

尼龙的摩擦学改性研究进展

王冲 魏刚 闫光红 刘峰

(西华大学材料科学与工程学院,成都 610039)

摘要 综述了近年来尼龙(PA)的各种摩擦学改性方法及改性PA材料的摩擦磨损形式与机制。从无机粒子填充改性、纤维增强改性、无机粒子/纤维共混改性、与树脂共混改性、表面改性等5个方面讨论了改性PA的摩擦学性能及机理的研究进展,并指出PA的摩擦学改性研究方向。

关键词 尼龙 工程塑料 摩擦学改性 研究进展

尼龙(PA,包括PA6、PA66、PA66/610、PA11、PA12、PA1010等)是机械零件制造常用的工程塑料之一。由于PA分子具有结构规整性和高的结晶性,与其它工程塑料相比,其具有突出的自润滑性,是较理想的耐磨材料。但因其吸水性较大、尺寸稳定性差、热变形温度低、干摩擦时有较高的摩擦因数等缺点,不能用作高速摩擦副材料,限制了其应用领域的扩大。目前,针对PA材料的摩擦学研究主要集中于两方面^[1]:一是研究PA材料的摩擦磨损机理,获得PA摩擦学应用的基本数据;二是研究PA材料的各种改性手段,以提高PA材料的摩擦学性能。笔者综述了近年来PA的各种摩擦学改性方法及相应的减摩耐磨机理。

1 无机粒子填充改性

1.1 普通无机粒子填充改性

国内外学者研究发现,适当填充各类无机粒子可以有效地改善PA的力学和摩擦学性能。D. Cevans等^[2]认为无机粒子填充聚合物的耐磨性好是因为填料承载载荷的运动以及通过填料的磨损对摩擦副改性。王世博等^[3]发现ZnO填充PA1010复合材料的摩擦磨损性能比纯PA1010有明显提高。当ZnO质量分数在3%~8%时,复合材料的摩擦因数提高,而磨损率降低。填充适量ZnO可以有效地减轻PA1010的粘着磨损,提高其耐磨性,但过量填充会导致颗粒脱落,形成三体磨粒磨损。刘利国等^[4]以PA1010为基体,Fe₃O₄和CuO为增强剂,进行了PA/氧化物复合材料的滚动疲劳实验,并考察了复合材料的滚动疲劳机制。实验发现周期性应力导致材料在临界深处形成显微裂纹和显微空穴成核,裂纹扩展导致形成片晶形磨屑,显微裂纹和显微空穴成核是剥层磨损的主要因素;氧化物颗粒割裂了PA1010基体,在接触应力和摩擦热的复合作用下,表面金属氧化物颗粒由于复合材料表面界面疲劳开裂而剥落,形成表面疲劳。他们^[5]还制备了PA1010/玻璃粉复合材料,发现玻璃粉填充PA1010能降低复合材料的摩擦因数,当玻璃粉质量分数为25%时其摩擦因数最小,玻璃粉质量分数为20%时磨损率仅为PA的18%;将玻璃粉控制在一定含量范围内能提高复合材料的硬度。李国禄等^[6]也发现玻璃微珠填充铸型PA能提高复合材料的硬度。

