

耐磨性工程塑料及其进展

邓 琴 张广成

(西北工业大学化学工程系,西安 710072)

摘要 介绍工程塑料的摩擦磨损性能的基本概念,指出工程塑料的耐磨性可以通过添加耐磨填料、树脂共混、表面处理等手段得以提高,其中离子注入法是最新的一种改善耐磨性的表面处理方法。并详细阐述了几种典型耐磨性工程塑料的研究进展。

关键词 工程塑料 耐磨性 共混 离子注入

工程塑料是指在较宽温度范围内和较长使用时间内能够保持优良性能,并能承受机械应力作为结构材料使用的一类材料,通常分为通用工程塑料和特种工程塑料两大类^[1]。耐磨性是工程塑料主要的力学性能之一,耐磨性工程塑料可用于制造各种机械零件,如齿轮、滑轮、滑块、托辊等。

1 工程塑料的摩擦性与耐磨性

塑料的摩擦性和耐磨性是两个既相互独立又相互联系的概念。

摩擦指两个相互接触物体之间有相对运动或相对运动趋势时,其相互接触表面产生的阻碍相对运动的机械作用。摩擦有滑动摩擦、滚动摩擦及滑动与滚动同时存在摩擦之分,也分为动摩擦和静摩擦,还可分为干摩擦与湿摩擦两种类型。为了衡量物体之间相对运动的阻碍程度,引入摩擦因数(μ),摩擦因数又可分为静摩擦因数和动摩擦因数。摩擦因数与具体的摩擦状态有关,即与滑动介质、润滑状态、温度、介质表面粗糙度、负荷等因数有关。

塑料的耐磨性一般可用磨耗来表示。磨耗指两个物体在相对摩擦过程中其接触面上的物质不断损失的现象,有时也称为磨损。磨损是一个复杂的动态过程,它牵涉到摩擦系统中工件的外部因素和材料的内部因素。外部因素系指载荷、相对运动形式、运动速度和持续时间、环境温度、介质和润滑状态等;内部因素主要是指材料的化学成分、组织结构、物理化学性能及力学性能等。

在相同的摩擦环境中,因高分子材料的结构和性能与金属有显著的区别,使得高分子材料的磨损有独特的表现。高分子材料具有某些金属和其它材料所不具备的摩擦磨损特性。许多聚合物具有较高的化学稳定性,不与环境发生反应,因此高分子材料构件可用用水进行润滑而不生锈,相对钢铁来说,其耐磨损—腐蚀性能更佳。例如在用海水冷却发电站的机组时,携带泥沙的海水很易将输水管道腐蚀坏,但在低碳钢管内壁上涂一层高分子材料(如环氧树脂),便可以有效地防止海水对管道的冲刷与腐蚀,从而延长了管道的使用寿命。高分子材料的链状分子结构使其具有抑制振动的能力,当发生振动的时候,链状的高分子便可以吸收振动能。这种抑制振动的能力可有效地降低磨损。

塑料的磨损机理一般有滑动磨损^[2]、粘着磨损、磨料磨

损、微动磨损、疲劳磨损、腐蚀磨损、冲蚀磨损等几种类型。具体表征工程塑料磨损的参数有磨损率、磨痕宽度、质量损失、体积损失^[3]等。

2 工程塑料耐磨性的改性途径

2.1 添加耐磨材料改进耐磨性

在树脂中加入耐磨材料是提高耐磨性的一种方法。常用耐磨剂有三大类:①无机粉末类,包括石墨、 MoS_2 、 SiO_2 、 B_2O_3 等;②金属粉末类,包括锡青铜粉、青铜粉、巴氏合金、高锡铝合金、铜粉,以及金属的氧化物、硫化物、碳化物及氟化物等,如 Al_2O_3 、 CuO 、 La_2O_3 、 CuS 、 CuF_2 、 PbS 、 Ag_2S 和 SiC 等;此外,各种硬质填料,如 CaCO_3 等也有一定的耐磨改性效果;③纤维类,包括玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维及各类晶须等。上述各种耐磨剂往往可以复合使用,以增加耐磨效果。推荐无机填料的最佳体积分数为 30% ~35%^[4]。

