

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.01.025

耐高温改性酚醛树脂基复合摩擦材料研究进展*

黄俊钦, 林有希

(福州大学机械工程及自动化学院, 福州 350108)

摘要: 针对酚醛树脂(PF)基复合摩擦材料存在抗热衰退性及恢复性较差、耐久性不足等缺陷,从PF基体改性、增强体、填料及摩擦性能调节剂三个方面,综述了国内外近年来耐高温改性PF基复合摩擦材料的研究进展,并分析了其今后的发展趋势。

关键词: 复合摩擦材料; 改性酚醛树脂; 耐高温

中图分类号: U465 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)01-0116-05

Research Progress on High Temperature Resistant Modified Phenolic Resin Matrix Composite Friction Materials

Huang Junqin, Lin Youxi

(School of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: Be based on the defects of phenolic resin(PF) matrix composite friction materials' poor thermal degradation resistance and restoration, and insufficient durability, etc.. The research progress in the composite friction materials in recent years both at home and abroad were reviewed from three aspects of PF matrix modification, reinforcements, fillers and friction performance regulators. Its development trend was analyzed.

Keywords: composite friction material; modified PF; high temperature resistant

摩擦材料是一种多元复合材料,是由高分子粘结剂、增强体和摩擦性能调节剂三大类主要组分及其它配合剂经一系列生产加工工艺制成的^[1]。它的主要特点是具有高而稳定的摩擦系数和良好的耐磨损性能,同时具有一定的耐热性和力学强度,能满足车辆或机械传动与制动的性能要求^[2]。因此,它被广泛应用于军工、工程机械、汽车以及家电设备等领域,是用于动力传递或制动减速不可缺少的材料。

随着科技的不断发展,传统以石棉或单一纤维增强的树脂基复合摩擦材料已不能满足现代汽车安全性、舒适性、耐久性、环保性等行驶性能要求以及高速、重载、雨雪天气、长下坡连续制动等各种特殊复杂工况的综合性能要求^[3]。因此,世界各国均专注于各种新型复合摩擦材料的研制。笔者针对当前汽车工业广泛应用的耐高温改性酚醛树脂(PF)基复合摩擦材料,从PF基体改性、增强体和填料及摩擦性能调节剂三个方面,综述了近年来国内外的研究进展,并对今后的发展趋势进行了分析。

1 改性 PF

树脂作为复合摩擦材料的基体,应能在外加载荷和摩擦热的双重作用下维持摩擦材料结构的完整性。因此,树脂基体的作用是将复合材料各组份牢固粘结成一个整体,同时能有效地传递和均衡应力。虽然,PF作为复合摩擦材料的基体具有较好的摩擦磨损特性、高的化学稳定性、优良力

学性能、质量轻、价格低廉以及生产加工工艺简单等特点。但它存在硬度高、质地脆、韧性及耐热性不足,工作温度超过250℃时热分解严重等一系列缺陷^[4],已不能满足现代摩擦材料的应用需求。目前,通过橡胶改性、植物油改性、硼化物改性、纳米材料改性及微粒增韧等方法来提高PF的耐热性,以及增加韧性来避免制动元件热流密度过大、密封元件软化、制动效果骤降、制动距离增长等一系列问题是最有效的方法^[5-6]。

M. W. Shin等^[7]通过对比研究了纯PF、硼-磷改性PF和聚酰亚胺改性PF的摩擦磨损性能。实验表明,纯PF、硼-磷改性PF和聚酰亚胺改性PF的热分解温度分别为297,320,481℃。当温度为350℃时,纯PF的摩擦系数降低了36.4%,而硼-磷改性PF和聚酰亚胺改性PF在温度为400℃时,摩擦系数分别仅降低了14.7%和21.6%。结果还发现,聚酰亚胺改性PF虽然具有最高的热分解温度及良好的抗热衰退性,但因在高温时易软化、刚度减低、表层裂纹易扩展及接触面转移膜耐久性不足等缺陷而产生较大的磨损量。相比之下,硼-磷改性PF则表现出最佳的耐磨性和抗热衰退性。

