

POM/HDPE 共混物摩擦磨损性能研究

邓文娟 戴文利 梁 勇 黎 兵 于海美

(湘潭大学化学学院,湘潭 411105)

摘要 以(乙烯/丙烯酸)共聚物(EAA)为增容剂,采用挤出工艺制备了聚甲醛(POM)/高密度聚乙烯(HDPE)/EAA 共混物,考察了不同含量的 EAA 对 POM/HDPE 共混物的摩擦磨损性能、力学性能的影响,并通过扫描电子显微镜对共混物的磨损表面形貌进行了观察和分析。结果表明,共混材料的磨损机制以粘着磨损为主,随着增容剂 EAA 含量的增加,共混物的摩擦因数和磨损量呈先减小后增大的趋势,当 POM/HDPE/EAA 的质量比为 90/10/2 时,摩擦因数和磨损量表现出最小值;加入增容剂 EAA 改善了共混物的相容性和力学性能。

关键词 聚甲醛 高密度聚乙烯 (乙烯/丙烯酸)共聚物 摩擦磨损性能

聚甲醛(POM)是 20 世纪 60 年代出现的一种高结晶性工程塑料,现已成为五大通用工程塑料之一,目前产量仅次于尼龙和聚碳酸酯。POM 具有较高的刚度和硬度,极好的耐疲劳性和耐磨性,且综合性能优异,是工程塑料中最接近金属的材料。由于其具有优良的自润滑性能及较高的硬度,被广泛应用于航空、汽车、电子电器等行业,可用来制作各种承担动力传动传导的零部件。

但随着精密仪器、电子电器及各种机械向小型、高速、高性能等方向的发展,只适用于低速低负荷的普通 POM 已难以满足动力传导零部件高速、高压、高温、轻量化的要求。为进一步提高 POM 的摩擦磨损性能,研究者一般添加聚四氟乙烯^[1-3]、超高分子量聚乙烯^[4-5]、高密度聚乙烯(HDPE)^[6]、热塑性聚氨酯弹性体(PUR-T)^[7]、硅油^[8]、二硫化钼^[9-10]等润滑组分。与其它润滑组分相比,HDPE^[11-12]的成本较低,易成型加工,但因 POM 具有分子链结构简单规整和球晶尺寸大的特点,导致了两者的相容性极差。

笔者针对 POM 与 HDPE 相容性差的问题,选用 POM/HDPE(质量比为 90/10)共混物作为研究对象,探讨了(乙烯/丙烯酸)共聚物(EAA)的用量对 POM/HDPE 共混物的摩擦磨损性能和力学性能的影响,并通过扫描电子显微镜(SEM)对共混物的断面和磨损表面形貌进行了观察和分析。

1 实验部分

1.1 原材料

POM: M90, 云南云天化股份有限公司;

HDPE: MH602, 中国石化上海化工股份有限公司;

EAA: 市售。

1.2 主要仪器、设备

双螺杆配混挤出机: SJSH-30 型, 南京橡胶机械厂;

注塑机: HTB80 型, 宁波海天塑料机械有限公司;

电子拉力试验机: RG0-5 型, 深圳市瑞格尔仪器有限公司;

悬臂梁冲击试验机: XJU-22 型, 承德市金建检测仪器有限公司;

多功能摩擦磨损试验机: UMT-2 型, 美国 CE-TR 公司;

SEM: JSM-6600 型, 日本电子株式会社。

1.3 试样制备

POM、HDPE 和 EAA 分别按不同的比例混合均匀,用双螺杆挤出机熔融共混,挤出造粒,挤出机的螺杆转速为 50 r/min,各段温度从加料口到机头的温度区间为 180~200℃。(POM/HDPE/EAA)共混材料在 70℃下干燥 4 h 后,然后在注塑机上注塑成标准试样。注塑机各段从料斗到喷嘴区间的温度为 190~210℃。