熊党生等^[5]采用热挤压方法制备了不同含量 La_2O_3 的尼龙 1010(PA1010)复合材料,测定了复合材料的密度和硬度,考察了其摩擦磨损性能,观察了材料表面磨痕和转移膜形貌。结果发现, La_2O_3 能显著改善 PA1010 的摩擦学性能,尤其是填充量为 15% 的 PA1010 复合材料减摩耐磨性能最佳,其摩擦因数从未填充的 0.87 降到 0.33,磨损率降低近 1 个数量级。PA1010/ La_2O_3 (85/15) 复合材料的磨损主要表现为轻微犁削,其转移膜薄而致密,且均匀光滑。这与二者的耐磨性能相一致。

王军祥等^[6]制备了 CuO 和碳纤维(CF)增强 PA1010 复合材料, CuO 和 CF 可以显著地改善 PA1010 复合材料的摩擦学性能,以 PA1010/CF/ CuO (70/20/10) 的耐磨性能和拉伸强度最高;在摩擦过程中 CF 促进 CuO 还原生成单质铜微粒,形成具有良好自润滑性的含铜转移膜,对减少摩擦副之间的磨粒磨损、粘着磨损及提高转移膜的结合强度起重要作用。陶国良等^[7]用玻璃纤维、固体耐磨剂对 PA6 进行复合填充改性,制得耐磨高强度 PA6,热变形温度也有极大提高;玻璃纤维和耐磨剂在改性 PA6 材料中的总含量不超过 40% 为宜,固体耐磨剂的含量不超过 10% 为宜。

添加耐磨材料在改变耐磨性的同时,对摩擦因数改进效

果不确定。以碳纤维为增强体,分别填充石墨、 MoS_2 等固体润滑剂来增强自润滑聚酰亚胺(PI)时,其复合材料在干摩擦和水润滑两种状态下的摩擦因数和磨损率都有不同程度的降低^[8],摩擦磨损性能得到改善。在水润滑条件下,经碳纤维和固体润滑剂填充增强后的 PI 复合材料的耐磨性最佳,磨损率仅为 $9.9 \times 10^{-7} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$ 。

各种金属氧化物填充聚四氟乙烯(PTFE)复合材料在水润滑下的摩擦因数都增大,但较在干摩擦下的有不同程度的降低^[9];填充 Al_2O_3 、 ZnO 及 CuO 等均使 PTFE 的磨损率大幅度增大。添加耐磨材料进行改性,一方面能够增强其力学性能,提高其表面硬度;另一方面也给加工带来不利。利用纳米 Al_2O_3 填充 PTFE,可提高 PTFE 的耐磨性,但 Al_2O_3 会导致严重的塑性变形,并且 Al_2O_3 含量越高,塑性变形越严重^[10]。当 Al_2O_3 的质量分数为 10% 时,填充 PTFE 复合材料的磨损量最小;随着载荷的增大,填充 PTFE 的磨损增加,同钢对磨时的摩擦因数比 PTFE 的大,且随 Al_2O_3 含量的增加而有所增大。

2.2 树脂共混改进耐磨性

以耐磨性优良的工程塑料为基体,通过与其它树脂的共混改性来制造各项性能平衡的耐磨性工程塑料已成为人们关注的问题。可提高塑料耐磨性的树脂有 PI、聚苯硫醚(PPS)、液晶聚合物(LCP)、超高分子量聚乙烯(UHMWPE)、PTFE、低密度聚乙烯(LDPE)及聚苯酯等。

PTFE 的摩擦因数是聚合物中最低的,且化学及热稳定性良好,是一种适用于制作润滑部件的材料;但 PTFE 的耐磨性差,在外力作用下发生较强的粘弹性变形。由于 PTFE 的表面能极低,润湿性差,属于高惰性材料,与绝大多数聚合物的相容性都很差,所以,在进行共混改性前必须进行适当的表面处理,或在改性过程中添加适当的成分以改善 PTFE 与其它聚合物的相容性。方征平等^[11]讨论了 PTFE 对聚甲醛(POM)、聚醚醚酮(PEEK)、聚间苯二甲酰间苯二胺、PPS、PA、PI 及线性 LDPE 等的共混改性问题,共混物可显著降低摩擦因数,提高耐磨性能。

