

PEEK 的改性及应用

林有希 高诚辉

(福州大学机械工程学院, 福州 350002)

摘要 综述对聚醚醚酮(PEEK)进行纤维增强、无机填料填充及有机材料共混等改性, 提高其高温稳定性能、摩擦学性能和生物相容性等方面的最新研究进展。简述了 PEEK 在航空航天、机械、汽车、生物食品工程、电子电气等对材料力学、热、化学、燃烧等性能有特殊要求的工程领域的应用。

关键词 聚醚醚酮 复合材料 改性

聚醚醚酮(PEEK)是一种全芳香族半结晶性的热塑性工程塑料, 由于大分子链上含有刚性的苯环、柔顺的醚键及高分子间作用力的羰基, 结构规整, 因而具有高耐热性、高强度、高模量、高断裂韧性等优异的综合性能。另外, PEEK 尺寸稳定性好, 线胀系数较小; 耐腐蚀性与镍钢相近, 对通常的化学药品除个别浓酸外均表现出极好的耐腐蚀性; 自身阻燃, 在火焰下释放烟和有毒气体少; 韧性好, 对循环应力的优良耐疲劳性是塑料中最出众的; 摩擦学性能突出, 摩擦系数低, 承载能力和耐磨性比聚四氟乙烯(PTFE)高, 可以在无润滑、高温、潮湿、腐蚀等严酷环境下使用; 加工性能优异, 可以按照热塑性塑料的加工方法进行注射、挤出、模压、吹塑、熔融拉丝、流延、发泡、静电喷涂等加工; 还具有绝缘、耐水解、抗辐射能力强等特点, 在许多工程领域具有广泛的应用前景^[1]。对 PEEK 进行纤维增强、无机填料填充及有机材料共混等改性, 可以进一步增强 PEEK 的力学性能、热性能及摩擦学性能, 降低材料成本, 扩大使用范围。笔者重点介绍提高 PEEK 基复合材料的高温稳定性能、摩擦学性能和生物相容性等方面的最新研究进展和应用。

1 高温稳定性能

1.1 纤维增强 PEEK

PEEK 具有较高的玻璃化转变温度 T_g (约 143℃) 和熔点 T_m (约 344℃), 未增强时热变形温度为 135 ~160℃, 还具有很高的热氧稳定性, 400℃时热失重为 0。玻纤(GF)或碳纤维(CF)增强的 PEEK 的负载热变形温度均超过 300℃, 连续使用温度可达 260℃。150℃时 30% GF 增强的 PEEK 拉伸强度达 75 MPa, 30% CF 增强拉伸强度则超过 100 MPa。

汽车发动机机油滤油网要求材料具有很高的力学性能及高温耐油性, 由于原来使用的工程塑料滤油网在 130℃以上就开始变质, 奔驰公司开发了 30% GF 增强的 PEEK 复合材料用于卡车滤油网, 能在 300℃以上保持高的力学性能及耐化学药品性, 可以在 180℃以上的机油中连续使用^[2]。德国 Schlottter 公司^[3]用 PEEK/30% GF 涂覆 30 μm 厚铜层, 进行剥离和热焊加工试验, 表明复合材料能承受普通焊接加工, 作为柔性电路板基材比 ABS 等具有更好的力学和热性能。顾有伟等^[4]使用高温上胶剂处理的 GF 增强 PEEK, 在高达 400℃的加工温度下, 纤维与基体仍保持紧密粘结, 可

明显提高复合材料的力学性能。

纤维增强 PEEK 复合材料还具有良好的自熄灭性、低烟和燃烧产物无毒等卓越阻燃特性。空中客车公司用 PEEK/30% CF 复合材料制作飞机电缆夹头和护套^[5], 使得航空零件减重 50%, 可节约成本 75%, 有望代替以往的铝夹头和护套。

1.2 有机材料共混改性 PEEK

将 PEEK 与具有较高玻璃化转变温度的有机高分子材料共混可以提高复合材料的热性能。聚醚酰亚胺(PEI)是一种无定型高性能聚合物, 具有很好的热稳定性 ($T_g = 215℃$)。PEI 和 PEEK 在很宽的组分范围内相容, 共混物的 T_g 值得到提高, 从而改善了热性能。PEI 对 PEEK 的结晶行为起了稀释剂的作用, 降低了 PEEK 的结晶速度, 增加了结晶度, PET 含量为 30% ~40% 时, 结晶度达到了极大值^[6]。PEEK 的分子链受到 PEI 分子链的缠结。PEI 是一种软质材料, 但与 PEEK 共混物的硬度却大于纯 PEEK, 这也证明 PEI 可增加 PEEK 的结晶度, 导致复合材料强化^[7]。