1.4 性能测试与表征

拉伸性能按 GB/T 1040-1990 测试;

冲击性能按 GB/T 1043-1993 测试;

摩擦磨损性能测试: 对偶样品为钢 440-C, 转速为 400 r/min, 载荷为 100 N, 实验时间为 1 h。实验时,每种试样的摩擦因数均测 3 次,取其平均值,然后根据称重法测出磨损量;

SEM: 试样经液氮低温脆断后,脆断面和磨损表面在常温下直接喷金,然后拍照。

2 结果与讨论

2.1 POM/HDPE/EAA 共混物的摩擦磨损性能

EAA 的用量对 POM/HDPE(质量比 90/10, 共混物总质量为 100 份, 下同) 共混物的摩擦和磨损性能影响如图 1 所示。

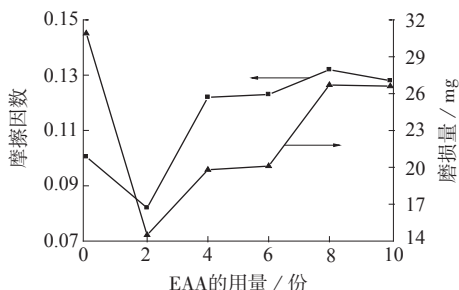
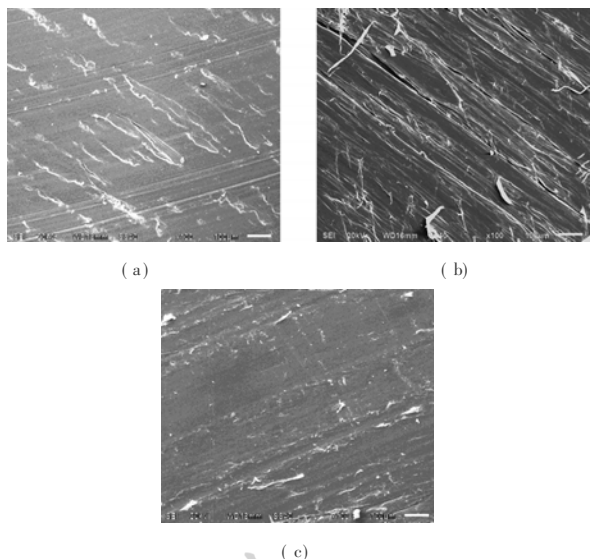


图1 EAA 的用量对 POM/HDPE 共混物摩擦磨损性能的影响

由图 1 可知, 当 EAA 的用量为 2 份时, POM/HDPE 共混物的摩擦因数和磨损量为最小值, 分别为 0.082 和 14.5 mg, 之后随着 EAA 用量的增加, 共混物的摩擦因数和磨损量逐渐增大。这说明 EAA 的加入有效地减小了 POM/HDPE 共混物的磨损, 提高了其耐磨性能。同时, POM/HDPE/EAA(质量比 90/10/2) 共混物的摩擦学性能优于纯 POM(摩擦因数为 0.12, 磨损量为 20.9 mg)。原因是少量的增容剂 EAA 在 HDPE 与基体 POM 界面上起到链接分子的作用, 即起到相容作用, 增大了 HDPE 相与基体 POM 相的相互作用使其受对偶金属微凸体的切削作用减弱, 从而提高了耐磨性^[13]; 但当增容剂的用量继续增加时, 由于其本身性质的影响, 减弱了共混物的耐磨性能。

