

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.03.024

树脂 / 石墨导电复合材料的研究进展

王益群,寇开昌,吴广磊,卓龙海

(西北工业大学理学院,西安 710129)

摘要: 阐述了国内外热固性及热塑性树脂 / 石墨导电复合材料制备方法的研究现状,以及石墨类型、制备工艺等因素对复合材料导电性能的影响,并对其发展前景进行了展望。

关键词: 石墨;导电复合材料;树脂

中图分类号: TQ327.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)03-0111-05

Research Progress on Resin / Graphite Conductive Composites

Wang Yiqun, Kou Kaichang, Wu Guanglei, Zhuo Longhai

(School of Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: Research status of preparing methods for thermoplastic and thermosetting resin / graphite conductive composites and effects of graphite types, preparing technics on conductive properties of the composites were summarized. Then, the possible development direction about resin / graphite conductive composites was pointed out.

Keywords: graphite ; conductive composite ; resin

通常高分子材料是十分优异的电器绝缘材料,其体积电阻率大约在 $10^{10} \sim 10^{20} \Omega \cdot \text{cm}$ 之间。但是随着现代化科技的发展,特别是电子工业、信息技术等的飞速发展,对具有导电性能的高分子材料的需求与日俱增。

常用的导电填料为碳系和金属系,金属系的填料主要有铅、铜、镍、铁等金属粉末^[1],金属粉末质量大且含量一般在 50% 左右时才会使树脂基复合材料电阻率达到导电复合材料的要求^[2],在成型时易分层或不均匀分布,影响材料的稳定性,而碳系的填料如炭黑(CB)、石墨、碳纤维等具有显著的优势。

石墨具有天然的导电性和优异的耐高温性、导热性、化学稳定性^[3],通过改性可以大幅度降低树脂基复合材料电阻率,电阻值稳定,是良好的导电填料。石墨导电逾渗阈值很低,可以在较低石墨含量情况下获得优良的导电性能^[4],特别是石墨价廉易得、密度低及由其制备的复合材料还表现出压阻效应等特点,因此近年来成为树脂基导电复合材料的研究热点^[5-8]。

目前,国内外对于以石墨为填料制备的树脂基导电复合材料的制备方法、性能等作了大量的研究工作。笔者对石墨填充改性的树脂基导电复合材料的导电性能等归纳总结并做了展望。

1 热固性树脂 / 石墨导电复合材料

采用液态热固性树脂预聚体与膨胀石墨(EG)或纳米石墨微片(NEG)进行共混分散后,再进行交联固化得到热固

性树脂 / 石墨纳米导电复合材料,是最早开展研究的树脂 / 石墨纳米导电复合材料。

1.1 EP / 石墨导电复合材料

Li Jing 等^[9]通过紫外线(UV)和臭氧(O_3)对纳米石墨(NG)片进行处理,通过超声方法将处理过的 NG 片加入到用丙酮稀释的环氧树脂(EP)溶液中进行均匀混合,在 150°C 固化 3 h 后制得 EP/NG 片导电复合材料。差示扫描量热法和动态热机械分析法分析结果显示,添加经 UV/ O_3 处理过的 NG 片能显著提高导电复合材料玻璃化转变温度(T_g)和储能模量。增加 UV/ O_3 处理过的 NG 片的含量,导电复合材料的电阻率降低。

Lin Wei 等^[10]通过化学镀方法制备电镀银 NG。通过按比例混合镀银 NG, EP, 三乙醇胺和其它添加剂制得镀银 NG 填充导电性粘合剂。电镀银 NG 导电粘合剂表现出 2 个逾渗阈值,分别为 7% 和 17%。当加入质量分数为 7% 的电镀银 NG 时,导电粘合剂成为半导体;加入质量分数为 17% 的电镀银 NG 的导电粘合剂是导体。电镀银 NG 导电性粘合剂的电阻率降低至 $1.50 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 。

林韡等^[11]以鳞片石墨、鳞片石墨 / 铝粉和还原石墨为导电填料,以 EP 为基体、三乙醇胺为固化剂,并结合其它添加剂,制备了石墨导电胶。当石墨质量分数为 35% 时,鳞片

