

超高分子量聚乙烯纤维防弹复合材料的研究

郑震 王新灵

上海交通大学化学化工学院 上海 200240

超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 纤维复合材料是一类新兴的、很有发展前景的防弹复合材料,因其发展时间较短,对其制备方法、结构性能和防弹机理的研究还有待深入。UHMWPE 纤维的密度是现有高性能纤维中最小的,因而比强度最高,弹击吸收能较大;受到子弹或碎片冲击时,柔性的聚乙烯纤维复合板表现出一些特殊的响应行为。相对于其它高性能纤维,UHMWPE 纤维硬质复合材料具有极其重要的研究价值,已逐渐成为当前防弹复合材料的关注重点。就 UHMWPE 纤维树脂复合材料的防弹机理而言,以下问题正在被深入研究:纤维与树脂的界面性能和复合材料防弹性能的关系;纤维断裂、原纤化以及层间分层对弹击吸能的贡献大小;纤维的强度、树脂的结构与性质、含量与弹击吸能的关系。本文利用电晕和紫外辐照等处理方法对 UHMWPE 纤维进行表面改性,并研究了弹性体改性乙烯基酯树脂 (VER) 以及树脂含量、弹击方式、处理条件对复合材料防弹性能的影响,在此基础上,明显提高了 UHMWPE 纤维复合材料的防弹性能。

超高分子量聚乙烯纤维的表面处理方法可参照参考文献^[1, 2]。经过适当的条件处理,可以获得制备工艺简单、防弹性能明显提高的防弹复合材料。

图 1 是复合材料的弹击吸能与树脂含量的关系。从图 1 可见,UHMWPE 纤维复合材料的弹击吸能在树脂含量约为 10wt% 时取得一个最大。树脂含量过少,将无法发挥其传递应力的作用,导致防弹性能下降;树脂含量过高,部分树脂渗入到纤维层中,会限制纤维的局部形变,也导致弹击吸能下降;图 2 是电晕强度、靶板的固定形式对复合材料弹击吸能的影响。本文通过特制的模具限制弹击过程中复合材料的形变,从而最大程度上限制了它的层间分层。从图 2 可知,受限靶板的弹击吸能值都有一定程度的下降,其中以未电晕处理的复合材料板下降最大,它的 EA 值下降了约 21%。受限后,可以更清楚地看到电晕处理对靶板弹击吸能的影响,即电晕处理均能提高靶板的能量吸收,且当 6KW 电晕处理时,复合材料的 EA 值取得最大。由此可知,若 UHMWPE 纤维不经处理,则复合材料的层间分层严重,整体变形较大。表 1 是不同树脂、紫外辐照强度对 UHMWPE 纤维复合材料的影响。可以看出,以端羟基液体聚丁二烯橡胶制备的聚氨酯预聚体 (ITPB) 改性 VER 为基体的靶板的 V_{50} 值最大,弹击吸能较未改性的 VER 有明显地增加。当橡胶相结构与含量适当时,树脂层的应力场会发生协同作用,从而大大提高靶板整体的抗冲击能力。另外,适当的紫外辐照时间对提高复合材料的防弹能力有明显的帮助。

BALLISTIC PROPERTY OF ULTRAHIGH MOLECULAR WEIGHT POLYETHYLENE FIBERS COMPOSITES

ZHENG Zhen WANG Xinling

School of Chemistry & Chemical Technology, Shanghai Jiaotong University,
Shanghai 200240

ABSTRACT

Based on corona and UV radiation treatment of UHMWPE fibers, the ballistic property of the composites made up of UHMWPE fibers and different resin were studied. Some factors, such as resin contents, corona power, the limited or unlimited target plate, UV radiation time and different resins, have great influences on the ballistic of UHMWPE fiber composites. The target plate made by UHMWPE fiber and ITPB modified vinylester resin showed excellent integral bulletproof properties after UHMWPE fibers treated by appropriate corona and UV radiation beforehand.

Keywords: ultra-high molecular weight polyethylene fiber (UHMWPE-fiber), corona, UV radiation, vinylester resin, ballistic property

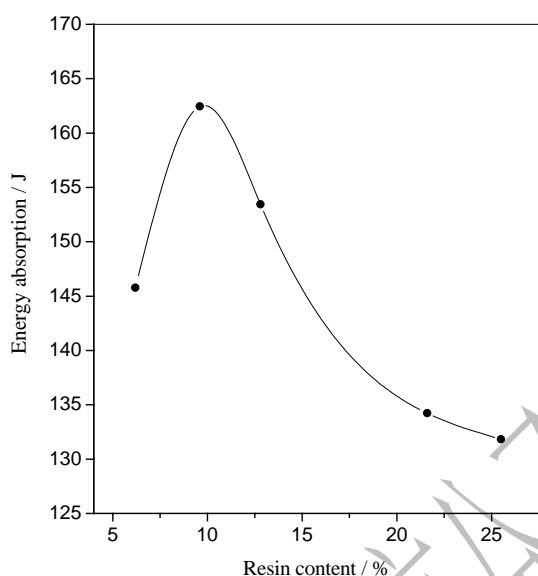


图 1 复合材料的弹击吸能与树脂含量的关系
Fig. 1 Relation of energy absorption of composites and resin content

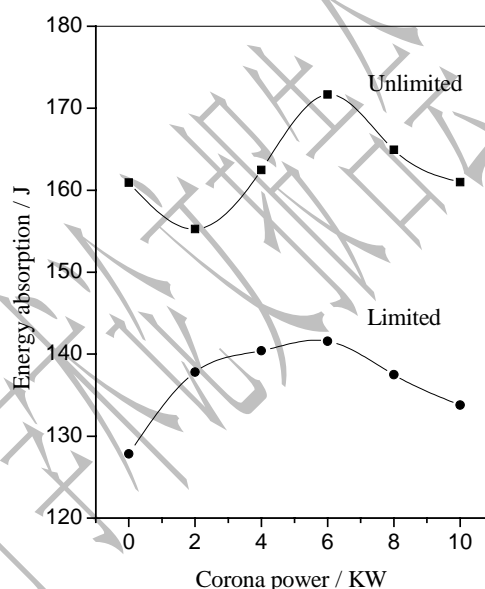


图 2 受限或非受限复合材料的弹击吸能与电晕强度的关系 (树脂约 10wt%)
Fig.2 Variation of EA of composites/limited composites with corona power (10 wt% resin)

Table 1 Variation of V_{50} with different resin and UV radiation time (after 6KW corona treated)

表 1 靶板的 V_{50} 值随树脂改性以及纤维辐照时间的变化 (均经过 6KW 电晕处理)

Modified Resin	UV Radiation Time (min)	Resin Content (%)	V_{50} Value ($m \cdot s^{-1}$)	Energy Absorption (J)
VER	-	6.2	514.8	145.76
VER	5	6.5	529.6	154.26
PPG-t ¹ /VER	-	8.2	528.6	153.68
LPIB ² /VER	-	10.0	533.5	156.54
ITPB ³ /VER	-	7.8	536.7	158.43
ITPB/VER	5	6.8	580.5	185.34

1. polyurethane prepolymer synthesized by polyoxypropylene glycol; 2. liquid polyisobutylene; 3. polyurethane prepolymer synthesized by hydroxyl-terminated polybutadiene.

参考文献

1. Zheng Zhen, Tang X, Shi Meiwu, Zhou Guotai. CN 031421806
2. Zheng Zhen, Tang X, Shi Meiwu, Zhou Guotai. Surface modification of ultrahigh-molecular -weight polyethylene fibers, Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 2004, 42(3): 463-472

2006年全国高分子学术论文报告会