SnO、SnS和SnF₂填充PA11复合材料的摩擦学性能^[7-9],发现凡是能减少复合材料磨损量的填料在摩擦过程中都发生了化学反应,而增加复合材料磨损量的填料在摩擦过程中都没发生化学反应。大量的Zn无机化合物的加入可增大复合材料的磨损量^[10]。S. Bahadur等^[9]在对比CaO、CaS、CaF₂填充PA复合材料的摩擦学性能研究中,指出CaO、CaS在减少复合材料的磨损量方面非常有效,但CaF₂的加入增大了复合材料的磨损量。经对偶摩擦表面的X射线光电子能谱(XPS)分析表明,对偶表面的FeSO₄中的O原子与转移膜中的H形成氢键,增加了转移膜与对偶的粘着力,减少了转移膜在重复滑动时的损失。这种好的转移膜减少了对偶的粗糙表面对复合材料表面的破坏,提高了复合材料的耐磨性能。填料分解的重要原因是CaO、CaS的Ca—O、Ca—S键能较低,而Ca—F键能较高,不易发生分解反应。但王军祥^[11]在CaF₂—CF—PA同对偶铁的摩擦试验中发现,摩擦过程中摩擦化学反应比热力学化学反应容易。通常热化学反应大体是温度每升高10℃,反应速度增加1倍;摩擦化学反应则是摩擦速度提高1倍,反应速度提高几千倍。加上摩擦会产生局部的高能状态和新生对偶表面的催化作用等,使得摩擦过程中填料CaF₂发生化学反应并生成富含钙元素的连续转移膜。S. Bahadur^[12]发现填料发生反应后的生成物增加了转移膜和对偶的键合强度。摩擦过程中,填料的化学反应对复合材料的摩擦学性能不一定都起着积极的作用。Wang Junxiang等^[13]在研究MoS₂单独填充PA1010时发现,复合材料摩擦表面的MoS₂易发生反应生成MoO₃,而复合材料摩擦表面的MoO₃—PA很容易转移到对偶上,形成转移膜,但转移膜与对偶的粘结力很弱,转移膜易脱落,引起复合材料向对偶的转移,增大了复合材料的磨损量。

1.2 纳米无机粒子填充改性

随着纳米技术的发展,纳米颗粒的小尺寸效应、表面及界面效应、量子尺寸效应^[9]等使得纳米复合材料备受关注。

Zhao Lixin等^[14]分别用纳米Al₂O₃和微米级Al₂O₃填充改性PA6,在复合材料对金属的摩擦过程中发现纳米Al₂O₃比微米级Al₂O₃有更好的减磨效果。当加入质量分数为3%

的纳米 Al_2O_3 时, PA6 复合材料具有最佳的耐磨性能。王东红等^[15] 研究了 PA66/纳米 SiC 复合材料的摩擦磨损性能, 认为纳米 SiC 粒子增强复合材料摩擦性能的条件是填充颗粒暴露于摩擦面表面, 起承载和减轻对摩擦表面的微凸体犁削等作用。A. K. Schlarb 等^[16] 发现当纳米 TiO_2 加入到碳纤维 (CF)、石墨和 PA66 复合体系后, 由于硬质纳米 TiO_2 在对磨件间的滚动, 降低了摩擦接触面的剪切力, 减少了对偶粗糙表面 CF 的摩擦磨损, 摩擦表面的摩擦因数和复合材料的磨损量都得到降低, 进一步研究发现, 两对磨件间的缝隙与纳米 TiO_2 粒子的粒径非常接近。G. Srinath 等^[17] 用层状粘土填充 PA6, 利用熔融插层法制备了 PA6/粘土纳米复合材料, 发现粘土的加入提高了复合材料的结晶度, 并且复合材料的硬度随着结晶度的增加而增大, 但摩擦因数随结晶度的增加而减小。葛世荣等^[1] 发现用纳米 SiO_2 填充 PA1010 大幅度提高了复合材料的耐磨性, 降低了摩擦因数, 并认为纳米 SiO_2 粒子充填了 PA1010 基体的微小空隙, 从而使 PA1010 复合材料变得更加密实, 提高了聚合物交联强度, 并且使对偶摩擦副的转移膜质量有所改善。他们还找到了 PA1010 复合材料的磨损量分别与纳米 SiO_2 填充量、接触载荷、滑动速度的回归关系式。

纳米粒子与基体的粘结强度也是影响复合材料耐磨性的重要因素。葛世荣等^[18] 对纳米 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 填充 PA1010 复合材料的耐磨性能进行比较研究, 发现两种纳米金属氧化物作为填料均能显著改善 PA1010 的耐磨性能, 且纳米 Fe_2O_3 的抗磨效果优于纳米 Al_2O_3 。他们认为这是由于纳米 Fe_2O_3 填料同 PA1010 基体的结合强度较高所致。同时, 纳米 Al_2O_3 填料导致 PA1010 基体的脆性增大。