联系人:吴广磊,主要从事特种工程塑料及高性能航空材料的结构与性能研究

收稿日期:2013-01-15

石墨导电胶、鳞片石墨/铝粉导电胶和还原石墨导电胶的体积电阻率分别为 0.056 9、0.488 3 和 0.279 4 $\Omega \cdot \text{cm}$ 。由此可见,鳞片石墨导电胶获得最低的体积电阻率,即导电性能最佳;还原石墨导电胶的导电性能仅次于鳞片石墨导电胶;鳞片石墨/铝粉导电胶的导电性能最差,但体积电阻率受石墨用量变化的影响较小,导电性能稳定。

1.2 PUR/石墨导电复合材料

A.R.Shafieizadegan 等^[12]利用聚氨酯(PUR)泡沫浸渍法的硫化硅橡胶(SR)和导电石墨薄片(GN)制得在室温具有射频波吸收特性的耐冲击和耐水的 PUR 基纳米导电复合泡沫材料。将 PUR/SR/GN 纳米导电复合材料浸泡在水中,波的反射损耗和传导性都不会受到影响。在频率从 0.5 GHz 升高到 2.5 GHz 时, PUR/SR/GN 纳米导电复合材料的电导率随着频率升高从 1 S/cm 上升到 7 S/cm。

Chen Danqing 等^[13]通过 PUR/EG 粉末(EGP)填充固化反应,研究了 PUR/EGP 导电复合泡沫材料的形态和电学性能。结果表明,该导电复合泡沫材料的逾渗阈值出现在 EGP 质量分数为 5% 时,远远低于 GN 及 CB 填充的复合材料。PUR/EGP 和 PUR/GN 导电复合泡沫材料的电阻率可达 $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$,而 CB 填充的复合材料电阻率只能达到 $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

Xi Xiangrong 等^[14]以 NG 作为导电填料,以纯 PUR、PUR 与 EP 互穿聚合物网络(PUR/EP IPNs)及纯 EP 作为基体材料,制得 3 种导电胶。结果表明,随着 NG 含量的增加,导电胶的电导率提高。PUR/NG、PUR/EP/NG IPNs 和 EP/NG 导电胶的逾渗阈值分别为 9%、6% 和 3%。当 NG 质量分数增加到 15% 时, PUR/NG、PUR/EP/NG IPNs 和 EP/NG 的电导率分别增加到 0.035、0.932 和 3.381 S/cm。EP/NG 导电胶的电导率最好,其原因可能是 NG 与基体 EP 的相容性好;PUR/NG 导电胶的电导率相对最差,其原因可能是基体 PUR 与空气中的水分发生反应生成二氧化碳气泡导致导电胶的导电性能下降。

窦烁等^[15]以镀银 NG 为导电填料, PUR 为基体材料,采用共混法制备了 PUR/镀银 NG 导电胶,并与 PUR/NG 导电胶进行电学性能、力学性能和热稳定性能对比。结果表明, PUR/镀银 NG 导电胶和 PUR/NG 导电胶的导电逾渗阈值分别为 3% 和 9%,此时对应的电导率分别为 0.044 和 0.012 S/cm; PUR/镀银 NG 导电胶的最大剪切强度(5.76 MPa)高于 PUR/NG 导电胶(3.65 MPa),并且前者的起始分解温度比后者提高了近 10℃,说明与未镀银 NG 相比, PUR/镀银 NG 的导电胶性能更加优越。

陈丹青等^[16]以 NEG 为导电填料,以聚酯多元醇及二苯甲烷二异氰酸酯为基体,以二月桂酸二丁基锡为催化剂,

经过灌模固化反应合成了 PUR/NEG 复合泡沫塑料。研究发现, NEG 在 PUR 泡沫塑料中分布较均匀,部分 NEG 可横跨 PUR 泡沫塑料中的孔洞。PUR/NEG 复合泡沫塑料的逾渗阈值为 14%。

1.3 其它

Zhang Yi 等^[17]利用 EG 得到 NEG,然后用化学镀银法制得镀银 NEG,用此作为丙烯酸树脂的导电填料,制得丙烯酸树脂基导电复合材料,并测得导电填料质量分数为 40% 时,导电复合材料的电导率增加至 $2.60 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$ 。

2 热塑性树脂/石墨导电复合材料

将石墨等导电填料加入热塑性树脂后,就使其具有了永久的静电消散(ESD)和防止静电积聚功能,从而能够起到保护作用。因此,以石墨作为导电填料的热塑性树脂基导电复合材料得到广泛的研究。