麦堪成等^[8]研究了 PEEK/聚苯硫醚(PPS)共混体系的熔融结晶行为。纯 PEEK 为熔融双峰, 随 PPS 含量增加, 低温峰移向高温, 高温峰移向低温, 而在中间峰温区形成单一高而尖的熔融峰, 表明共混物中 PEEK 形成分布较窄的结晶。高温 PEEK 在熔体粘度低的 PPS 熔体中结晶, 链段活动性增强, 结晶完善性提高。在接近 PEEK 熔点温度退火时, 发现共混物中 PEEK 的熔点比纯 PEEK 的高。

此外, PEEK 和聚醚酰亚胺(PI)、聚醚醚酮(PEKK)、聚砜(PSU)等共混也得到研究^[9,10]。而聚醚砜(PESU)作为一种非结晶性高性能塑料, T_g 高达 225℃, 高温稳定性非常好。PEEK 和 PES 相容, 其混合改性是提高 PEEK 在更高温度下力学性能的非常有潜力的方法, 值得进一步研究。

2 摩擦学性能

PEEK 具有优异的耐磨耗性及特有的自润滑性, 对 PEEK 进行纤维增强、有机材料共混或无机填料填充等改性, 可降低其摩擦系数, 提高耐磨性, 改善摩擦学性能, 适用于精度高、润滑不够、腐蚀等严酷环境的摩擦材料, 如: 齿轮、

轴承、垫片、活塞环、密封件、离合器齿环等各种零部件。

2.1 纤维增强 PEEK

CF 对 PEEK 不仅具有增强作用,对其摩擦学性能亦有重要影响。J. Hanchi 等^[11]研究了 20 ~225℃ 下 30% 短 CF 增强 PEEK 复合材料的干摩擦与磨损性能,在低于 T_g 时,复合材料的刚度显著提高,磨损率降低,摩擦系数比纯 PEEK 高;当温度超过 T_g 时,热软化使得 PEEK 与复合材料的耐磨性能衰退,但复合材料的耐磨性能衰退比 PEEK 少得多。由于 CF 增强效应抵消了 PEEK 的热软化及形成了强度非常高的转移膜有效保护接触区域,PEEK/CF 的摩擦系数与比磨损率明显比纯 PEEK 低。低温摩擦学系统要求材料本身具有良好的自润滑干摩擦性能,G. Theiler 等^[12,13]则研究了 PEEK/CF 在 -196℃ 液氮环境下的摩擦与磨损性能,低温环境下材料的摩擦磨损性能比室温差,CF 含量对 PEEK/CF 摩擦磨损性能的影响不像室温条件下那么明显,摩擦系数和磨损率比较理想的 CF 含量分别是 5% 和 15%。

D. M. Elliott 等^[14,15]考察了 PEEK/CF 复合材料的摩擦学性能与对偶表面粗糙度及试验条件的相关性,在抛光和磨削的不锈钢对偶表面滑动时,发现对偶表面粗糙度对 PEEK/CF 磨损率的影响不如对纯 PEEK 明显,摩擦过程中 CF 变成石墨进入转移膜使得摩擦系数和磨损率均低于纯 PEEK。在相同的实验条件下,PEEK/CF 复合材料的摩擦磨损性能明显优于 PEEK/GF 复合材料,CF 对材料耐磨性能的改善程度是加入相同含量 GF 时的 5 倍以上。

PEEK/CF 复合材料制作的轴承零件可以避免金属或陶瓷材料轴承部件由于表面裂纹而出现的轴承早期失效,其优良的摩擦学性能甚至超过目前使用的超高分子量聚乙烯(UHMWPE)。A. Wang 等^[16]进行了滚珠-轴瓦磨损模拟试验,当滚珠材料为氧化铝陶瓷时,纯 PEEK 轴瓦的磨损率大于 UHMWPE,随着 CF 加入量的增加,PEEK/CF 轴瓦的磨损率很快降低,当 CF 加入量为 20% 时,磨损率比 UHMWPE 降低一个数量级,当 CF 的加入量为 30% 时,磨损率比 UHMWPE 降低约 2 个数量级。当滚珠材料为氧化锆陶瓷时,PEEK/CF 轴瓦的磨损率也比 UHMWPE 大幅度降低。