* 国家自然科学基金项目(51075074)

联系人: 黄俊钦, 硕士, 研究方向为复合摩擦材料、金属材料

收稿日期: 2013-10-22

J. Bijwe 等^[8]通过对比研究了纯 PF、烷基苯改性 PF、腰果壳油改性 PF、丁腈橡胶改性 PF 和亚麻油改性 PF 的力学性能、摩擦磨损特性、抗热衰退性及恢复性。结果表明,腰果壳油改性 PF 具有最高的拉伸强度和弯曲强度,分别为 18.77 MPa 和 41.15 MPa,而纯 PF 的拉伸强度和弯曲强度仅分别为 7.46 MPa 和 22.86 MPa。丁腈橡胶改性 PF 表现出最高的摩擦系数(0.336)和最好的恢复性,但抗热衰退性较差。烷基苯改性 PF 表现出最佳的抗热衰退性及最低的摩擦面温度(319℃),但由于纤维与树脂基体间的粘结性较差而表现出最高的磨损率。相反,亚麻油改性 PF 虽然抗热衰退性最差和最高的摩擦盘面温度(362℃),但由于摩擦面覆盖着一层连续致密的转移膜而表现出最好的耐磨性。

研究表明,含有活性基团的橡胶与 PF 之间具有较强的键能作用和化学反应,易形成海-岛结构,即 PF 构成连续相,橡胶形成分散相,这种结构既保证了材料具有较高的强度和断裂韧性,同时又能保持较好的耐热性。A. V. Kupreev^[9]采用合成的丁腈橡胶改性 PF,通过控制与 PF 的混合比例研究复合摩擦材料的性能。结果表明,混合丁腈橡胶的改性 PF 基复合摩擦材料的压缩强度提高了 12%~17%。实验进一步分析发现,在丁腈橡胶与 PF 的混合固化过程中,发生了交联化学反应并产生了结构稳定的 C=N 和 C≡N 以及中间产物,从而显著提高了树脂基体的热分解温度。

据相关报道^[10],大日本油墨化学公司通过甲酚与二乙烯基苯(DVB)的合成反应,开发了一种新型的改性 PF。因为 DVB 分子内有两个乙烯基团,能与 PF 发生亲电取代反应,而本身无自聚性,因此,该新型树脂表现出低的热膨胀系数和热失重,具有良好的抗氧化性和热应变性能;而且,当该树脂用作环氧树脂的固化剂时,环氧树脂具有低吸水性 and 高耐热性。日本大阪市立工业研究所用戊二醛代替甲醛合成 PF,不仅提高了复合摩擦材料的耐水性和电绝缘性,而且冲击强度和断裂韧性也得到显著提高。

纳米材料是指颗粒尺寸在纳米量级(0.1~100 nm)的超细材料。纳米材料的尺寸小、表面积大,位于表面上的原子占相当大的比例,具有特殊的壳层结构和体相结构。表现出独特的物理和化学性能:(1) 体积效应;(2) 表面或界面效应;(3) 宏观量子隧道效应。因此,将其应用于摩擦材料领域引起了国内外学者的广泛关注。

蒙脱土(MMT)是一种具有纳米级片层结构的硅酸盐粘土,采用 MMT 改性 PF,可将合成的 PF 单体分散,插入硅酸盐片层之间,利用原位聚合时放出的热量克服硅酸盐片层间的库仑力而脱离,从而使片层与 PF 以纳米尺度复合^[11]。李长彬等^[12]研究发现,在插层过程中 MMT 表面的氧能与 PF 中酚羟基的氢形成键能较强的氢键,而且,PF 分子与 MMT

的片层还可形成范德华键。当 MMT 的质量分数小于 5% 时,可生成完全剥离型的 PF/MMT 纳米复合摩擦材料,而其剪切强度随 MMT 含量的增加而增大,当 MMT 的质量分数为 15% 时,剪切强度提高 27.1%。因此,采用 MMT 改性的 PF 基复合摩擦材料表现出良好的耐高温和冲击性能,可满足高速、重载汽车刹车材料的要求^[13]。