2.1 通用塑料/石墨导电复合材料

通用塑料是指产量大、用途广、成型性好、价格便宜的塑料。主要包括聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、聚氯乙烯(PVC)及聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)等。

P.Svoboda 等^[18]通过熔融混合不同含量的 EG 制备了一系列的乙烯-辛烯共聚物(POE)/EG 导电复合材料。在交流电流和直流电流 2 种情况下, POE/EG 导电复合材料的电导率均随 EG 含量的增加不断增加,直流电导率从 $1.51 \times 10^{-13} \text{ S/cm}$ 增加至 $1.17 \times 10^{-1} \text{ S/cm}$,逾渗阈值为 16%;热传导率随着 EG 含量的增加从 0.196 W/(M·K)增加到 0.676 W/(M·K),增加了 245%。另外, POE/EG 导电复合材料可以作为一种环境友好无卤素的阻燃材料。

R.Dweiri 等^[19]利用熔融混合和溶液混合的方法分别制备含 CB 的 PP/石墨导电复合材料。将 PP/石墨导电复合材料的高电导率应用到聚合物电解质膜燃料电池双极板材料中,得到 CB、石墨和 PP 的最佳质量分数分别为 25%、55% 和 20%,导电复合材料电导率达到了 35 S/cm。添加聚苯胺到 PP/石墨/CB 中制备的导电复合材料的电导率更低。

左敏等^[20]用溶液插层法制备以马来酸酐接枝聚乙烯(PE-g-MAH)为载体的 EG 母料(PE-g-MAH 与 EG 质量比为 60/40),以不同母料用量、制备工艺路线和条件制备了高密度聚乙烯(PE-HD)/PE-g-MAH/EG 导电复合材料。结果表明,此导电复合材料的导电性能与制备工艺路线或条件有关。熔体捏合或挤出时物料受到剪切的程度越小,材料中 EG 粒子的尺寸、形状比越大,粒子内部 EG 与树脂复合结构的规整性也越好,导电复合材料的导电逾渗阈值就越低。

孙常志等^[21]通过对 PE-HD/石墨导电复合材料的研究,发现温度在 80~135℃ 时其表现出明显的正温度系数(PTC)效应,逾渗阈值出现在 35%,明显高于常见 CB 填充

导电复合材料的逾渗阈值(25%)。研究还发现石墨粒度对所填充的导电复合材料的 PTC 性能有很大的影响,并由试验提出了用粒度为 50 μm 的石墨填充 PE-HD 可以很好地平衡 PTC 强度和室温电阻率的矛盾。对石墨进行前处理可以有效地降低复合材料的低温电阻率,同时 PTC 强度可以提高一个数量级,在基体熔点附近温度退火处理后通过随炉冷却,有助于导电复合材料中导电链的完善和晶体缺陷的减少,提高 PTC 强度。

王燕等^[22]将苯乙烯与可膨胀石墨通过原位聚合制得 PS/EG 导电复合材料。利用红外光谱表征了该导电复合材料的结构,并且测试了其体积电阻率。结果表明,PS/EG 导电复合材料的体积电阻率随着 EG 含量的增加而急剧下降。当 EG 质量分数增加至 5% 时,与 PS 相比,导电复合材料的体积电阻率下降了 9 个数量级。石墨经膨胀后能有效地提高材料的导电性能,并且与天然鳞片石墨相比,EG 能更好地提高 PS 的导电性能,与 EG 相比,经偶联剂处理的 EG 使得材料的体积电阻率有所提高,电性能下降。

应宗荣等^[23]以 EG 和可膨胀石墨为填料、以 PP 为基体制备了兼具导电性能与阻燃性能的复合材料。结果表明,当可膨胀石墨质量分数固定为 10%,EG 质量分数达到 12% 时,复合材料的导电网络基本形成;当 EG 质量分数固定为 8%,可膨胀石墨质量分数达到 25% 时,复合材料的导电网络也基本形成。复合材料的导电性主要靠 EG 起作用。

王文平等^[24]通过原位插层聚合制备了 PMMA/EG 纳米导电复合材料,其室温导电逾渗阈值约为 3%。当 EG 质量分数达到 8% 时,室温电导率可高达 60 S/cm。这是因为聚合反应没有改变 EG 原来所有的片层结构,EG 片层在 PMMA 基体内能形成导电网络,极大地提高了材料的导电性能。随着 EG 含量的增加,导电复合材料的电导率也随之增加。