近年来有机齿轮越来越广泛地应用于一些高温、潮湿、腐蚀等严酷环境。M. Kurokawa 等^[17]研究了 PEEK/CF 复合材料齿轮的承载能力和摩擦学性能,PEEK/CF 齿轮的承载能力和 PEEK 与 CF 之间结合情况、使用条件和润滑状态有密切关系,相同齿轮配对及使用锂润滑脂润滑齿面时,随着 CF 含量增加,齿面的磨损率降低,对使用条件的依赖性降低,承载能力提高,使用寿命延长。高温运转环境下,其承载能力和使用性能优于聚酰胺亚胺(PAI)/30% CF 和 PPS/30% GF 复合材料齿轮。采用氩等离子体处理 PEEK/CF,可使得复合材料中的 CF 与基体的界面结合强度明显增强,材料的力学性能提高,摩擦系数和磨损率均显著降低^[18]。

在滑动摩擦过程中,PEEK/CF 复合材料剥层磨损形成的卷状磨屑是转移膜形成的主要原因,迎着滑动方向的聚合

物首先被磨去,使得 CF 露头,露出的 CF 完整地被折断,形成侧面被磨的 CF 磨屑,CF 被磨碎后变为具有优良润滑作用的层状石墨微粒,进入转移膜并反复碾压使得转移膜更连续,有利于提高转移膜的强度、硬度、断裂韧性、光滑程度及寿命,降低复合材料的摩擦系数和磨损率^[19]。

2.2 有机材料共混改性 PEEK

PTFE 在较低滑动速度下摩擦系数很小,具有良好的自润滑性能,但耐磨损能力差。PEEK/PTFE 优化混合得到的复合材料具有更好的摩擦和磨损性能。B. J. Briscoe 等^[20-22]研究了 PTFE 填充 PEEK 的摩擦学性能,当复合材料在钢对偶面上滑动时,随着 PTFE 质量分数的增大,复合材料的摩擦系数下降,承载能力增大,但当 PTFE 质量分数超过 20% 时,摩擦系数下降速度趋缓。PEEK/PTFE 用于制作轴承时,PTFE 含量为 10% 就可以达到强度与摩擦性能的较好统一,在高负荷下,其摩擦性能明显优于 PEEK 或 PTFE。PEEK/PTFE 复合材料具有优良的摩擦性能的原因是,在摩擦过程中,PTFE 易向对偶表面转移,形成自润滑膜。划痕硬度测试表明其近表面处较软,该处的硬度值同纯 PTFE 的硬度值接近,表面以下区域的硬度值逐渐变大直至接近纯 PEEK。PTFE 迁移至表面而 PEEK 占据层下区,复合材料中出现了多组分高聚物的相段。J. Bijwe 等^[23]也研究了 PTFE 含量对 PEEK/PTFE 微动磨损性能的影响,当 PTFE 含量增加时,PEEK/PTFE 的微动磨损率持续下降,在 PTFE 含量为 30% 时摩擦系数、磨损率和极限 PV 值达到最佳组合。

此外,PEEK/PEI 复合材料在不同温度、不同载荷、不同速度下的摩擦学性能也得到研究^[24]。液晶聚合物尤其是热致液晶聚合物具有低熔融粘度、高强度、高模量及热稳定性,与 PEEK 共混,能改善 PEEK 的摩擦学性能,尤其温度高于 T_g 时的摩擦学性能,但不宜超过 200℃。Long Chunguang 等^[25]研究 PEEK/聚苯酯/MoS₂ 复合材料表明,聚苯酯的加入使复合材料的压缩强度提高,拉伸强度、弯曲强度和冲击强度有所降低,其含量为 25% 时,复合材料具有较好的摩擦磨损性能。

2.3 无机填料填充 PEEK

无机填料填充聚合物不仅起到承载、减小变形的作用,还可以使聚合物薄膜转移,改善转移膜的附着强度,减小摩擦,降低磨损,形成自润滑复合材料。S. Bahadur 等^[26,27]用 CuS 和 CuF₂ 填充 PEEK,有效地降低了 PEEK 与钢对磨时的磨损,CuS 体积含量为 35% 时磨损率最低。CuS 的加入也使得摩擦系数增大,同时填充 PTFE 能使复合材料的摩擦系数和磨损率同时下降。复合材料的磨损率取决于在对偶面上形成转移膜的能力。无机粉末在摩擦过程中会发生多种摩擦化学反应,转移膜中生成 FeF₂、FeSO₄、FeS 等化合物增强了转移膜与对磨面的结合强度,使得复合材料的磨损性能优于纯 PEEK。A. M. Hager 等^[28]以石墨、PTFE 和 CF 填充 PEEK 制成高温轴承,研究了填料及其填充量对材料摩擦磨损性能的影响,确定了材料的比磨损率与工作极限 PV 值的