纳米铜相比于普通铜具有更活泼的化学性质,其强度是普通铜的 3 倍。由于纳米铜在树脂基复合摩擦材料中能减少树脂内的温度梯度,避免局部过热,而且纳米铜自身能吸收部分热能,对 PF 分子链具有“钉锚”效应。因此,由纳米铜改性的 PF 基复合摩擦材料具有良好的耐热性和较高的热分解温度。林荣会等^[14]研究发现,当纳米铜的质量分数为 7% 时,由纳米铜改性的 PF 基复合摩擦材料的初始分解温度和半分解温度均达到最大值,分别为 339℃ 和 461℃,相比纯 PF 分别提高了 31℃ 和 46℃,而且表现出最佳的抗热衰退性。当纳米铜的质量分数为 5% 时,摩擦材料的冲击强度达到最大值,为 4.9 kJ/m²,比纯 PF 提高了约 44%。当纳米铜的质量分数为 9%、温度为 300℃ 时,纳米铜改性 PF 基复合摩擦材料的磨损率仅为纯 PF 的 1/3。

2 增强体

增强体是复合摩擦材料中承受载荷的主要组分,相当于复合摩擦材料的骨架,对材料的摩擦磨损性能、行驶性能以及特殊复杂工况下的性能有着重要的影响。因此,增强体须满足一定的要求:(1) 足够的强度和比模量以及较好的韧性;(2) 良好的分散性及与树脂间的润湿性;(3) 稳定的化学性质和良好的导热耐热性;(4) 合适的硬度,不损伤对偶材料,不产生严重噪声和振动;(5) 价廉、无毒、无污染等^[15]。传统以及单一的纤维增强复合摩擦材料已经不能满足现代汽车制动的综合性能要求。因此,传统纤维的表面改性、混杂纤维效应、新型增强体的研究已经成为复合摩擦材料增强组分的主要发展方向。表 1 列出了 8 种典型增强体及其优缺点。

剑麻纤维是一种具有纤维素结构的植物纤维,成束纤维状,长度在 0.7~1.5 m 之间,直径大约在 100~300 μm 之间,在束纤维中单纤维由胶质粘结,单纤维排列整齐、紧密。剑麻纤维特殊的组织结构,决定了它具有优异的物理化学性能和力学性能^[16]。才红等^[17]对比研究了经过和未经过碱处理的剑麻纤维增强 PF 基复合摩擦材料的性能时发现,经过碱处理的剑麻纤维增强 PF 基复合摩擦材料的冲击强度和弯曲强度分别为 7.19 kJ/m² 和 85.7 MPa,比未处理剑麻纤维增强 PF 基复合摩擦材料分别提高了 34% 和 10%;达到最大分解速率时的温度由未处理增强时的 324℃ 提高到 340℃,失重率由未处理增强时的 3.89% 降至 1.52%,而且体

表1 种典型增强体及其各自的优缺点

项目	增强体类型	优点	缺点
传统纤维	玻璃纤维	较高的热弹性和强度,熔点高,化学稳定性好	脆性大,导热性差
	钢纤维	强度及韧性高,导热性好,熔点高	易锈蚀,损伤对偶材料
	芳纶纤维	强度及弹性模量高,耐高温,耐腐蚀,密度低	剪切强度及压缩强度低
	剑麻纤维	质轻,力学性能好,价廉,环保	粘结性差,吸湿性高
新型纤维	碳纳米管	强度及硬度高,比表面积及长径比大,密度低	分散性差,价格高
	玄武岩纤维	强度及弹性模量高,抗氧化性及耐热性好,无毒环保	热导率低
	海泡石纤维	吸附性及粘结性好,热稳定性高	有潜在健康危害
	钛酸钾晶须	耐热性好,热稳定性及耐磨性高,能降低噪声	有潜在健康危害