2.2 工程塑料/石墨导电复合材料

工程塑料是指被用作工业零件或外壳材料的工业用塑料,是强度、耐冲击性、耐热性、硬度及抗老化性均优异的塑料。主要包括聚酰胺(PA)、聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)、聚苯硫醚(PPS)等。

V.Panwar 等^[25]通过混合过程和热压模具技术制备苯乙烯-丙烯腈(SAN)/石墨片材(GS)导电复合材料。该导电复合材料在低频和无线射频区域表现出高介电常数和高损耗因数。在 40 Hz 且 GS 质量分数达到 20% 时,导电复合材料的介电常数最高,为 1.082×10^7 ;在 300 Hz 且 GS 质量分数达到 15% 时,导电复合材料的耗散因数最高,为 2.13×10^4 ,所以这些导电复合材料可以应用在电荷存储,去耦电容和电磁干扰屏蔽设备上。

Jin Jie 等^[26]制备了以 EG 为填料,氯化锂(LiCl)为掺杂离子的聚醚砜(PES)/EG 导电复合材料。结果表明, PES 的导电性能随 EG 和掺杂离子的加入而得到改善。当 LiCl 质量分数为 0.06%,EG 的质量分数为 5% 时, PES/EG 导电复合材料的电导率为 3.0×10^{-4} S/cm,这比未掺杂复合材料高 2 个数量级或者和填充质量分数为 8% EG 的 PES/EG 导电复合材料的电导率处于同一数量级。比较未掺杂的和掺杂的 PES/EG 导电复合材料,发现在高温时掺杂离子对其电导率稳定有很大帮助。

S.Paszkiwicz 等^[27]通过原位聚合制备 PET/EG 纳米复合材料。结果表明,EG 加入到 PET 中导致绝缘体 PET 快速向一个逾渗阈值为 0.05% 的导体转变。当 EG 的质量分数为 0.4% 时,导电复合材料的电导率为 10^{-3} S/cm。扫描电子显微镜(SEM)图像显示,EG 在导电复合材料中具有良好的分散。

李大军等^[28]采用熔融共混法制备了 PET/EG 导电复合材料。结果表明,EG 与 PET 间的相互作用和机械剪切力使 PET 分子能够进入 EG 的片层和孔隙中,促进了导电网络的形成,导致 PET/EG 导电复合材料具有较低的逾渗阈值,仅为 3.14%。另外发现,EP 与 EG 间的强相互作用使其易于对 EG 插层和剥离,使 PET/EP-EG 体系的逾渗阈值进一步降低到 1.80%。

金政等^[29]用机械共混法制备电性能优良的 ABS/石墨导电复合材料。ABS/石墨导电复合材料的电导率随石墨含量的增加而提高,逾渗阈值约为 35%;当石墨质量分数达到 55% 之后复合材料的电阻率基本稳定。通过钛酸酯偶联剂的作用,使石墨粒子与 ABS 基体结合紧密,缩小了材料内部的空隙,提高了导电复合材料的电导率,同时也降低了石墨填料在 ABS 基体中的逾渗阈值。

潘玉等^[30]采用原位聚合法制得 PA6/EG 纳米导电复合材料。结果发现,PA6/EG 纳米导电复合材料的逾渗阈值仅为 0.75%。当 EG 质量分数为 2% 时,导电复合材料的体积电导率可达 10^{-4} S/cm。

Zhao Yunfang 等^[31]采用熔体共混法制备 PPS/EG 和 PPS/NEG 纳米导电复合材料,发现两者的热稳定性、结晶速率和结晶度均比纯 PPS 提高,但弯曲强度降低,两者的逾渗阈值分别约为 2.0% 和 1.0%;EG 的质量分数达到 10.0% 时,两者的体积电导率分别达 10^{-3} S/cm 和 10^{-2} S/cm。

Du Xusheng 等^[32]采用 4,4'-二硫代二苯醚环状低聚物通过原位熔融开环聚合法制得聚芳硫醚(PAS)/NEG 纳米导电复合材料。当 NEG 的质量分数为 5.0% 时,导电复合材料的体积电导率高达 10^{-3} S/cm;当 NEG 的质量分数为 10.0% 时,其体积电导率达 10^{-1} S/cm 以上。

