非晶态部

分(RAF)。这些结构变化使得多层膜的水蒸气和气体阻隔性能有了很大的改善。通过将 PBSA 结构限定在非常薄且连续的层状结构中,可以改善可生物降解系统的阻隔性能。这种共挤出工艺可以在不借助于结合层、添加剂、溶剂、表面处理的情况下生产具有功能性的环保材料。此外,Tiphaine 等^[27]还成功制备了具有 2000 多个交替层的聚乳酸(PLA)和聚丁二酸丁二醇酯(PBS)的聚酯多层膜,并获得了连续且均匀的 PBS 超薄层(~45nm),这种纳米分层结构对整体性能有着重要的影响。实验结果表明,该薄膜具有良好的阻隔性能,其中氧气的阻隔率达到 30%,水蒸气阻隔率达到 40%,二氧化碳阻隔率达到 70%。

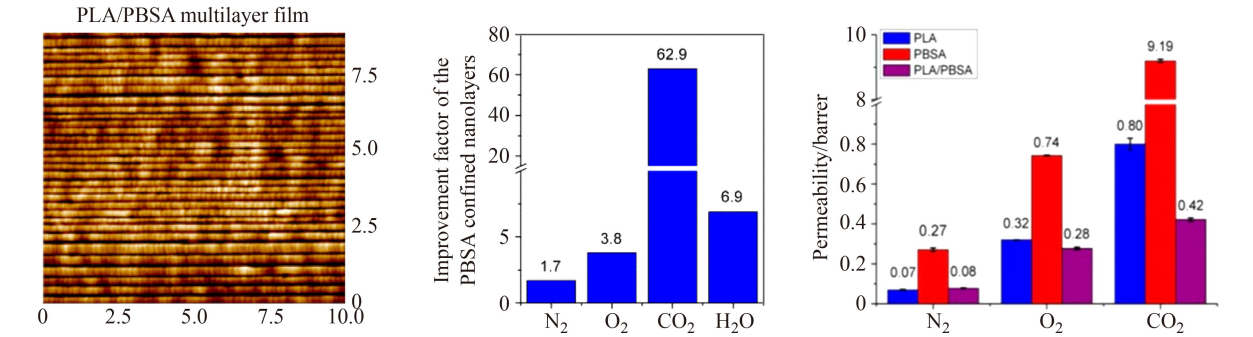


图 6 复合膜的结构与阻隔性能(2017 American Chemical Society 版权许可)^[20]

Figure 6 Structure and barrier properties of composite films (Reprinted with permission from Ref. [20]; Copyright 2017 American Chemical Society)

Gao 等^[28]采用多层共挤的方法制备聚乳酸(PLA)/石墨烯多层膜,是由纯聚乳酸和含石墨纳米片(GNP)的聚乳酸交替形成的。X 射线衍射结果表明采用多层共挤的制备方法能够减小层状结构中的 GNP 的厚度。在总 GNP 含量为 1 wt% 的情况下,薄膜的模量可增加 120%,这是因为采用多层共挤的制备方法能够有效改善 GNP 的分散和剥落情况,并提高其长宽比。另外,多层膜中高度有序的二维纳米填料也提高了水蒸气阻隔性能,如表 2 所示。这些多层纳米复合膜为食品和工业应用提供了新选择。

表 2 PLA/GNP 复合材料的玻璃化转变温度(T_g)以及 DSC 的熔融温度(T_m)和结晶度(X_c)以及水蒸气透过率(WVTR)(2017 John Wiley & Sons, Inc. 版权许可)^[28]

Table 2 Glass transition temperatures (T_g) for All PLA/GNP composites as obtained from DMA together with melting temperatures (T_m) and crystallinity (X_c) from DSC and water vapor transmission rate (WVTR) from permeability tests (Reprinted with permission from Ref. [28]; Copyright 2017 John Wiley & Sons, Inc.)

Sample	T_g ($^{\circ}$ C)	T_m ($^{\circ}$ C)	X_c (%)	Permeability [mg mm/(m ² day)]
PLA	—	165.9	2.0	8.9
Mono	78.4	166.8	49.6	4.8
Multi 50:50	79.5	167.2	45.8	4.9
Multi 20:80	77.8	167.8	46.6	4.3
Multi 10:90	—	170.2	46.4	4.2

6 结语

多层共挤出复合薄膜加工技术可以复合不同材料,得到的膜综合了各种材料的优点,可获得具有不同功能的产品;同时在满足使用要求的前提下,很大程度上减少了昂贵树脂的使用量,降低了材料的成本。并且对比传统的薄膜制备工艺,多层共挤法生产效率更高,能源消耗更少,在包装、医药、食品等领域都有较为广泛的应用。目前,研究者主要对多层膜的力学性能、阻隔等性能进行研究,多层膜的性能与加

工条件、组分种类、组分间相容性、配比密切相关,另外还与多层共挤膜的层数有重要的关系,可以通过在共挤系统中加入倍增器来调控膜的层数,从而获得纳米级别的交替膜。通常层数越多,材料的力学以及阻隔性能有较大幅度的提高。因此,纳米交替膜的稳定生产可能成为未来的发展方向。伴随着严重的“白色污染”问题以及石油原材料的大量消耗,近年来,生物降解高分子在多层共挤领域的应用也得到了研究者的重点关注。目前研究者对聚乳酸、聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯等具有较好加工性能的生物降解高分子的多层共挤行为及得到的样品的结构性能关系进行了研究,主要集中在具有相同组分的交替结构材料的力学以及阻隔性能的相关研究。开发具有多样结构以及多功能性的生物降解多层膜也将会是未来的重要发展方向,具有更广阔的应用前景。

参考文献：

[1] Souza C, Feng J X, Olah A, Wnek G, Baer E. J Appl Polym Sci,2020,137:48903.