2.2 POM 及其共混物试样磨损表面分析

图 2 是 POM 及其共混物试样磨损表面的 SEM 照片。由图 2a 可以看出, 纯 POM 试样的磨损表面有明显的沿滑动方向的磨痕以及少量的磨屑存在, 说明 POM 的磨损以粘着磨损为主。由图 2b 可以看出, POM/HDPE 共混物试样表面有高低不平的磨痕, 且其周围出现塑性变形, 还有大量细小的磨屑。当共混物与对偶面摩擦时, 在对偶面的表面并没有形成转移膜, 而是以细小的磨屑粉末分布在对偶面表面, 有些磨屑在滑动过程中被撮成片状, 但大多被撮成细小的颗粒, 加剧了表面层的破坏, 使共混物耐磨性下降。由图 2c 可以看出, POM/HDPE/EAA 共混物的表面有不明显的沿滑动方向的磨痕, 并有少量细小的颗粒, 这是由于 EAA 提高了 HDPE 和 POM 的相容性, 增强了两者的界面结合强度, 抑制了两者的相容性差、相互结合力小而在摩擦运动过程中易发



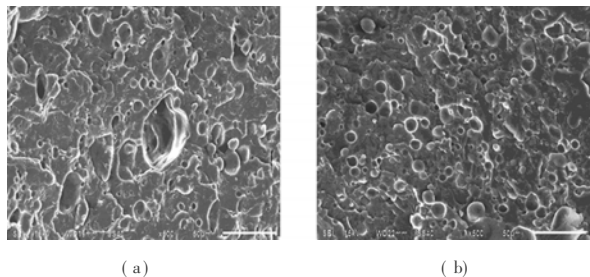
a—纯 POM; b—POM/HDPE(90/10);
c—POM/HDPE/EAA(90/10/2)

图2 纯 POM 及其共混物磨损表面的 SEM 照片

生的磨损失效; 同时含有聚烯烃的软化层在摩擦界面起到润滑剂的作用, 也有利于转移膜的形成, 从而使共混物的耐磨性能提高。

2.3 POM/HDPE、POM/HDPE/EAA 共混物脆断面 SEM 分析

图 3 为 POM/HDPE 及 POM/HDPE/EAA 共混物脆断试样的 SEM 照片。由图 3a 可以看出, HDPE 粒子呈不规则形状, 大小不等且分布不均匀, 说明 POM 与 HDPE 的相容性很差, 两相间的分子相互渗透较少, 两相界面的粘结强度较低。而 POM/HDPE 共混物中加入 EAA 后(如图 3b), HDPE 粒子分散趋于均匀且颗粒细小, 并呈球状, 不仅增大了分散相粒子与基体的接触面积, 而且减小了粒子间间距。表明增容剂 EAA 的加入减小了界面张力, 改善了 POM 与 HDPE 之间的相容性。



a—POM/HDPE(90/10); b—POM/HDPE/EAA(90/10/2)

图3 POM/HDPE、POM/HDPE/EAA 共混物的脆断面 SEM 照片

2.4 POM/HDPE/EAA 共混物的力学性能

表 1 列出了增容剂 EAA 用量对 POM/HDPE 共混物力学性能的影响。从表 1 可以看出, 随着 EAA

表 1 EAA 用量对 POM/HDPE(90/10) 共混物力学性能的影响

EAA 用量/份	拉伸强度/MPa	拉伸弹性模量/MPa	缺口冲击强度/ $\text{J} \cdot \text{m}^{-1}$
0	37.1	379.3	91.5
2	37.9	387.5	98.1
4	36.3	371.4	88.5
6	35.8	356.6	93.0
8	34.4	355.4	95.0
10	34.8	359.8	90.5

用量的增加,共混物的拉伸强度和拉伸弹性模量呈先增大后减小的趋势,而缺口冲击强度亦有一定程度的增加;当 EAA 的用量为 2 份时,POM/HDPE 共混物的力学性能最佳。表明 EAA 对 POM/HDPE 共混物的相容性有一定的改善作用,这是由于适量的增容剂能够降低共混物两组间的界面张力,增加界面结合力,促使相分散更加均匀、稳定,因此拉伸性能和冲击性能有所提高。但由于增容剂本身的拉伸强度较低,所以继续增加 EAA 的用量会导致复合材料的拉伸强度有所下降。