关系。以质量分数为 15% 的石墨和 15% 的 PTFE 填充 PEEK 制成的自润滑复合材料,摩擦磨损性能最好,尤其在高温下,可作为耐高温滑动轴承的首选材料。

2.4 PEEK 纳米复合材料

纳米粒子具有小尺寸效应、化学活性、与聚合物界面强相互作用等性能,在低填充量下,比普通粒子具有更优的摩擦学改性作用。Wang Qihua 等^[29~32]制备了 PEEK/Si₃N₄ 纳米复合材料,研究了磨痕及转移膜的微观特性。发现在摩擦过程中一部分 Si₃N₄ 被氧化为 SiO₂,改善了转移膜的特征,形成连续致密的转移膜,降低了 PEEK 的摩擦系数和磨损率,而另一部分 Si₃N₄ 则嵌入 PEEK 表面,使 PEEK 表面变成粒子增强型材料。纳米 SiC 也能显著改善 PEEK 在干摩擦下的摩擦学性能,其磨损机制主要是轻微的粘着转移和疲劳磨损。随着纳米 SiC 含量的增加,摩擦系数不断降低,而比磨损率在体积含量为 1%~4% 时较低。用纳米 SiC 和石墨共同填充 PEEK 复合材料,当石墨体积含量低于 3.0%,纳米 SiC 和石墨有协同效应,使复合材料的摩擦磨损性能进一步得到改善。Wang Qihua 等还研究了直径分别为 10 nm 和 86 nm 的纳米 ZrO₂ 填充 PEEK 的摩擦磨损性能,发现粒径 10 nm 的 ZrO₂ 能显著改善 PEEK 复合材料的摩擦学性能,比磨损率较纯 PEEK 降低约一半,在对偶钢环上形成一层连续的与底材紧密粘着的薄转移膜而呈轻微的粘着磨损和疲劳磨损,而粒径 86 nm 的 ZrO₂ 则导致严重的磨料磨损和粘着磨损。彭旭东等^[33]用粒径小于 40 nm 的 Al₂O₃、TiO₂ 和 PTFE 复合填充 PEEK,研究表明填充 6%~7% 的纳米 Al₂O₃ 可明显改善 PEEK/10% PTFE 复合材料的摩擦磨损性能,当纳米 Al₂O₃ 含量高于 10% 时,PEEK/PTFE/Al₂O₃ 复合材料的塑性变形和粘着剥落加剧。当纳米填料的质量分数相同时,含纳米 TiO₂ 的复合材料的磨损表面塑性变形轻微,摩擦磨损性能明显优于含纳米 Al₂O₃ 的复合材料。P. Werner 等^[34]研究了平均直径 150 nm 的碳纳米管填充 PEEK 对马氏体轴承钢和奥氏体不锈钢的磨损性能,结果表明碳纳米管显著减少了 PEEK 的磨损,碳纳米管充当了固体润滑剂,而且碳纳米管和钢之间几乎不发生摩擦化学反应,其小尺寸效应导致碳纳米管填充 PEEK 对对偶件影响很小。

3 生物相容性

目前医用的人造骨关节主要是以钛钢合金为主,虽有强度高、刚性强等诸多优点,但其生物相容性不好,会引起患者的不适及骨质疏松现象,而且容易发生磨损和松动造成再次更换,给患者带来痛苦。因此迫切需要研发新一代有机生物假体材料。PEEK 所具有的光滑性和生物相容性是其它聚合物无法相比的,是一种极有潜力的生物假体材料。体外细胞培养和体内定量组织学试验均表明,PEEK 具有良好的生物相容性,在生理盐水的离子作用下,其力学强度和弹性模量、耐磨性、光滑性等物理性质没有明显降低,而且溶胀率也

