

# 超高分子量聚乙烯耐热性能的改善

秦建华, 郝绘坤, 王兴隆, 李文华

武汉工程大学机电工程学院, 湖北 武汉 430074

**摘 要:**为了提高超高分子量聚乙烯的耐热性能,采用高岭土、碳酸钙两种材料作为填料进行耐热改性研究.通过实验,对复合材料的各种性能进行测试和分析,比较不同质量分数的填料对超高分子量聚乙烯各性能的影响.结论表明:高岭土和碳酸钙的填充明显改善超高分子量聚乙烯的耐热性能,当填料质量分数为 30% 时,填充高岭土得到的复合材料的维卡软化温度为 113 ℃,填充碳酸钙得到的复合材料的维卡软化温度为 111 ℃,均提高 30 ℃ 左右.其力学性能有不同程度的降低,当填料质量分数为 10% 时,复合材料的力学性能最好,之后随着添加比例的增大,其力学性能减小的速度也增加.综合考虑,填料质量分数在 10% 到 20% 之间时,能同时满足力学性能和耐热性能的需要.

**关键词:**超高分子量聚乙烯;维卡软化温度;耐热性能;高岭土;碳酸钙

**中图分类号:**TQ

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2014.06.006

## 0 引 言

超高分子量聚乙烯(简称 UHMWPE)是分子量 100 万以上的聚乙烯,它是一种线性结构的具有优异综合性能的热塑性工程塑料,具有优良的耐磨性、耐冲击性、耐低温性、耐应力开裂性、耐腐蚀性、耐光性、抗粘附性,以及电绝缘性、自润滑性等,可以代替碳钢、不锈钢、青铜等材料广泛地应用于纺织、采矿、化工、包装、机械、医疗、体育等领域<sup>[1-2]</sup>.虽然超高分子量聚乙烯具有非常优异的特性,但是其热变形温度偏低(85 ℃),这限制了它在高温环境的应用.如果能够提高超高分子量聚乙烯材料的热变形温度,那么这种材料就能得到更加广泛的应用.

目前,常见的改性主要是工艺改性和性能改性.工艺改性是针对超高分子量聚乙烯分子量巨大,成型过程中几乎没有流动性,为增加其成型过程中的流动性而进行的改性.性能改性是为了改善超高分子量聚乙烯某一方面或几个方面的性能而进行的改性.其中主要的改性方法有物理改性、化学改性、聚合物填充改性、自增强改性等<sup>[3]</sup>.本文介绍一种通过添加无机填料进行改性的方法,由于高岭土和碳酸钙等无机材料不仅具有很高的耐热性能,而且具有较好的成型能力,所以本文选

择高岭土和碳酸钙两种无机填料进行研究,研究的目的是在对超高分子量聚乙烯主要性能影响不大的基础上提高其耐热性能.

## 1 实验部分

### 1.1 主要原材料

超高分子量聚乙烯,平均分子量约为 350 万,北京东方石油化工有限公司;高岭土,熔点 1 785 ℃,甘肃兰港石化公司;碳酸钙( $\text{CaCO}_3$ ),熔点 1 339 ℃,市场随机购买;无水乙醇,天津市天力化学试剂有限公司.

### 1.2 设备及仪器

压力成型机:型号 XLB-350-350,中国浙江湖州东方机械有限公司制造;热变形、维卡软化点温度测定仪:型号 XWY-3004,济南天辰试验机制造有限公司;悬臂梁冲击试验机:型号 XJU-22,承德试验机有限责任公司;拉力试验机:型号 TCS-2000,高铁检测仪器有限公司;热压机:型号 R3202,武汉启恩科技发展有限公司.

### 1.3 试样制备

将超高分子量聚乙烯干燥后分别与高岭土、碳酸钙混合,高岭土、碳酸钙所占质量比例分别为 10%、20%、30%,研磨均匀,适量加入无水乙醇,120 MPa 下预压 10 min 后,在模压机上以 250 ℃

收稿日期:2013-12-30

基金项目:武汉市科技攻关项目(201010621223);武汉东湖高新区“3551 光谷人才计划”

作者简介:秦建华(1964-),男,湖北恩施人,副教授,博士.研究方向:高分子材料成型理论研究.