许卫兵等^[12]通过高速混合 PTFE 和增韧增容改性的 POM 挤出造粒,制备了力学性能、加工性能及摩擦磨损性能三者均衡的 POM/PTFE 合金。随着 PTFE 的加入,共混合金的磨损量、磨痕宽度均减小,且共混合金中的 PTFE 含量愈大,下降的程度愈大,亦即摩擦磨损性能越能得到改善。SEM 分析进一步研究发现,PTFE 在基体 POM 中呈纤维状分布,使得共混合金与对磨件经过一段时间的磨合后,PTFE 从基体中转移到摩擦面形成牢固的转移膜,以致摩擦在 PTFE 形成的转移膜和对磨件之间进行,有效地提高了改性 POM 的摩擦磨损性能。但 PTFE 的加入,使改性 POM 的力学性能下降,加工性能变差。为制备具有工程应用价值的改性 POM/PTFE 共混合金,PTFE 的含量应控制在 5% ~ 10%。采用 PEEK 或聚醚酰亚胺(PEI)与 POM 进行掺混,不仅提高了 POM 的力学性能和热变形温度,而且耐磨性也得到了明显

改善^[13]。

LCP 是一种特种工程塑料,更可以采用 LCP 与 PTFE 共混研制高耐磨性氟塑料合金^[14],当合金组成中 LCP 含量为 10% 时可提高 PTFE 的耐磨性近 100 倍,而摩擦因数不变;加入第三组分石墨时,可进一步提高合金的耐磨性,但加入量不应超过 5%,烧结温度不应超过 380℃。

许小村等^[15]研究了 PI 与金刚石磨料通过机械混合制作用性能优良的复合研磨膜。这种膜是一种用于精加工的新型模具。它的研制成功开拓了 PI 的又一应用领域。

2.3 对塑料表面进行处理改进耐磨性

对塑料进行适当的表面化学处理,以改变其表面化学组成与结构,改善塑料表面的润滑粘着性,提高塑料的表面硬度,达到改善塑料的摩擦磨损性的目的。常用的表面处理方法有离子注入、表面接枝、表面等离子处理、金属镀层、表面氧化与磺化、表面层化、渗氮及激光相变处理等。其中离子注入法是最近研究最多的也是最新的方法之一。

离子注入是将所选定的化学元素如 N、C、B、Mo、P、Ar、Co 等在高真空中电离呈离子状态,利用高压电场加速到几十至几百电子伏的能量,汇聚成束注入到待处理材料表面中,从而改变其表面的成分和结构,以改善其摩擦磨损性能,使工件表面材料合金化。经离子注入后,可提高工件表面的硬度,改善其耐磨性,提高抗粘着、抗疲劳和抗高温氧化的性能。美国 Oak Ridge 国家实验室对 PI、聚碳酸酯(PC)、聚苯醚(PPO)和 PEEK 等聚合物材料进行 B、N、O、He 和 Ar 等离子注入改性使它们的硬度和耐磨性显著提高^[16~19]。一些聚合物在中、低能量的离子注入后与 PA 球配副可表现出注入增强耐磨性,而与刚球配副表现不出注入耐磨性的改善;只有注入高能离子后与钢球对磨才可表现出注入增强耐磨性^[20]。

伞金福等^[21]对 PPO 树脂块状试样分别进行 3 种剂量 Al、Ti、Fe 离子注入,研究发现,离子注入使 PPO 表面形成一层交联层导致其硬度提高,3 种离子注入后均可使 PPO 的摩擦因数下降,耐磨性提高。其中 Ti 离子注入 PPO 的体积磨损降为原来的 0.4%,摩擦因数下降了 40%。经 N 离子或 Fe 离子注入的芳香 PI,可以有效地改善 PI 膜的减摩和自润滑性能,且高剂量离子注入 PI 的摩擦磨损性能比低剂量离子注入的好。

离子注入可以提高聚合物的硬度,增大交联度,降低其与钢对磨时的粘着,从而能够提高聚合物的耐磨性。离子注入 PPO 摩擦学性能的改善是硬度提高的耐磨机制和水边界润滑膜减摩机制共同作用的结果。此外,离子注入过程中通常会在被注入物质的表面形成一层极薄的无定形碳膜,这也具有一定的润滑作用。

用金属蒸汽真空弧(MEVVA)离子源引出的 Si 离子对聚酯(PET)薄膜表面注入^[22],注入后 PET 表面的耐磨性提高了 3 ~ 4 倍。在高剂量注入的情况下,大多数共价键断裂,一些可蒸发的气体原子从注入层中飞出,形成了碳的富集,