复合材料与对偶之间的摩擦接触面的温度变化与复合材料的耐磨性也有着密切的关系。李国禄等^[19] 研究了纳米 Si_3N_4 粒子填充 PA 的摩擦学性能, 在分析载荷与摩擦因数的关系时, 用载荷的改变等同于摩擦温度的改变方法, 认为半晶态 MC 尼龙在温度升高时, 依次存在玻璃态、粘流态和流态 3 种力学状态。在实验条件下, 较低载荷时摩擦表面已处于粘弹态向粘流态的转变阶段, 粘着和变形严重, 故摩擦因数高, 此时粒子含量高的复合材料的摩擦因数也高。当载荷增大到一定程度时, 摩擦温度升高, 引起表面层的粘度下降, 从而使摩擦因数减小, 此时粒子含量的影响不大。当载荷为 100 N 时, MC 尼龙/ Si_3N_4 的磨损率比纯 PA 小, 载荷增加, 复合材料的磨损率升高。因为低载时, 摩擦温度较低, 粒子在复合材料摩擦表面能够保持在原来的位置, 起着承载和减轻对对磨面微凸体的犁削作用, 有较好的抗粘着磨损能力。而在较高载荷时, 摩擦温度对复合材料的摩擦磨损影响严重, 导致 Si_3N_4 粒子不能保持在原来的位置起着自由磨粒作用, 加之高的应力在亚表面层出现裂纹并扩展, 最后出现剥落, 磨损加剧。Klaus Friedrich 等^[20] 发现纳米 TiO_2 填充到 PA/石墨/短 CF 复合材料中后, 摩擦接触表面温度从 95℃ 降到 45℃, 复合材料的耐磨性能有较大改善。并发现随着滑动时

间的延长, 填充 TiO_2 的复合材料比未填充的复合材料的摩擦接触面温度降低了许多。

2 纤维增强改性

纯 PA 的吸水性高, 其强度、模量、耐磨性也因吸水而明显下降, 应用受到一定的限制。而 CF、玻璃纤维 (GF)、芳纶纤维的加入可提高其耐磨性、尺寸稳定性并降低摩擦因数。

葛世荣等^[21] 发现 GF 含量对复合材料的摩擦学性能有显著影响, 当 GF 质量分数为 35% 时, 增强效果较好; 随着滑速的增加, GF 增强 PA1010 复合材料的摩擦因数和磨损量增大。干摩擦下复合材料的磨损以疲劳断裂和粘着为主, 且 GF 出现磨损、断裂及从基体中剥落的现象。与干摩擦相比, 油润滑下 PA1010 材料向对偶产生轻微的转移, 复合材料的摩擦因数和磨损量为降低; 水润滑下 PA1010 以化学腐蚀磨损和磨粒磨损为主, 此时复合材料的摩擦因数也有较大程度的降低, 但磨损量较干摩擦时增大。C. J. Hooke 等^[22] 在对 GF 增强 PA66 的摩擦学研究 (采用双盘摩擦试验机, 试样同时发生滚动和滑动摩擦) 时发现复合材料的表面形成很薄的表面层, 减小了复合材料的摩擦磨损。但当复合材料表面层出现大量 GF 后, 复合材料的薄表面层逐渐消失, 摩擦磨损加剧。并认为滚动、滑动摩擦条件下, 结晶度较低的基体更易保持薄的表面层, 复合材料的使用耐久度提高。