温度保持一段时间后,随模冷却,制成厚度分别为 2 mm 和 4 mm 的片状试样,分别测量其维卡软化温度( $^{\circ}\text{C}$ )、拉伸强度(MPa)、缺口冲击强度( $\text{kJ}/\text{m}^2$ )和断裂伸长率(%),每个参数均选 3~5 个试样分别测量,取平均值。

#### 1.4 性能测试

维卡热变形温度按 GB/T1633-2000 测试,负载为 4 kg,升温速率  $120^{\circ}\text{C}/60\text{ min}$ ;

拉伸强度按 GB/T 1040-2006 测试,拉伸速率为 100 mm/min,试验温度室温;

缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试,试验温度室温。

## 2 结果与讨论

### 2.1 耐热性能

填料高岭土和碳酸钙在不同质量分数时对 UHMWPE 的维卡软化温度的影响如图 1 所示。当质量分数为 10% 时,维卡软化温度平均提高到  $105^{\circ}\text{C}$  左右;当质量分数为 30% 时,维卡软化温度平均提高到  $115^{\circ}\text{C}$  左右。随着填料含量的增加,材料的维卡软化温度逐渐增加,且上升趋势逐渐趋缓。

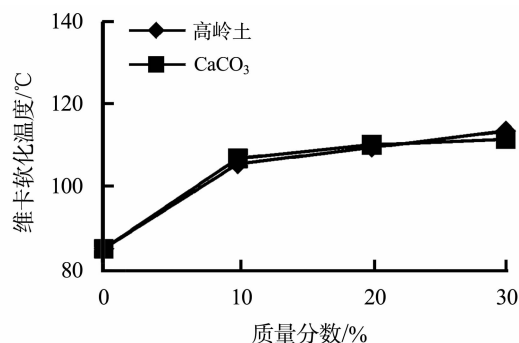


图 1 UHMWPE 及其共混物的维卡软化温度

Fig. 1 Vicat softening temperature of

UHMWPE and its mixtures

因为填料在聚合物基体中起到了物理交联的作用,限制了高分子链的热运动,故提高了材料的维卡软化温度。由于填料对聚合物分子间作用力的影响不同,故改变程度也不同。在一定范围内,大量填料的加入则会过多的削弱分子链之间的作用力<sup>[4]</sup>,因此随着填料含量的增加,材料的维卡软化温度趋于缓和。

### 2.2 力学性能

图 2 为 UHMWPE 及其共混物的拉伸强度。从图 2 中可以看出,随着填料质量分数的提高,拉

伸强度先升高然后又降低。在质量分数为 10% 左右时是比较高的,随着填料质量分数的继续增多,拉伸强度出现下降的趋势,这主要是由于大量的填料容易聚集,从而破坏材料的晶体结构,并带来更多的应力集中点而造成的<sup>[5]</sup>。

UHMWPE 及其共混物的断裂伸长率关系见图 3。如图 3 所示,断裂伸长率也呈现出与拉伸强度相似的变化趋势,即略有增加然后减小。断裂伸长率与拉伸强度的变化在机理上是一样的。

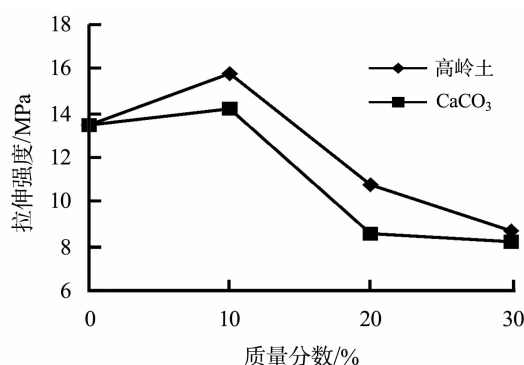


图 2 UHMWPE 及其共混物的拉伸强度

Fig. 2 The tensile strength of  
UHMWPE and its mixtures

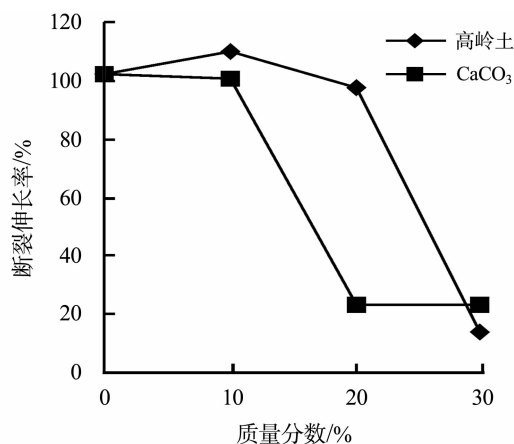


图 3 UHMWPE 及其共混物的断裂伸长率

Fig. 3 The breaking elongation of  
UHMWPE and its mixtures

对材料的缺口冲击强度的测试结果,如图 4 所示。纯超高分子量聚乙烯材料具有很高的冲击强度,在实验中几乎不会被冲断。改性后的材料,随着填料质量分数的提高,缺口冲击强度呈降低趋势。因为在超高分子量聚乙烯中添加了无机材料,无机材料的性质就决定了在加热的情况下其共混物的分子之间不一定能结合的非常紧密,所以不能像纯料一样具有很好的韧性。