特别是 SiC 相的形成极大地提高了 PET 表面硬度和拉伸弹性模量,从而极大地改善了 PET 表面的耐磨损特性。

3 典型耐磨工程塑料的研究进展

大多工程塑料具有优异的摩擦磨损性能,通常作为耐磨工程塑料使用,可用来制造齿轮、涡轮、凸轮等传动零件,以及轴承、衬套、导轨、活塞环等耐磨、减摩的零件,也可以制造一般的结构零件。

3.1 聚酰胺(PA)

由于 PA 具有结构规整性和高结晶性,与其它工程塑料相比,具有突出的自润滑性,其磨损量和摩擦因数很小,是理想的耐磨材料。PA 虽然具有优异的力学性能,但也因其吸水性较大而导致成型尺寸稳定性差,热变形温度低,不能应用于高速摩擦副中。作为工程结构材料,还需要对其进行改性,以达到工业用途的要求。

PA 可通过加入高性能的纤维或无机填料来提高其力学性能和耐磨性能。

离子注入 PA 也可改善 PA 的耐磨性能。用 C、Al、Ti、Fe、Ni 五种离子注入 PA66^[23],注入后均使 PA66 体积磨损下降,其中 Al 离子注入后改性效果最好,可使 PA66 的耐磨性提高 8 倍多,且其硬度提高 1.4 倍,拉伸弹性模量提高 15%。O 离子注入增强 PA1010 后,提高了 PA1010 的耐磨性能,提高注入能量比增加注入剂量对改善耐磨性更有效^[24]。随着注入能量的增加,PA1010 的磨损量减少,而与其对磨合金球的磨损量上升。另外,离子注入改变了 PA1010 的磨损机制,离子未注入试样的磨损主要表现为粘着、犁沟及塑性变形;离子注入试样的磨损主要表现为疲劳磨损及三体磨粒磨损。用 N 离子对 PA6^[25]、PE^[20] 和 PA1010 注入改性,均可改善它们与陶瓷球对磨的耐磨性能。

3.2 聚苯硫醚(PPS)

PPS 具有高温高湿下尺寸稳定、耐磨性好、熔融流动性突出、成型容易等特性,常用于制作汽车发动机的活塞环、排气循环阀、汽油流量阀以及干洗机的齿轮等摩擦件。特别是汽车轻量化和成本的降低为耐高温、耐腐蚀、耐磨的 PPS 的应用提供了一个广阔的市场。

PPS 对陶瓷粉末有很好的润湿性及粘接性,与其它耐磨塑料相比,PPS 颗粒增强型复合材料的相界面结构发生了很大的变化,填料与基体的结合强度较高,不易从磨损面上脱落,耐磨性得到很大的提高。与玻纤增强的耐磨材料相比,不需加入固体润滑剂,摩擦因数也会有不同程度的降低。因此,PPS 耐磨材料多数是颗粒增强型^[26]。

路新春等^[27]研究了 PTFE/PPS/Al₂O₃ 复合材料的滑动摩擦磨损性能。结果表明,适量 Al₂O₃ 的弥散可以明显提高复合材料的耐磨性;其复合材料的耐磨性远比 PTFE/Al₂O₃ 复合材料的耐磨性好,而二者的摩擦因数几乎相同,是一种良好的减摩耐磨材料。

Yu 等^[28]以 1 ~3 μm 的颗粒 Al₂O₃、SiC、Si₃N₄ 和 Cr₃C₂ 分别填充 PPS,研究了材料的硬度与其摩擦磨损性能的关系。

结果发现,这几种颗粒均可使 PPS 的硬度增加,但 SiC、Si₃N₄ 和 Cr₃C₂ 的加入使 PPS 的耐磨性增加,而 Al₂O₃ 的加入却使 PPS 的耐磨性略有下降。一般来说,能与对磨面发生化学反应的颗粒或者能够促使 PPS 在摩擦过程中分解的颗粒均可使 PPS 的耐磨性提高。