很低^[35,36]。

C. Morrison 等^[37,38]将 PEEK/CF 与成骨细胞及成纤维细胞共同培养,未见明显的细胞毒性作用,发现 PEEK 能促进成骨细胞的蛋白合成、成骨及乳附性能,防止假体松动。K. A. Jockisch 等^[39]对 30% 短纤维增强的 PEEK 进行蒸气消毒、热塑型、盐水浸泡等处理,证实其有优良的抗液体渗入性能,力学性能无明显变化,纤维基体连接良好。A. Wang 等^[40]用平均直径 8 μm、长度 20 mm 的短 CF 增强 PEEK 和 CoCr、氧化铝、氧化锆等材料并分别模拟髋关节和膝关节进行磨损实验,研究复合材料作为全髋和全膝假体材料的适应性和局限性。在类似髋关节接触状态,不管是对金属还是对陶瓷材料,PEEK/CF 的耐磨性均比 UHMWPE 好得多,并且沥青基 CF 比聚丙烯腈基 CF 耐磨性好,对偶件为陶瓷材料比金属材料好。最佳配对是 30% 沥青基 CF 的 PEEK/CF 复合材料和氧化锆,其磨损率比 UHMWPE 降低两个数量级。但在高应力非均匀接触状态下,PEEK/CF 的性能不如 UHMWPE,复合材料不适合用作膝关节部件。J. P. Davim 等^[41]根据人体步行时髋关节接触应力和速度变化函数来模拟试验条件,研究含 30% CF 的 PEEK/CF 复合材料在水润滑条件下,不锈钢对偶件的粗糙度、滑动速度、接触应力等参数对其摩擦性能的影响。发现对偶表面的粗糙度是影响摩擦系数的最重要因素,滑动速度次之,接触应力很小。

在骨科整形手术中,长达 1 a 以上断骨康复过程需要用固定骨折部位的夹钢板。正常人体皮层骨的弹性模量为 15~26 GPa,远低于传统使用的金属材料,这种弹性模量不匹配造成骨矿物质减少,应力屏蔽效应有时会引起骨再折。人们不断寻求力学性能接近骨皮质的夹钢板。将 CF 和 PEEK 细丝编织成型 CF 体积含量为 53% 的 PEEK/CF 复合材料夹钢板,比传统的不锈钢夹钢板更适合骨的固定,未见明显的异物反应并能促进骨愈合,具有替代不锈钢夹钢板的潜能^[42,43]。

此外,PEEK/CF 复合材料已开始用于制作腰椎融合器(TFC)、髌假体、牙套等^[44~46],我国的医学科研单位也开展了全髌假体和椎间融合等实验和临床应用研究^[47]。

4 应用和展望

具有优异综合性能的 PEEK 基复合材料,已经在众多工程领域得到应用,并且具有广阔的开发前景。

(1) 航空航天 可以作为高强度复合材料替代铝和其它金属材料制造飞机零部件,利用其优异的阻燃性能,制造内饰件和电缆元件,目前波音、空客公司已开始大量使用这种材料。

(2) 机械、汽车 代替不锈钢用来制作压缩机阀片、活塞环、密封件和各种化工用泵体、阀门部件。将 PEEK 粉末喷涂在金属表面,得到涂装制品,用于化工机械防腐、家用电器等领域。大众、奔驰、通用、福特等许多著名的汽车厂商关

注并使用 PEEK, 可以代替钢、铝、青铜、钛、PTFE 等, 如: 发动机内罩材料、传动、刹车和空调系统中的 ABS 阀、轴承轴衬、垫片、密封件、齿轮、离合器齿环等各种零部件, 还可用于涡轮压缩机、泵、阀、电线电缆、座位调节件、标准件等。

(3) 生物食品工程 PEEK 的生物相容性是其它聚合物无法相比的, 是一种极有潜力的生物假体材料, 可与肌体有机结合。可替代金属制作骨髓假体及用于灭菌要求高、反复使用的手术和牙科设备等。Victrex 公司用 PEEK 制造的食品加工、储存、烹饪设备零部件被允许用于食品接触领域。PEEK 还可用于超纯水的输送、贮存设备, 如管道、阀门、泵和容器等。

(4) 电子电气 PEEK 具有优良的电气性能, 是理想的电绝缘体, 在高温、高压和高湿度等恶劣的工作环境下, 仍能保持良好的电绝缘性。用来制造晶片承载器、绝缘膜片、印刷电路板、高温接插件及各种电气连接件等。