3 结论

(1) 共混物中加入增容剂 EAA 后,提高了 POM 与 HDPE 两相间的界面粘结作用,具有一定的增容作用。

(2) 随着 EAA 含量的增加,POM/HDPE 共混物的摩擦因数和磨损量均呈先减小后增大的趋势。当 EAA 的含量较低时,共混物的耐磨性能较好,当 EAA 的含量为 2 份时,共混物耐磨性能最好,拉伸性能和缺口冲击强度最大。

参考文献

[1] 乐启发,徐下忠,李信. POM/改性 PTFE 合金的研究[J] . 工程塑料应用,2001,29(7):6-9.

[2] 王洪涛,杨生荣,薛群基. 聚甲醛与聚四氟乙烯共混物的摩擦

学性能研究[J] . 高分子材料科学与工程,1996,12(2):115-118.

[3] Owei S Odi, Schipper D J. Tribological behaviour of unfilled and composite polyoxymethylene[J] . Wear, 1991, 148 (2): 363-376.

[4] Dennis H R, Hunter D L, Chang D, et al. Effect of melt processing conditions on the extent of exfoliation in organoclay-based nanocomposites[J] . olymer, 2001, 42(23):9513-9522.

[5] 李刚,张延,李滨耀. 改性聚甲醛的摩擦性能[J] . 工程塑料应用,1991(4):12-15.

[6] 陈金耀. 高耐磨自润滑聚甲醛改性研究[D] . 成都:四川大学,2004:26-27.

[7] 张辉,高西萍,李瑞海. POM/TPU 共混物的力学性能和摩擦磨损性能研究[J] . 塑料工业,2009,37(1):10-37.

[8] 曹正松,陈丙康,史宏. 硅油共混改性聚甲醛的研究[J] . 现代塑料加工应用,1992,(1):13-17.

[9] Hu Kunhong, Wang Jin, Schraube S, et al. Tribological properties of MoS_2 nano-balls as filler in polyoxymethylene-based composite layer of three-layer self-lubrication bearing materials[J] . Wear, 2009, 266(11/12):1198-1203.

[10] 胡坤宏,孙晓军,徐玉福,等. POM 基 MoS_2 自润滑复合材料的真空摩擦学特性研究[J] . 合肥工业大学学报,2009,32(5):625-619.

[11] 徐卫兵,朱士,蔡琼英. 聚甲醛和高密度聚乙烯共混改性的研究[J] . 塑料科技,1994,32(3):13-16.

[12] Su Run, Su Juanxia, Wang Ke, et al. Shear-induced change of phase morphology and tensile property in injection-molded bars of high-density polyethylene/polyoxymethylene blends[J] . European Polymer Journal, 2009, 45(3):747-756.

[13] 岳群峰,王天赤,杨生荣. 马来酸酐接枝三元乙丙共聚物对 PA/TLCP 共混物摩擦磨损行为的影响[J] . 塑料工业,2008,36(B06):94-96.

STUDY ON TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF POM/HDPE BLEND

Deng Wenjuan, Dai Wenli, Liang Yong, Li Bing, Yu Haimei
(School of Chemistry, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

ABSTRACT The effects of the compatibilizer ethylene-acrylic acid(EAA) on the mechanical properties and tribological properties of POM/HDPE blend were studied by means of twin-screw extrusion blending method, and the worn surface of the blend was observed and analyzed by means of scanning electron microscopy(SEM) . The results showed the wear mechanism of the blend was main adhesion wear, with the increasing of EAA content, the friction and wear loss of the blend showed a similar tendency of first decreasing then increasing, when the blending radio of 90/10/2 of POM/HDPE/EAA, the coefficient of friction and wear loss were the minimum; the addition of the compatibilizer EAA improved the compatibility and the mechanical property of the blend.

KEYWORDS polyoxymethylene, high density polyethylene, ethylene-acrylic acid, tribological properties, mechanical properties