3.3 PEEK

PEEK 是一种耐热等级高(熔融温度约为 335℃)的超耐热高分子材料,但价格高,熔体粘度大,成型加工困难。为了得到摩擦性能优异的 PEEK,一般采取粉末填充增强改性或高强纤维三维编织复合增强的技术路线^[29]。A. M. Hager 等^[30]以 PTFE、石墨和碳纤维填充改性 PEEK,研究了不同材料及其含量对复合材料摩擦磨损性能的影响;S. Bahadur 等^[31]用铜化合物等有机填料填充改性 PEEK,明显地提高了 PEEK 的耐磨损性。唐磊等^[32]用热致液晶聚合物(TLCP)、碳纤维、铜粉、MoS₂ 等填料对 PEEK 进行改性,可提高 PEEK 的强度和耐磨性,并改善了加工性,且此类复合材料满足机油泵齿轮的使用要求。崔永丽等^[33]对碳纤维增强 PEEK 也进行了研究,结果表明,随着载荷的升高和对磨时间的延长,材料的摩擦因数逐渐降低并趋于稳定,磨损量呈上升趋势;加入碳纤维可以明显的降低材料的摩擦因数和磨损量,当碳纤维含量为 5% ~10% 时复合材料的摩擦因数和磨损量最低;加入适量的固体石墨可进一步降低复合材料的摩擦因数和磨损量。

PEEK 可与聚合物如 PTFE、聚醚砜(PESU)、聚醚酮(PEK)、PI 等共混,也可采用碳纤维、玻璃纤维、晶须、ZrO₂、CuO 等材料增强,形成性能更优越的复合材料。近年来,人们将无机纳米材料填充到 PEEK 中,以期改善其摩擦学性能,同时提高 PEEK 的刚性、尺寸稳定性及冲击强度等性能,从而进一步扩大其应用范围。

中山大学^[34]对 PEEK 的摩擦磨损机理进行研究,认为材料在摩擦磨损过程中的表面状态决定了摩擦磨损机理,并导致了材料摩擦磨损行为对负载的特殊依赖性。

3.4 POM

POM 是五大通用工程塑料之一,是所有塑料中比强度和比刚度较为接近金属的树脂品种。由于其具有优良的摩擦磨损特性,故在机械、电子电气等领域被广泛用来制作具有自润滑性能的机械零部件。为了使 POM 与各种材料摩擦时具有更好的自润滑性和耐磨损性,同时具有较高的极限 PV 值,有必要对 POM 进行自润滑复合改性。常用的方法有:添加 PTFE、聚烯烃等;添加石墨、MoS₂ 等无机润滑剂;添加玻璃纤维、碳纤维等纤维材料;添加 Cu 粉、Pb 粉等;添加复合润滑剂;利用接枝、嵌段共聚等,以改善 POM 的摩擦磨损性能。

使用玻纤改善 POM 摩擦磨损性能时,可以通过调整玻纤的尺寸和长径比使 POM 的耐磨性得到提高,但摩擦因数会增大。碳纤维增强 POM 的力学性能比玻纤增强的效果要好得多,不仅摩擦因数下降,耐磨性显著提高,而且,还可以

消除制品的表面静电, 适合用作要求消除静电和耐磨的机械零件如导辊、轴承等, 被广泛应用于汽车、机械、电器等领域。芳纶纤维在提高 POM 力学性能的同时, 也可以显著降低其摩擦因数和表面磨损率, 制造的齿轮可在高负荷下使用, 并且不产生摩擦噪音。氧化锌晶须和钛酸钾晶须由于其硬度低且纤维直径极小, 有着较特殊的性质, 故在 POM 中添加晶须既可改善 POM 的摩擦磨损性能, 又可增加 POM 的强度和刚性, 能在既要求较高的自润滑性又要求较高强度的条件下使用^[35]。

POM 自润滑复合材料改性的关键是提高 POM 基体的整体性能, 伴随着以 POM 增强、增韧为目的而采取的共混、嵌段共聚、形成 IPN 结构等手段, 再辅以含油、填充、钢背复合等方法, 从而达到提高 POM 耐磨、减摩性能的效果。

3.5 其它耐磨性工程塑料

聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)是一种综合性能优良的工程塑料。PBT 本身的摩擦因数很小, 仅大于氟塑料且与共聚 POM 差不多, 其磨损量比 PC、POM 小得多。但存在制品缺口冲击强度不高等缺点。所以 PBT 很少单独使用, 大都要进行改性。

PC 的综合性能优异, 尤其具有突出的耐冲击性、透明性和尺寸稳定性, 较宽的使用温度范围(-60 ~120℃)等特性, 是其它通用工程塑料无法比拟的。PC 的摩擦因数较大, 耐磨性比 PA、POM、PTFE 等差, 属于一种中等耐磨材料。尽管 PC 的耐磨性较差, 但比金属的耐磨性还是要好得多。在 PC 中加入某些填料(或纤维)或与其它树脂共混而形成共混物, 可以改善其耐磨性。如 PC/ABS/石墨/MoS₂ 共混体系就是一种典型的耐磨性材料。