积磨损率仅为未处理增强时的37%,研究进一步表明,经碱性处理的剑麻纤维表面变得粗糙,有效提高了与树脂基体间的界面结合力,从而使复合摩擦材料的综合性能得以改善。

多纤维混杂增强PF基复合摩擦材料不仅可以充分发挥各纤维的优点及其混杂效应、弥补各自存在的缺陷^[18],而且可以降低成本,从而得到综合性能更加完善的复合摩擦材料。S. B. K. Abadi等^[19]对比研究了由单一钢纤维增强和由钢纤维及碳纤维混杂增强的PF基复合摩擦材料的性能。实验结果表明,相比于单一钢纤维增强,添加有碳纤维的混杂增强复合摩擦材料的摩擦磨损性能均得到显著提高。当添加的碳纤维质量分数为4%时,性能达到最佳,材料的最大分解速率温度由原来的约235℃上升到约315℃,表现出优异的抗热衰退性和恢复性以及高而稳定的摩擦系数(约0.39);同时,由于摩擦表面形成了一层连续致密的摩擦膜,磨损率也由只添加钢纤维的1.8%左右降到0.85%左右。

碳纳米管(CNTs)是一种由单层或多层石墨片卷曲而成的无缝纳米管状壳层结构的新型一维纳米材料。具有尺寸小、比表面积大、吸附性强、拉伸强度及弹性模量高等特性。经表面修饰^[20]的CNTs能与PF基体较好地粘合,并均匀分散,从而发挥其在PF基复合摩擦材料中独特的增强效果。

H. J. Hwang等^[21]对比研究了未添加和添加CNTs增强PF基复合摩擦材料的性能。实验结果表明,添加有CNTs的复合摩擦材料,在200℃时损耗因子达到最小值,热分解温度则由未添加CNTs时的261℃提高到287℃,体积磨损率则降低至未添加CNTs时的1/2~1/3,表现出良好的抗热衰退性及稳定的摩擦系数。同时,由于CNTs具有独特的减震能力,复合摩擦材料的制动噪声得以有效降低并表现出平稳的制动效果。刘琳等^[22]对比研究了经不同方法表面修饰的多壁碳纳米管(MWNTs)对PF基复合摩擦材料力学性能的影响。结果表明,经氨基化修饰的多壁碳纳米管

(MWNTs-NH₂)对PF基复合摩擦材料的改性增强效果比酸化修饰的多壁碳纳米管(MWNTs-COOH₂)好。当MWNTs-NH₂用量为PF质量的1%时,PF基复合摩擦材料的冲击强度、弯曲强度及硬度较未添加的分别提高了82.1%,145.4%和86.5%。而在相同用量情况下,由MWNTs-COOH₂改性的PF基复合摩擦材料仅分别提高了66.1%,127.6%和41.2%。

研究表明^[23],钛酸钾晶须(PTW)与硅灰石晶须和碳酸钙晶须相比,其增强的复合摩擦材料具有更加稳定的摩擦系数、更低的磨损率及更好的抗热衰退性,但医学研究发现,钛酸钾晶须有引起间皮瘤的潜在危害。杨波等^[24]对比研究了分别由PTW和玻璃纤维(GF)增强的PF基复合摩擦材料的性能。结果表明,与GF相比,PTW增强的PF基复合摩擦材料的摩擦系数变化幅度、高温(350℃)磨损率及对偶材料失重率分别降低了19%,20%和36%。而且,由PTW增强的摩擦面温度仅为333.3℃,而由GF增强的PF基复合摩擦材料的摩擦面温度则高达379℃。通过SEM观察发现,PTW能够促使摩擦面上形成平整致密的转移膜,从而有效提高摩擦系数的稳定性和摩擦材料的耐磨性。

玄武岩纤维是一种由SiO₂, Al₂O₃和CaO等氧化物构成的新型无机环保高性能纤维材料。其拉伸强度与GF相当,而比强度、化学稳定性、分解温度等均优于GF,表现出优异的综合性能^[25]。李卫东等^[26]通过研究玄武岩纤维增强PF基复合摩擦材料的性能发现,玄武岩纤维与树脂基体间的润湿性好,界面粘结强度高。当PF的体积分数为36%时,玄武岩纤维与树脂基体间的润湿性最好,界面粘结强度最高,此时,复合摩擦材料的拉伸强度、压缩强度及层间剪切强度均达到最大值,分别为236,164.8和22 MPa。研究还发现,由玄武岩纤维增强的PF基复合摩擦材料比由碳纤维增强的PF基复合摩擦材料具有更低的导热系数和摩擦表面温升。