[2] Cunha M, Fernandes B, Covas J A, Vicente A A, Hilliou L. J Appl Polym Sci,2016,133:42165.

[3] Bari G, Park S, Parveen A S, Lee S, Kim H. Prog Org Coat,2019, 126:1~7.

[4] 杨铄冰, 杨涛. 塑料包装,2018, 4: 20~31,56.

[5] 李诚信. 塑料包装, 2007, 1: 53~56.

[6] Wang H, Keum J K, Hiltner A, Baer E, Freeman B, Rozanski A, Galeski A. Science, 2009, 323: 757~760.

[7] Lin Y, Hiltner A, Baer E. Polymer, 2010, 51: 4218~4224.

[8] Boufarguine M, Guinault A, Miquelard-Garnier G, Sollogoub C. Macromol Mater Eng, 2013, 298: 1065~1073.

[9] Zhang G, Lee P C, Jenkins S, Dooley J, Baer E. Polymer, 2014, 55: 4521~4530.

[10] Ebeling T, Hiltner A, Baer E. J Appl Polym Sci, 1998, 68: 793~805.

[11] Kerns J, Hsieh A, Hiltner A, Baer E. Macromol Symp, 1999, 174: 15~25.

[12] Lai C Y, Hiltner A, Baer E, Korley L T J. ACS Appl Mater Interfaces, 2012, 4: 2218~2227.

[13] Jordan A M, Lenart W R, Carr J M, Baer E, Korley T J. ACS Appl Mater Interfaces,2014, 6: 3987~3994.

[14] Kazmierczak T, Song H, Hiltner A, Baer E, Macromol Rapid Commun, 2007, 28: 2210~2216.

[15] Ryan C, Christenson C W, Valle B, Saini A, Lott J, Johnson J, Schiraldi D, Weder C, Baer E, Singer K D, Shan J, Adv Mater, 2012, 24: 5222~5226.

[16] Montana J S, Roland S, Richaud E, Miquelard-Garnier G. Polymer, 2018, 149: 124~133.

[17] Luo Y, Chang X D, Qu J P. Packag Technol Sci, 2019, 32: 309~321.

[18] Messin T, Follain N, Guinault A, Miquelard-Garnier G, Sollogoub, C, Delpouve, N, Gaucher, V, Marais, S. J Membr Sci, 2017, 525: 135~145.

[19] 王欣, 王克俭. 塑料包装, 2019, 3: 11~15.

[20] Messin T, Follain N, Guinault A, Sollogoub C, Gaucher V, Delpouve N, Marais S. ACS Appl Mater Interfaces,2017, 9: 29101~29112.

[21] 曾碧榕,陈国荣,王荣贵,朱继红,张秀华,罗伟昂,罗宇峰,许一婷,戴李宗. 高分子材料科学与工程,2017, 33: 184~190.

[22] 王勇祥, 姜志英, 惠正新. 中国卫生产业, 2013, 8: 88~89.

[23] 王溢, 吴宏, 郭少云. 高分子材料科学与工程,2014,30:71~75.

[24] 郭济伟, 马燕琼, 吴宏, 郭少云. 塑料工业,2015,4:69~73.

[25] Lee D Y, Lee S H, Cho M S, Nam J D, Lee Y. Polym Int, 2015, 64: 581~585.

[26] 许思兰, 许国志, 孙辉. 中国塑料,2016, 30: 38~42.

[27] Messi T, Marais S, Follain N, Guinault A, Gaucher V, Delpouve N, Sollogoub C. J Membr Sci, 2020, 598:117777.

[28] Gao Y Q, Picot O T, Tu W, Bilotti E, Peijs T. J Appl Polym Sci, 2018, 135:46041.

The Research Progress of Multi-layer Co-extrusion Films

ZHEN Zhu-yun, WANG Yu-wen, LONG Yun-rui, XING Qian*, WENG Yun-xuan

*(College of Chemistry and Materials Engineering, Beijing Technology and
Business University, Beijing 100048, China)*

Abstract: Multi-layer co-extrusion, as a one-time molding processing method, avoids the traditional compounding, coating and other post-processing process, which can effectively reduce the production cost; At the same time, the film prepared by multi-layer co-extrusion method can have excellent properties of various polymers, and has been widely used in food, medicine, daily chemicals and other fields. This paper provides an overview of the structure, performance and application fields of multi-layer co-extrusion films, summarizes the application in various fields and focuses on the development of biodegradable multi-layer co-extrusion films. The development trend of multilayer co-extrusion films is prospected.

Key words: Multi-layer co-extrusion; Biodegradation; Mechanical Strength; Barrier properties