3 其它

J Kim 等^[33]利用 Hummers 方法制得的氧化石墨烯(GO)及 LiAlH_4 处理后提高了反应活性的异丙醇铝官能团,通过溶胶-凝胶方法制备了 $\text{GO}/\text{Al}(\text{OH})_3$ 复合填料薄片(AL-GO)。通过 X 射线光电子能谱,场发射 SEM 和透射电子显微镜表征了该功能化 GO 薄片。结果表明,质量分数为 3% 的 AL-GO 填充 EP 基复合材料热导率与纯 EP 相比提高了 90.2%。质量分数为 2% 和 3% 的 AL-GO 热传导性均较好,但质量分数为 3% 的 AL-GO 的导电性能低于质量分数为 2% 的 AL-GO。另外, D.H.Tien 等^[34]制备了 EP/GO 薄片纳米导电复合材料。导电复合材料在直流电情况下,其导电性能符合渗流行为。从电导率测量得到逾渗阈值在 8% 左右;复合材料在交变电流的导电性能随着频率(1~10 MHz)增加而单调增加。

Y.B.Lee 等^[35]通过添加碳纳米管和 304 不锈钢到 PP/石墨导电复合材料中,制备了高电导率和力学性能的双极板复合材料,并对其导电性能和力学性能进行测试。结果表明,当复合材料中碳纳米管、石墨、PP 的质量分数分别为 1.2%、83% 和 17% 时其性能最好。双极板复合材料的力学性能和电导率均高于 PP/EG 导电复合材料,304 不锈钢的厚度从 0.5 mm 增加到 1 mm 时,双极板复合材料的力学性能从 35 MPa 增加到 58 MPa。此外, R.K.Goyal 等^[36]通过溶液法混合后经过热压制备得到新型三相的聚(偏二氟乙烯)(PVDF)/锆钛酸铅(PZT)/EG 纳米导电复合材料。SEM 显示 PZT 颗粒在基体中分散均匀。当 PZT 的质量分数为 80% 时,导电复合材料的介电常数从纯 PVDF 的 9.7 增加到 57,并且进一步加入质量分数为 0.25%、0.50% 和 0.75% 的 EG 后,导电复合材料的介电常数分别为 192、237 和 842。然而,介电常数随着频率的增加减少,随着 EG 含量的增加电导率和耗散因子显著增加。

R.A.Shanks 等^[37]通过熔融混合制备了 PP-g-MAH/膨胀石墨氧化物(EGO)导电复合材料(PP-g-MAH-EGO)。广角 X 射线散射结果表明,EGO 使 PP-g-MAH 结晶行为发生微妙变化。EGO 和 PP-g-MAH 之间形成氢键和 PP-g-MAH 链的流动性下降使 T_g 升高。当 EGO 质量分数为 3% 时,PP-g-MAH-EGO 为半导体;当 EGO 质量分数为 7% 时,PP-g-MAH-EGO 的电导率达到了 $1.25 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$ 。

4 结语

目前,由于成本低和电学特性优良,且制备方法已取得重要进展,制得的树脂/石墨导电复合材料导电性能较为优异,因此其可作为导电和抗静电材料在电磁屏蔽材料、抗静电材料、压敏材料和气敏材料等领域广泛应用。但目前实现复合材料的高电导率,需要较高的石墨填充量,这又会严重