CF 复合材料具有高比强度、高比模量、耐腐蚀、耐疲劳、抗蠕变、线膨胀系数小等一系列优异的性能。它既可作为结构材料承载负荷, 又可作为功能材料发挥作用^[23]。葛世荣等^[24-25] 以注射成型法制备出了 CF 增强 PA1010 复合材料, 研究了 CF 含量和载荷对材料摩擦学性能和磨损机制的影响。结果发现, CF 增强使 PA1010 复合材料的拉伸强度、表面硬度增大, 当 CF 含量为 20% 时拉伸强度达到最大值; CF 表面处理对 PA1010 复合材料的拉伸强度有很大影响, CF 表面氧化处理可提高复合材料的拉伸强度。经摩擦磨损实验表明, CF 增强 PA1010 复合材料的摩擦因数和磨损率与其拉伸强度和硬度有密切关系。摩擦因数和磨损率与拉伸强度具有反比关系, 与材料硬度具有二次方程关系, 与 CF 填充量之间存在负指数变化规律。S. N. Kukureka 等^[26] 分别用芳香族聚酰胺 (PA) 纤维、GF、CF 增强 PA66, 并在双盘摩擦试验机上进行摩擦磨损测试, 发现芳香族 PA 纤维填充 PA66 的摩擦因数比纯 PA 无明显变化, 而 PA66/GF, PA66/CF 的摩擦因数有明显降低。3 种纤维增强复合材料的磨损量都比未增强 PA 大数倍。

晶须填充改性是聚合物材料适应各种摩擦工况的有效途径之一。氧化锌晶须 (ZnO_w) 是空间四脚针状结构的一种单晶微纤维材料, 作为填料可以提高复合材料的力学、摩擦学和耐热性能。王世博等^[27] 采用模具挤压成型的方法制备了 ZnO_w 填充 PA1010 复合材料, 发现复合材料的硬度和弹性模量随 ZnO_w 含量的增加而增大, ZnO_w 能在保持 PA1010 摩擦性能的同时, 可使其耐磨性能提高 60% 左右。对磨损表面形貌观察表明, 纯 PA1010 的主要磨损机制为粘着磨损和

熔融,填充 ZnO 后复合材料的磨损机制转变为疲劳剥层。

3 无机粒子/纤维共混改性

纤维改性 PA 可提高复合材料的拉伸、弯曲和冲击强度等。无机粒子填充 PA 可改善复合材料的硬度、耐磨性并可增加转移膜与对偶的粘结强度。S. Bahadur 等^[28]研究了 PA11/CuS/CF 复合材料。通过 XPS 观察发现,在摩擦过程中 CuS 和 PA11 都发生了摩擦化学反应,生成单质 Cu、 $(\text{CH}_3)_2\text{SO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 基团、 $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ 基团和 Fe 的硫酸盐。上述反应增加了转移膜与对偶钢环的粘结强度,也增加了转移膜层间的粘结,从而增加了复合材料的耐磨性能。进一步研究发现,CF 的存在阻止了 CuS 在对偶表面上的大面积扩散。

近年来,水环境条件下聚合物传动元件材料的设计以及与此相关的摩擦磨损技术的研究已成为人们关注的焦点,但 PA 在水介质环境下的吸湿性强、抗蠕变性能差和力学性能降低等限制了其进一步应用^[29]。通过加入高性能纤维或固体润滑剂,可提高其力学强度和耐磨性能^[30],并降低其吸水率。王军祥等^[31]发现石墨和 CF 复合增强 PA1010 在摩擦过程中发生了协同效应,其摩擦因数低于 0.12,低载荷下的耐磨性能比纯 PA1010 提高 2 个数量级以上;在 400 N 载荷的水润滑下复合增强 PA1010 材料的耐磨性能明显优于单一 CF 增强 PA1010 材料,比其干摩擦下耐磨性能也提高了 1~2 个数量级。对应水润滑下复合增强材料的磨损表面主要发生了轻微的磨粒磨损,CF 被磨平磨细;而干摩擦下则发生了剧烈的热疲劳剥落磨损。潘宝柱等^[32]发现当聚对羟基苯甲酸酯含量为 20%、GF 含量为 5%、石墨含量为 8% 时,改性 PA6 的耐磨损性可比纯 PA6 材料提高 10 倍,摩擦因数下降 60%,熔点可达 260℃,拉伸强度大于 60 MPa,弯曲强度大于 75 MPa,使用寿命远远高于通用 PA6 材料,可广泛应用于各种高温高强的摩擦场合。此外 PA12 与 GF 具有良好的润湿性,将 GF 和 PTFE 填充到 PA12 中也可获得高耐磨、高抗冲复合材料。王军祥等^[33]发现 CF 和 MoS_2 混杂增强 PA1010 复合材料的摩擦学性能优于相同试验条件下 CF 或 MoS_2 单独增强时,PA1010 复合材料的磨损率和摩擦因数随 CF 含量的增加而呈明显降低趋势;随载荷增大,复合材料的摩擦因数降低而磨损率呈增大趋势。以 X 射线能量色散谱以及 XPS 分析证实了 MoS_2 和对偶铁反应生成硫化亚铁和硫酸铁,这有利于提高转移膜和对偶的结合强度,因而使得增强 PA1010 复合材料的摩擦学性能得以显著提高。

