

宁波材料所在低粘度缩醛型可降解环氧树脂方面取得进展

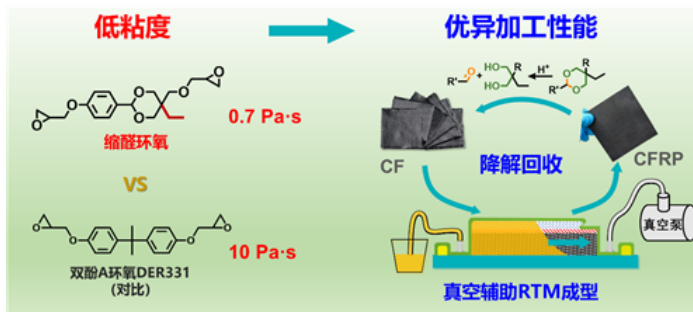
作者：，日期：2022-01-11

热固性树脂是轻量化汽车、航天航空器、风电、电子电器等关键结构材料用基体树脂，用量巨大，每年大概6500万吨。其回收再利用对于节约资源和保护环境，进而实现人类社会的可持续发展具有重大意义，但由于永久交联，传统热固性材料回收困难，这是该领域迫切需要解决的难题，也是实现双碳目标和循环经济中关注的重要问题之一。

近年来，中国科学院宁波材料技术与工程研究所生物基高分子材料团队马松琪研究员等人基于可解离的化学键发展了一系列易回收热固性树脂。为了得到高性能且耐水的缩醛型可降解热固性树脂，设计合成了含苯联螺环二缩醛、苯联并环二缩醛和苯联单环缩醛结构的树脂，玻璃化转变温度、力学强度等与传统双酚A环氧树脂相当甚至更高 (*J. Mater. Chem. A*, 7, 1233-1243 (2019); *Eur. Polym. J.*, 117, 200-207 (2019); *Green Chem.*, 22, 1275-1290 (2020); *ACS Sustain. Chem. Eng.*, 8, 11162-11170 (2020))。

近期，他们首次从成型加工角度设计合成了低粘度可降解环氧单体，可以通过真空辅助树脂传递模塑 (VARTM) 成型工艺，制备出性能优异的易回收碳纤维复合材料。通过分子设计，在环状缩醛结构上引入乙基或甲基后，环氧单体的规整性被打破，分子间相互作用减弱，得到了三种低粘度的环氧单体，粘度最低达到0.7Pa·s，远低于双酚A环氧单体 (陶氏 DER331) 的粘度 (10Pa·s)。三种环氧的固化活性高，以异佛尔酮二胺固化后具有优异的热学、力学性能。由于低粘度，可以通过真空辅助树脂传递模塑 (VARTM) 成型工艺制备碳纤维复合材料。得到的复合材料表现出优异的拉伸强度 (635.9±24.1MPa)、杨氏模量 (25.5±0.7GPa) 和断裂伸长率 (5.9±0.9%)。由于缩醛环氧树脂基体优异的降解性能，复合材料浸泡在0.1mol L⁻¹HCl丙酮/H₂O (9:1, v/v) 溶液中室温24h，可回收碳纤维，回收的碳纤维表面无树脂残留。且由于回收条件温和，避免了对碳纤维表面形貌、化学成分和机械性能的损伤，使回收的碳纤维可以多次重复使用。再生得到的碳纤维复合材料，保持了原始碳纤维复合材料的优异热学、力学性能。此工作将引导可降解热固性树脂研究人员从加工和性能两方面开展分子结构的设计工作，有利于推动该类树脂的应用。相关结果已申请专利 (CN20191020265 0.7)，并发表在复合材料权威期刊 *Composites Science and Technology* 219, 109243 (2022) (DOI: 10.1016/j.compscitech.2021.109243) 上。

以上工作得到国家自然科学基金 (51773216、52073296)、宁波市公益类计划项目 (202002N3091) 和中科院青年创新促进会 (2018335) 的支持。



(高分子与复合材料实验室 李鹏云)