降低复合材料的力学性能。此外,制备方法中还存在着混合不均匀等问题,如何最大程度地实现石墨的层间剥离及与树脂的复合,将成为制备高性能树脂/石墨导电复合材料的关键。

参考文献

- [1] Stan S, et al. Journal of Materials Engineering and Performance, 2012, 21(8):1 793-1 799.
- [2] Chen Xiunan, et al. Materials & Design, 2012, 40:497-501.
- [3] Novak I, et al. European Polymer Journal, 2004, 40(7):1 417-1 422.
- [4] Seredych M, et al. Carbon, 2012, 50(11):4 144-4 154.
- [5] 曾敏,等.橡胶工业,2010,57(6):378-382.
Zeng min, et al. Rubber Industry, 2010, 57(6):378-382.
- [6] 孙业斌,等.特种橡胶制品,2009,30(3):73-77.
Sun Yebin, et al. Special Purpose Rubber Products, 2009, 30(3):73-77.
- [7] Park J H, et al. Polymer, 2012, 53 (18):3 937-3 945.
- [8] Guan Youliang, et al. International Journal of Adhesion & Adhesives, 2010, 30(2):80-88.
- [9] Li Jing, et al. Composites Science and Technology, 2007, 67:296-305.
- [10] Lin Wei, et al. Synthetic Metals, 2009, 159:619-624.
- [11] 林韪,等.中国胶粘剂,2008,17(6):4-8.
Lin Wei, et al. China Adhesives, 2008, 17(6):4-8.
- [12] Shafieizadegan A R, et al. Composites Science and Technology, 2012, 72:382-389.
- [13] Chen Danqing, et al. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2011, 30:757-761.
- [14] Xi Xiangrong, et al. The Journal of Adhesion, 2010, 86:793-806.
- [15] 窦烁,等.中国胶粘剂,2012,21(1):37-41.
Dou Shuo, et al. China Adhesives, 2012, 21(1):37-41.
- [16] 陈丹青,等.材料导报:研究篇,2009,23(5):21-22.
Chen Danqing, et al. Material Review:Research Paper, 2009, 23(5):21-22.
- [17] Zhang Yi, et al. Synthetic Metals, 2011, 161:516-522.
- [18] Svoboda P, et al. Polymer Engineering and Science, 2012, 52(6):1 241-1 249.
- [19] Dweiri R, et al. Journal of Power Sources, 2007, 171:424-432.
- [20] 左敏,等.中国塑料,2004,18(4):38-42.
Zuo Min, et al. China Plastics, 2004, 18(4):38-42.
- [21] 孙常志.高密度聚乙烯/石墨 PTC 导电复合材料及制品的研究[D].青岛:中国海洋大学,2008:1-70.
Sun Changzhi. Study on HDPE / raphite PTC conductive composites and their appearance[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008:1-70.
- [22] 王燕,等.绝缘材料,2009,42(1):19-24.
Wang Yan, et al. Insulation Material, 2009, 42(1):19-24.
- [23] 应宗荣,等.中国塑料,2006,20(11):62-65.
Ying Zongrong, et al. China Plastics, 2006, 20(11):62-65.

- [24] 王文平,等. 高分子材料科学与工程,2006,22(6):209-212.
Wang Wenping, et al. Polymer Material Science & Engineering, 2006,22(6):209-212.
- [25] Panwar V, et al. European Polymer Journal, 2009,45:1 777-1 784.
- [26] Jin Jie, et al. Composites Science and Technology, 2010, 70:1 544-1 549.
- [27] Paszkiewicz S, et al. J Polym Sci Part B: Polym Phys, 2012, 50: 1 645-1 652.
- [28] 李大军,等. 复合材料学报,2008,25(1):35-39.
Li Dajun, et al. Acta Materiae Compositae Sinica, 2008, 25(1):35-39.
- [29] 金政,等. 黑龙江大学自然科学学报,2012,29(1):95-98.
Jin Zheng, et al. Journal of Natural Science of Heilongjiang University, 2012, 29(1):95-98.
- [30] 潘玉,等. 高分子学报,2001(1):42-46.
Pan Yu, et al. Acta Polymerica Sinica, 2001(1):42-46.
- [31] Zhao Yunfang, et al. Compos Sci Technol, 2007, 67(11 / 12):2 528-2 534.
- [32] Du Xusheng, et al. Polymer, 2004, 45(19):6 713-6 718.
- [33] Kim J, et al. J Mater Sci, 2012, 47:1 418-1 426.
- [34] Tien D H, et al. Journal of the Korean Physical Society, 2011, 59(4):2 760-2 764.
- [35] Lee Y B, et al. International Journal of Hydrogen Energy, 2011, 36:7 621-7 627.
- [36] Goyal R K, et al. J Phys D: Appl Phys, 2012, 45:5 302-5 310.
- [37] Shanks R A, et al. Composites: Part A, 2012, 43:1 092-1 100.