PPO 具有成型加工性优良、成型收缩率小、尺寸稳定性好、吸水率低等优点, 被广泛用于汽车工业、家用电器、仪器仪表和机械工业中, 但其固有的低硬度和低耐磨性限制了其使用范围。采用离子注入技术是提高 PPO 表面硬度和耐磨性的有效方法。

4 结语

工程塑料的耐磨性是其重要的性能, 可以采用多种方法改善其耐磨性, 其中离子注入法是近年来发展起来的并进入了工业实用阶段的一种表面改性处理技术, 在改善材料摩擦学性能方面是一种很有效的方法。各种耐磨性工程塑料具

有优良的力学性能、刚性、自润滑性、耐磨性, 以及低摩擦因数和特殊的抗咬合性, 被广泛地应用于汽车、机械的零部件, 很大程度上取代了金属材料。但要开发综合性能优异的耐磨性工程塑料, 还需要科学工作者进一步的努力。

参考文献

- 1 金国珍. 工程塑料. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- 2 王乙潜, 等. 材料科学与工程, 1997, 15(3): 46
- 3 王文广. 塑料改性实用技术. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.
- 4 余来贵, 等. 电子显微学报, 2000, 19(4): 559
- 5 熊党生, 等. 中国有色金属学报, 2001, 11(4): 611
- 6 王军祥, 等. 摩擦学学报, 2002, 22(4): 277
- 7 陶国良, 等. 塑料工业, 1999, 27(7): 9
- 8 贾均红, 等. 摩擦学学报, 2002, 22(4): 273
- 9 周惠娣. 摩擦学学报, 2002, 22(6): 449
- 10 何春霞, 等. 摩擦学学报, 2000, 20(2): 153
- 11 方征平, 等. 中国塑料, 2001, 15(8): 11
- 12 徐卫兵, 等. 塑料, 1995(24): 5
- 13 温变英, 等. 化工新型材料, 1998(1): 18
- 14 黄淑辉, 等. 中国塑料, 1995, 9(6): 26
- 15 许小村, 等. 工程塑料应用, 2002, 30(9): 28
- 16 Lee E H, et al. J Mater Res, 1991, 6: 610
- 17 Rao G R, et al. J Mater Res, 1995, 10: 190
- 18 Rao G R, et al. J Mater Res, 1996, 11: 2661
- 19 Rao G R, et al. Wear, 1995, 184: 213
- 20 杨生荣, 等. 摩擦学学报, 1996, 16(2): 180
- 21 伞金福, 等. 中国表面工程, 2001(2): 32
- 22 吴瑜光, 等. 核技术, 2002, 25(12): 1008
- 23 伞金福, 等. 中国表面工程, 2000, 4(49): 21
- 24 熊党生. 高技术通讯, 2002, 12(137): 60
- 25 熊党生. 功能材料, 2002(4): 444
- 26 颜红霞, 等. 塑料科技, 2001(1): 9
- 27 路新春, 等. 摩擦学学报, 1993, 13(2): 97
- 28 Yu Laigui, et al. Wear, 1998, 214: 54
- 29 田爱国, 等. 工程塑料应用, 2002, 30(2): 47
- 30 Hager A M, et al. Wear, 1993, 162 ~164: 649
- 31 Bahadur S, et al. Wear, 1992, 154: 207
- 32 唐磊, 等. 工程塑料应用, 2002, 30(5): 24
- 33 崔永丽, 等. 工程塑料应用, 2002, 30(4): 5
- 34 张志毅, 等. 复合材料学报, 1995, 12(4): 49
- 35 窦强, 等. 高分子材料科学与工程, 2003, 19(1): 36

ADVANCE IN THE RESEARCH OF WEAR-RESISTANT ENGINEERING PLASTICS

Deng Qin, Zhang Guangcheng

(Department of Chemistry, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

ABSTRACT The frictional property and wearability of the engineering plastics was explained. Through filling the antifrictional fillers, blending with other resin and treating on the surface, the wearability of the engineering plastics. Among those methods implanting with ions was a new and effective method to improve antifriction property could be increased. And the advance in the research of some typical wear-resistant engineering plastics were discussed.

KEYWORDS engineering plastics, antifriction, blending, ion implanting