4 树脂共混改性

聚合物共混改性因其工艺简单,而且能得到性质连续变化的材料,所以其研究和应用得到了很大的发展。对聚合物摩擦学性能而言,不同聚合物之间的共混也是改善其摩擦磨损性能的一种有效方法。陈兆彬等^[34]考察了 PA66/PPS 共混物在无润滑条件下与钢对磨时的摩擦磨损性能,从结构和转移膜的角度对其摩擦磨损机理进行了探讨,制备出一系列不同组成的 PA66/PPS 共混物,并对材料的摩擦学性能进行

了研究。结果表明,PA66/PPS(80/20)共混物的摩擦学性能最好,且共混物的摩擦因数随体系组成的变化不大。通过对转移膜的分析发现,PA66/PPS 共混物在摩擦过程中 PA66 和 PPS 都向对偶转移,而在同样试验条件下,纯 PPS 不能在钢环表面形成转移膜,说明共混物中 PA66 的存在增强了 PPS 向对偶面转移的能力。

Palabiyik 等^[35-36]研究发现,利用聚烯烃,并加入适当增容剂对 PA 的摩擦学性能有非常明显的提高,而且不会影响材料的物理性能和力学性能。王华等^[37]通过共混技术制备得到 PA6/PE 合金,当 PE 的质量分数约为 30% 时,其耐磨损性优于 PA6 和 MC 尼龙,共混体系的摩擦因数可由 0.6 降至 0.45,而磨损量可减少 70% 以上,并且承载能力增强,可采用注射、挤出等方法进行大批量生产。M. Palabiyik 等^[38]研究了 CuO/PTFE/GF 填充 PA6/HDPE 共混物(用马来酸酐接枝聚丙烯作增容剂),发现在 PA6/HDPE(80/20)共混物中填充质量分数为 10% 的 PTFE 时,复合材料的摩擦因数和磨损量最小,但此时再加入 GF 或者 CuO,磨损量都没有明显的减少。王宏刚等^[39]研究制备了 PA66/UHMWPE、PA66/MAH-g-EPDM、PA66/UHMWPE/MAH-g-EPDM 等 3 种共混型 PA 材料,对比评价了 3 种材料和纯 PA66 的摩擦学性能。摩擦磨损试验及扫描电子显微镜(SEM)分析表明,PA66/MAH-g-EPDM 材料具有良好的摩擦学性能和界面形态,MAH-g-EPDM 明显提高了 PA66 的摩擦学性能,三元共混物在摩擦过程中可以生成良好的聚合物转移膜。