人类需要第二次塑料革命

据《每日科学》网站报道,致力于定量分析塑料制品对人类健康和环境影响的美国亚利桑那州立大学生物设计研究所的罗尔弗·哈尔登,在《环境健康评论》杂志发表了其最新研究报告,在详尽考察了塑料的构成、用途和处置方法等诸多方面的基础上,提出了降低塑料负面影响的相关措施。

(1) 人类需要第二次塑料革命。

哈尔登指出,我们需要第二次塑料革命。第一次塑料革命使人类进入塑料时代,整个社会为之改观,并导致了多个产业的诞生和爆炸性增长。但我们没有审慎地选择制造塑料的原材料,从而不可避免地带来一些副作用——大面积的环境污染和人类不必要地接触有害化学物质。因此,未来的智能塑料将同样具有多样性,但却具备无毒性、可生物降解等优点,并且是利用可再生能源来源作为生产原料。

此外,人们能够利用较少的能源和其具有适应性的成分,以较低的成本生产具有松软、透明和柔性等特点的塑料,广泛应用于医疗领域。一次性塑料医疗用品的显著优点是能够减少血液传播途径的感染(包括乙肝和 HIV)。制药业用塑料生产先进的药物输送系统(简称 DDS)、髋关节置换手术用的骨骼胶合材料也是由有机玻璃制成,高分子材料支架使组织工程实践发生了革命性变革。然而,正是由于塑料制品便于处置的特点(如医用手套、透析管、塑料注射器等都不需要反复消毒),导致其使用代价高昂和效率低下。

(2) 塑料制品的负作用越来越受关注。

近年来,科学家已经筛选出两类与塑料有关的化合物——双酚 A (BPA) 和邻苯二甲酸二乙基己基酯(DEHP),并对它们进行特别调查,结果发现, BPA 和 DEHP 能够造成人体的内分泌紊乱。由于担心人们尤其是最易受到此种化学物质伤害的人群接触 BPA,美国食品与药品管理局已经禁止在婴儿奶瓶、防溢杯和其它主要供婴儿及孩童使用的产品中采用 BPA。DEHP 也存在同样的问题,它作为增塑剂被大量应用于各种 PVC 塑料制品工业。塑料中潜在的 DEHP 进入人体后对健康也会产生有害作用。动物和人体实验都表明, DEHP 所造成的负作用主要包括抗胰岛素性、增加腰围、

改变男性和女性的生殖系统等。

目前哈尔登研究小组正在评估与塑料相关的其它多种化合物对健康和环境的负作用。这些化合物包括:多卤化物阻燃剂、聚全氟化合物、含有塑料添加剂的杀菌剂等。尽管目前研究人员在塑料的应用对健康和环境的风险评估方面依然处于早期阶段,但多年来科学家已越来越担忧其对环境的负面作用。全世界每年生产的各类塑料制品超过 3 亿 t,其中大约 50% 是在人们购买一年之内被废弃掉的。

(3) 需要采取多种应对措施。

目前塑料制品占全美医院垃圾的 15%~25%。除了一些新型生物可降解塑料之外,其余的必须被运至垃圾填埋场进行焚烧处理或者再循环利用。上述方法都有其缺点,并同时能对环境带来风险。

可生物降解塑料在环境中分解后变成更小的聚合物成分,这些成分可能依然会对环境带来风险;焚烧塑料则会释放大量温室气体;由于土地资源的短缺,利用垃圾塑料填埋场处理大量废弃塑料制品可能不太现实,同时也可能会导致塑料成分污染地下水。采用再循环利用方法生产的塑料制品质量偏低,无法用于医疗保健等用途。

目前科学家正在利用二氧化碳和一氧化碳化合物,并采用金属化合物催化剂开发更好的可生物降解塑料。该技术提供了双重益处——既限制了温室气体排放,又避免了与人类争夺食物供应(传统的生物塑料是由农作物资源如玉米和糖浆制成)。含有 BPA 的环氧树脂常被添加到金属罐头的内衬中,如果用可生物降解塑料替代之,既可以大大减少人们接触 BPA 的机会,又能减少 1.8 亿 t CO₂ 排放。此外,科研人员也正从对环境潜在危害的角度,再次评估一次性塑料制品的使用情况。一些研究认为塑料制品再利用的前景看好,估计可使医疗设备成本下降约 50%。目前美国约有 25% 的医院正在使用再加工工艺来减少一次性塑料医疗垃圾。

目前很多类型的塑料制品和其消费模式是不可持续的。未来对塑料的继续使用要求我们重新设计这些日常生活中不可或缺的材料,以使它们与人类健康和所赖以生存的生态环境相协调。

(色母粒网)