3 填料及摩擦性能调节剂

填料及摩擦性能调节剂作为复合摩擦材料的组成部分,在稳定摩擦系数、改善力学性能、降低磨损率、提高抗热衰退性和恢复性、改善导热性、控制热膨胀系数以及降低成本等方面发挥着不可忽视的作用^[27]。一般情况下,填料可分为用于改善摩擦磨损性能的功能填料,如云母、蛭石等和用于降低成本、改善外观的空间填料,如BaSO₄和CaCO₃等;而摩擦性能调节剂则分为用于提高摩擦系数和降低磨损率的增摩剂,如铁粉、氧化铝、锆石、SiC等和用于稳定摩擦系数和减少对偶材料损伤的减摩剂,如石墨、MoS₂, Sb₂S₃等^[28]。

锆石是一种硅酸盐矿物,具有稳定的化学性质,可耐受3000℃以上的高温,抗震性好。K. H. Cho等^[29]对比研究了锆石直径对锆石填充PF基复合摩擦材料性能的影响。实验结果发现,锆石的直径越大,越有利于在摩擦表面形成稳定

连续的摩擦膜,从而有效提高制动平稳性和降低磨损率。而且,当钻石的直径为 $140\ \mu\text{m}$ 时,能显著增大摩擦副的有效接触面积,从而提高 PF 基复合摩擦材料的抗热衰退性并降低摩擦系数的变化幅度。

SiC 是一种典型的由共价键结合的半导体材料,具有优良的导热率、耐高温、高硬度等特性。V. Matějka 等^[30]以 SiC 作为磨料,研究了不同体积分数的 SiC 对 SiC 填充 PF 基复合摩擦材料的性能。结果发现,相比于未添加 SiC 的材料,添加 SiC 的复合摩擦材料在 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下其体积磨损率更小且更稳定,同时有助于摩擦表面转移膜的形成。当 SiC 的体积分数为 3.4% 时,体积磨损率最小,仅为 $0.14\ \text{mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$,摩擦系数最稳定,复合摩擦材料表现出良好的抗热衰退性及恢复性。

B. Öztürk 等^[31]选用石墨与六方体型氮化硼(h-BN)作为减摩剂、 Al_2O_3 和碳化硼(B_4C)为增摩剂,研究了其含量对 PF 基复合摩擦材料性能的影响。实验结果表明,当 h-BN 与 Al_2O_3 的体积分数相同时,复合摩擦材料具有最高且稳定的摩擦系数,而当 h-BN 与 B_4C 的体积分数相同时,则表现出最好的耐磨性;当体积分数为 5%~7% 的 h-BN 与体积分数为 5.5%~3.5% 的 Al_2O_3 或 B_4C 搭配时,相比于在相同体积分数条件下的石墨和 Al_2O_3 或 B_4C 搭配时,复合摩擦材料具有最好的抗衰退性和摩擦稳定性。同时,研究还发现,摩擦系数、比磨损率以及磨损表面和磨削中由对偶材料转移出的 Fe 原子含量均随着减摩剂的减少和增摩剂的增加而增加。

蛭石是一种天然、无毒、具有层状结构的硅酸盐次生变质矿物。其质地较软,硬度低,有很强的吸附能力,在高温下其体积可膨胀几十倍。当蛭石与改性树脂共用时,可使复合摩擦材料与对偶材料之间的贴合性更好,摩擦系数高且稳定。B. K. Satapathy 等^[32]研究表明,当质量分数为 5%~10% 的蛭石和质量分数为 60%~65% 的粉煤灰同时添加到 PF 中时,复合摩擦材料表现出最佳的抗热衰退性、耐热性和良好的恢复性。而且实验还发现,添加蛭石有利于降低复合摩擦材料的硬度,提高韧性,且对剪切强度和压缩强度的影响较小,复合摩擦材料的摩擦面温度较未添加蛭石的降低了 $16\sim 27\text{ }^{\circ}\text{C}$,摩擦系数提高至 0.372 左右,且摩擦系数变化幅度小,而未添加蛭石的仅为 0.339,摩擦面温度降低了 $16\sim 27\text{ }^{\circ}\text{C}$;实验还发现:材料的磨损与由摩擦表面裂纹、纤维断裂和脱落以及磨屑填补剥落坑所引起的摩擦表面降解和形貌变化密切相关。