5 表面改性

近年来的研究表明,在聚合物表面注入离子可提高其表面交联度及硬度、改善其摩擦学性能及润湿性等^[40]。将离子注入 PA 可改善 PA 的耐磨性能。用 C、Al、Ti、Fe、Ni 5 种离子注入 PA66^[41],均可使 PA66 的体积磨损下降,其中注入 Al 离子后改性效果最好,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%。注入 O 离子增强 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^[42]。熊党生^[43]在注入 N 离子增强 PA1010 的研究中,发现随着注入能量的增加,PA1010 的磨损量减小,而与其对磨合金球的磨损量上升。此外,注入离子改变了 PA1010 的磨损机制,未注入离子试样的磨损主要表现为粘着、犁沟及塑性变形。注入离子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^[40]注入改性,也可改善 PA6 与陶瓷球对磨的耐磨性能。另外,射线辐照也能提高聚合物的交联度和硬度,改善材料的尺寸稳定性,提高热变形温度及耐磨性。林健明等^[44]研究发现 γ 射线辐照提高了 PA1010 的干摩擦及油润滑耐磨性能,且辐照剂量越大,耐磨性越好。水润滑条件下低载时,80 kGy 剂量辐照的试样耐磨性最好,而 200 N 的高载下,不同的剂量辐照后的试样的耐磨性都变差。

6 结语

对 PA 减摩耐磨的基础和应用研究是一个传统的研究

课题。针对 PA 干摩擦条件下摩擦因数大、抗蠕变性能差等缺点, 遵循摩擦磨损机理, 用新的增强材料(如 CF) 增强 PA 将成为重要的改性手段; PA 的合金化研究有待扩大共混树脂的种类; 纳米级填料对 PA 的减摩耐磨改性也是一个崭新的课题; 降低表面改性的成本, 对其实现工业化有重要的现实意义。

参考文献

- [1] 葛世荣, 等. 中国矿业大学学报, 2003, 32(3): 218-222.
- [2] Cevans D, et al. The Wear of Treatise on Materials Science and Technology[M]. New York: Academic Press, 1979, 13: 85-139.
- [3] 王世博, 等. 润滑与密封, 2005(3): 20-25.
- [4] 刘利国, 等. 润滑与密封, 2006(11): 28-30, 43.
- [5] 刘利国, 等. 中国矿业大学学报, 2006, 35(1): 66-69.
- [6] 李国禄, 等. 工程塑料应用, 2004, 32(9): 13-15.
- [7] Bahadur S, et al. Wear, 1992, 154: 207-223.
- [8] Bahadur S, et al. Wear, 1996, 197: 271-279.
- [9] Bahadur S, et al. Wear, 1993, 165: 205-212.
- [10] Bahadur S, et al. Wear, 1997, 203-204: 464-473.
- [11] 王军祥, 等. 高分子材料科学与工程, 2005, 21(3): 184-187.
- [12] Bahadur S. Wear, 2000, 245: 92-99.
- [13] Wang Junxiang, et al. Wear, 2003, 255: 774-779.
- [14] Zhao Lixin, et al. Materials Letters, 2006, 60: 2590-2593.
- [15] 王东红, 等. 新材料与新技术, 2004, 32(2): 11-12.
- [16] Schlarb A K, et al. Composites Science and Technology, 2006, 66: 3188-3198.
- [17] Srinath G, et al. Composites Science and Technology, 2007, 67: 399-405.
- [18] 葛世荣, 等. 摩擦学学报, 2001, 24(1): 25-28.
- [19] 李国禄, 等. 河北工业大学学报, 2002, 31(1): 92-94.
- [20] Klaus Friedrich, et al. Composites Science and Technology, 2005, 65: 2329-2343.
- [21] 葛世荣, 等. 中国矿业大学学报, 2001, 30(2): 114-117.
- [22] Hooke C J, et al. Wear, 1996, 197: 115-122.
- [23] 李国禄, 等. 工程塑料应用, 2001, 29(2): 9-11.
- [24] 葛世荣, 等. 复合材料学报, 2004, 21(2): 99-104.
- [25] 王军祥, 等. 机械工程材料, 2003, 27(7): 14-17.
- [26] Kukureka S N, et al. Tribology International, 1999, 32: 107-116.
- [27] 王世博, 等. 机械工程材料, 2006, 30(5): 72-74, 90.
- [28] Bahadur S, et al. Wear, 1995, 181-183: 227-235.
- [29] 王军祥, 等. 摩擦学学报, 2002, 22(4): 277-281.
- [30] Helen C Y, et al. Wear, 1996, 194(1): 178-184.
- [31] 王军祥, 等. 高分子材料科学与工程, 2004, 20(5): 140-143.
- [32] 潘宝柱, 等. 工程塑料应用, 1995, 23(5): 1-4.
- [33] 王军祥, 等. 复合材料学报, 2003, 20(2): 13-18.
- [34] 陈兆彬, 等. 高分子材料科学与工程, 2003, 19(6): 104-107.
- [35] Palabiyik M, et al. Wear, 2000, 246: 149-158.
- [36] Liu C Z, et al. Wear, 2001, 249: 31-36.
- [37] 王华, 等. 工程塑料应用, 1995, 23(5): 27-30.
- [38] Palabiyik M, et al. Wear, 2002, 253: 369-376.
- [39] 王宏刚, 等. 机械工程材料, 2003, 27(10): 40-42, 51.
- [40] 熊党生. 功能材料, 2002, 33(4): 444-446.
- [41] 伞金福, 等. 中国表面工程, 2000, 13(4): 21-23, 28.
- [42] 熊党生. 高技术通讯, 2002, 12(5): 60-63.
- [43] 熊党生. 高分子材料科学与工程, 2003, 19(2): 150-152.
- [44] 林健明, 等. 南京理工大学学报: 自然科学版, 2006, 30(2): 231-235.