目前 PEEK 基复合材料的研究应用还处于起步阶段。借助材料显微精密测试仪器研究其微观结构与性能的关系, 以及成型工艺、成型过程中结晶和相态转变与聚集态结构、性能的关系, 寻求更多的增强体和简便工艺实现其更优性价比, 将是今后研究的重要方向。

参考文献

- Wood A S. Modern Plastics, 1987, 64(4): 46
- Weidig R. Kunststoffe Plast Europe, 2002, 92(1): 26
- John De Gaspari. Mechanical Engineering, Wilson Applied Science & Technology Abstracts, 2001, 123(5): 16
- 顾有伟, 等. 塑料工业, 2000, 28(2): 40
- Anon. Mechanical Engineering, Wilson Applied Science & Technology Abstracts, 1998, 120(5): 38
- Torre L, et al. Annual Technical Conference-ANTEC, 1991, 37: 2108
- Jonas A M, et al. Macromolecules, 1995, 28(25): 8491
- 麦堪成, 等. 高分子材料科学与工程, 1998, 14(1): 42
- Kong X, et al. Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics, 1998, 36(13): 2267
- Wang W, et al. Macromolecules, 1997, 30(16): 4544
- Hanchi J, et al. Wear, 1997, 203~204: 380
- Theiler G, et al. Material Wissenschaft und Werkstoff Technik, 2004, 35(10~11): 683
- Zhang Z, et al. Journal of Materials Science, 2004, 39(9): 2989
- Elliott D M, et al. Wear, 1998, 217: 288
- Flock J, et al. Wear, 1999, 225~229(1): 304
- Wang A, et al. Tribology International, 1998, 31(11): 661
- Kurokawa M, et al. Tribology International, 2000, 33(10): 715
- Chan-Park M B, et al. Journal of Adhesion Science and Technology, 2002, 16(14): 1883
- 冯显灿, 等. 材料科学与工程, 1999, 17(1): 29
- Briscoe B J, et al. Wear, 1986, 108: 357
- Thomas P S, et al. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2003, 72(2): 675
- Stuart B H, et al. Polymer, 1996, 37: 3819
- Bijwe J, et al. Wear, 2005, 258(10): 1536
- Stuart B H. Tribology International, 1998, 31(11): 647
- Long Chunguang, et al. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 2004, 23(15): 1575
- Bahadur S, et al. Wear, 1993, 160(1): 131
- Yu L, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2000, 76(2): 179
- Hager A M, et al. Wear, 1993, 162~164: 649
- Wang Qihua, et al. Wear, 1996, 198: 216
- Wang Qihua, et al. Wear, 1996, 196: 82
- Wang Qihua, et al. Tribology International, 1997, 30(3): 193
- Wang Qihua, et al. Wear, 2000, 243: 140
- 彭旭东, 等. 摩擦学学报, 2004, 24(3): 240
- Werner P, et al. Wear, 2004, 257(9~10): 1006
- An Yuehwei H, et al. Biomaterials, 2000, 21(24): 2635
- Meyer M R, et al. Journal of Biomedical Materials Research, 1994, 28(10): 1221
- Morrison C, et al. Biomaterials, 1995, 16(13): 987
- Macnair R, et al. Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 1997, 8(2): 105
- Jockisch K A, et al. Journal of Biomedical Materials Research, 1992, 26(2): 133
- Wang A, et al. Wear, 1999, 225~229(2): 724
- Davim J P, et al. Wear, 2001, 251: 1100
- Fujihara K, et al. Biomaterials, 2003, 24(15): 2661
- Fujihara K, et al. Composites Science and Technology, 2004, 64(16): 2525
- McMillin Carl R, et al. Advanced Materials: Performance Through Technology Insertion, 1993, 38(1): 582
- Li C, et al. Biomaterials, 2002, 23(21): 4249
- John De Gaspari. Mechanical Engineering: Wilson Applied Science & Technology Abstracts, 2002, 124(5): 24
- 贾庆卫, 等. 中国矫形外科杂志, 2003, 11(3,4): 210

MODIFICATION AND APPLICATION OF PEEK

Lin Youxi, Gao Chenghui

(Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

ABSTRACT The developments of the thermol stability, friction properties and biocompatibility of polyetheretherketone(PEEK) enhanced by adding fibers, inorganic and organic fillers were reviewed. The applications in aero-space, mechanics, automobile, medical and electronics where demanded critical performance of mechnicla, thermal, chemical and combustion were indicated.

KEYWORDS PEEK, composite, modification