4 结语

随着制动材料的性能要求越来越高、工作条件越来越苛刻,对 PF 基复合摩擦材料的性能要求也越来越高。通过提高酚醛树脂结构中耐热性较好的芳杂环含量、引入其它结

构更稳定的聚合物单元、促使 PF 基体与改性剂分子间形成键能更强的化学键或氢键等方法已成为改善 PF 基复合摩擦材料性能不足的有效途径。根据国内外 PF 基复合摩擦材料的研究现状,未来 PF 基复合摩擦材料的发展趋势是:(1) PF 基体的改性、多纤维的混杂协同、各新型增强体及填料的探究;(2) 采用计算机模糊控制系统进行自动化配料、称量及混料,提高工作效率和降低成本;(3) 开发产品的新型制备工艺、引进先进设备,优化生产工艺,提高产品质量;(4) 研究制备过程注重无污染、绿色环保、节能、低噪声、轻量化;(5) 对检测方法及试验设备进行改进,对评判标准进行完善。

参考文献

- [1] 申荣华,等. 摩擦材料及其制品生产技术[M]. 北京:北京大学出版社,2010.
Shen Ronghua, et al. Production technology of friction materials and its products[M]. Beijing: Peking University Press, 2010.
- [2] Öztürk B, et al. Tribology Transactions, 2013, 56(4):536-545.
- [3] 赵小楼,等. 润滑与密封, 2006(10):200-203.
Zhao Xiaolou, et al. Lubrication Engineering, 2006(10):200-203.
- [4] 张剑,等. 塑料工业, 2009, 37(2):1-6.
Zhang Jian, et al. China Plastics Industry, 2009, 37(2):1-6.
- [5] 侯明深,等. 农机使用与维修, 2012(3):21-25.
Hou Mingshen, et al. Farm Machinery Using & Maintenance, 2012(3):21-25.
- [6] Bocii L S. Transport, 2011, 26(1):75-78.
- [7] Shin M W, et al. Tribology Letters, 2010, 38(2):161-168.
- [8] Bijwe J, et al. Wear, 2005, 259(7-12):1 068-1 078.
- [9] Kupreev A V. Journal of Friction and Wear, 2012, 33(6):479-484.
- [10] 陈宇飞,等. 聚合物基复合材料[M]. 北京:化学工业出版社, 2012.
Chen Yufei, et al. Polymer composites[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012.
- [11] 郭江山,等. 北京化工大学学报, 2001, 28(2):34-36.
Guo Jiangshan, et al. Journal of Beijing University of Chemical Technology, 2001, 28(2):34-36.
- [12] 李长彬,等. 科技信息, 2000(12):26-27.
Li Changbin, et al. Scientific & Technical Information, 2000(12):26-27.
- [13] Yu Jianying, et al. Journal of Wuhang University of Technology, 2003, 18(4):64-67.
- [14] 林荣会,等. 复合材料学报, 2004, 21(6):114-118.
Lin Ronghui, et al. Acta Materias Compositae Sinica, 2004, 21(6):114-118.
- [15] Bakry M, et al. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 2013, 44(1): 21-28.
- [16] Xu Xin, et al. Wear, 2006, 262(5):736-741.
- [17] 才红,等. 工程塑料应用, 2002, 32(3):28-31.
Cai Hong, et al. Engineering Plastics Application, 2002, 32(3):28-