PROGRESSES IN TRIBOLOGICAL MODIFICATION OF NYLON

Wang Chong, Wei Gang, Yan Guanghong, Liu Feng

(College of Material Science and Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China)

ABSTRACT The new tribological modifying progresses in nylon and mechanism of modified composites are reviewed. Based on inorganic particle filled composites, fiber reinforced composites, inorganic particle and fiber hybrid modified composites, blending alloys, surface modified composites, the progresses in tribological modification of nylon are outlined. The developing tendency of tribological modification of nylon is discussed.

KEYWORDS nylon, engineering plastics, tribology modification, progress

聚氨酯冰箱箱体/门体

广东中山市伯士的聚氨酯公司发明出一种不用金属外壳及塑料内胆的冰箱箱体/门体。该发明以聚氨酯发泡整体成型再经特殊处理, 为冰箱生产减少了侧板、顶板、后板的金属成型及装配, 同时没有塑料内胆、门体塑料组件, 为冰箱生产减少了金属成型、喷涂、预装、内胆吸型、门板成型等工序。该发明减少了冰箱生产工序及设备 90% 以上。业内人士认为该发明是冰箱革命性的发展, 同时亦为聚氨酯发展提供了更大机会。聚氨酯冰箱箱体/门体具有下列优点: 使得冰箱的外观更为多样化, 可做任何形状的冰箱, 特别适合汽车冰箱的设计, 使概念冰箱的设计进入实际应用阶段; 生产工序

大大减少, 设备投入大幅减少; 解决了原来冰箱生产使用真空绝热板困难问题, 可大大提高冰箱节能效果; 使得冰箱报废回收更加简易环保。

(中工塑网)

国产大口径 PE 生产线落户长治清华永腾

长治清华永腾建材有限公司继赢得北京 2008 奥运会特许供应商后, 又将目光投向了大口径的 PE 管材市场, 投巨资引进了国内最先进的、直径为 1200 mm 的 PE 管材生产线, 这是目前国内生产 PE 管材直径达到 1200 mm 生产能力的两家企业之一。该生产线于 9 月 3 日一次性试生产成功。生产线正式投产后, 该公司塑料管材年生产能力将由原来的 1 万 t 扩大到近 2 万 t。

(长治日报)