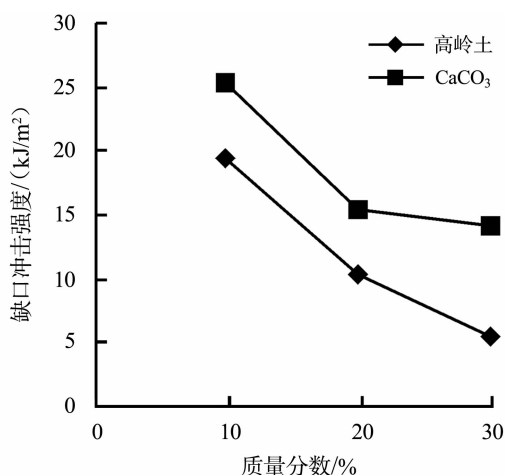


图4 UHMWPE及其共混物的缺口冲击强度

Fig. 4 The notched impact strength of UHMWPE and its mixtures

### 3 结 语

填充高岭土和碳酸钙对超高分子量聚乙烯的性能产生了明显的影响,使其耐热性能得到大大提高,但是其力学性能和加工性能有不同程度的降低,基本上能在力学性能和加工性能改变不大的基础上满足耐热性能的需要。

a. 高岭土和碳酸钙的填充都明显改善了UHMWPE的耐热性能。当质量分数为10%时,高岭土和UHMWPE的共混物的维卡软化温度为105℃,碳酸钙和UHMWPE的共混物的维卡软化温度为107℃,提高20℃左右;当质量分数为30%时,高岭土和UHMWPE的共混物的维卡软化温度为113℃,碳酸钙和UHMWPE的共混物的维卡软化温度为111℃,提高30℃左右。

b. 两种材料的填充均对UHMWPE的力学性能产生了一定的影响。当高岭土或碳酸钙质量分数为10%时,UHMWPE及其共混物的力学性能最好,随着添加比例的增大,其拉伸强度、断裂伸长率等力学性能减小的速度也增加,其中缺口冲击强度降低的程度最大。

c. 选用的两种无机填料对UHMWPE的加工性产生了不同程度的影响。添加比例越大,成型越困难。综合考虑,选用无机填料改性时,在提高UHMWPE的耐热性能的同时,为了保证聚合物

具有较好的力学性能,在配比时应该选用较小比例,最好在20%以内;如果用于受力不大的工作场合时,可以增加填料比例到30%左右。

### 致 谢

本课题的研究工作获得了武汉东湖高新区“3551 光谷人才计划”、武汉市科技攻关项目(201010621223)的资金资助,同时也得到武汉晓宏超高分子新材料科技有限公司的大力支持,在此表示衷心的感谢!

### 参考文献:

- [1] 刘萍,王得禧. 超高分子量聚乙烯的改性及其应用[J]. 工程塑料应用,2001,29(5):7-9.  
LIU Ping, WANG De-xi. Modification of UHMWPE and its application[J]. Engineering Plastics Application, 2001, 29(5): 7-9. (in Chinese)
- [2] 秦建华,王辉,杨光振. 超高分子量聚乙烯单螺杆挤出压力形成理论[J]. 高分子材料科学与工程,2007,23(2):33-40.  
QIN Jian-hua, WANG Hui, YANG Guang-zhen. The research in UHMWPE single screw extruding process theory[J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2007, 23(2): 33-40. (in Chinese)
- [3] 明艳,贾润礼. 超高分子量聚乙烯的改性[J]. 塑料科技,2002,148(2):31-33.  
MING Yan, JIA Run-li. Modification of UHMWPE [J]. Plastics Technology, 2002, 148(2): 31-33. (in Chinese)
- [4] 王贵恒. 高分子材料成型加工原理[M]. 北京:化学工业出版社,2009:293-320.  
WANG Gui-heng. Polymer materials processing principle[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009: 293-320. (in Chinese)
- [5] 马赞喆,黄丽. 玻璃微珠改性超高分子量聚乙烯的耐热性能[J]. 北京化工大学学报,2010,37(2):49-52.  
MA Yun-zhe, HUANG Li. Heat resistance of ultra high molecular weight polyethylene composites modified by hollow glass bead[J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology, 2010, 37(2): 49-52. (in Chinese)

(下转第31页)