- 31.
- [18] Jang H, et al. Wear, 2003, 256(3-4):406-414.
- [19] Abadi S B K, et al. Applied Composite Materials, 2010, 17(2):151-158.
- [20] Lee K J, et al. Journal of Alloys and Compounds, 2009, 483(1-2):389-393.
- [21] Hwang H J, et al. Wear, 2010, 268(3-4):519-525.
- [22] 刘琳, 等. 工程塑料应用, 2009, 37(9):13-17.
- Liu Lin, et al. Engineering Plastics Application, 2009, 37(9):13-17.
- [23] Chan D, et al. Journal of Automobile Engineering, 2004, 218(9):953-966.
- [24] 杨波, 等. 润滑与密封, 2010, 35(7):30-35.
- Yang Bo, et al. Lubrication Engineering, 2010, 35 (7):30-35.
- [25] Kim H. Fibers and Polymers, 2012, 13(6):762-768.
- [26] 李卫东, 等. 化学与粘合, 2009, 31(6):1-4.
- Li Weidong, et al. Chemistry and Adhesion, 2009, 31(6):1-4.
- [27] 熊佑明, 等. 材料导报, 2004, 18(9):21-23.
- Xiong Youming, et al. Materials Review, 2004, 18(9):21-23.
- [28] 丛培红, 等. 摩擦学学报, 2011, 31(1):88-96.
- Cong Peihong, et al. Tribology, 2011, 31(1):88-96.
- [29] Cho K H, et al. Wear, 2008, 264(3-4):291-297.
- [30] Matějka V, et al. Wear, 2008, 256(7-8):1 121-1 128.
- [31] Öztürk B, et al. Tribology Transactions, 2013, 56(3):428-441.
- [32] Satapathy B K, et al. Materials & Design, 2011, 32(8-9):4 354-4 361.

预计 2015 年我国合成树脂产量将达 6400 万 t

我国合成树脂工业在国产化催化剂、工艺及装备开发等方面取得令人瞩目的成就。

预计到 2015 年,我国合成树脂的产量将达到 6400 万 t。2012 年我国合成树脂产量达到 5210 万 t,同比增长 5.5%。净进口量为 1439 万 t,表观消费量为 7974.3 万 t,增幅达到 4.9%,2013 年上半年的产量为 2830 万 t,比 2012 年同期增长 7.8%。

目前我国销售额为 2000 万元以上的塑料加工企业约有 13246 家,生产塑料产品达到 5781.86 万 t,其中约有 1382.16 万 t 塑料产品用于出口,总额约 490 亿美元。

2013 年的工程塑料消费量将超过 300 万 t,其中约一半是进口,在电子制造行业被大量使用的 PBT 消费量正在以最快的速度增长。PC 的消费量最大,约占工程塑料总消费量的一半。PC 在建筑施工、水瓶、食品包装、电话和电脑箱体中得到广泛使用。

世界合成树脂工业面临来自中东低成本产品的竞争,为应对竞争,世界大型树脂生产公司正在将资产向低成本原料的中东地区配置,建设世界级大规模生产装置,充分利用规模效益,采用更先进的催化剂、工艺技术、计算机控制及优化和管理方案,树脂行业竞争激烈。

与国外先进水平相比,我国合成树脂工业仍存在一定差距。新建的合成树脂特大型装置很多还要依靠引进技术,为生产高端产品一些装置还必须购买国外的催化剂;国内一些高端产品的数量不能满足市场需求,如国内棚膜用树脂牌号少、产量低,远不能满足功能棚膜生产需求,进口原料占 50%;国产 PP-R 管材料与进口料比较还有一定差距,质量有待改进和提高。

(工程塑料网)

医用塑料产品约 25% 是 PVC

聚氯乙烯(PVC)是世界上产量最大的塑料品种之一,PVC 为白色或浅黄色粉末,纯 PVC 属无规立构,硬而脆,很少应用。根据不同的用途可以加入不同的添加剂,使 PVC 呈现不同的物理性能和力学性能。在 PVC 中加入适量的增塑剂,可制成多种硬质、软质和透明制品。

硬 PVC 不含或含有少量的增塑剂,有较好的拉伸、弯曲、压缩和冲击性能,可单独用作结构材料。软 PVC 含有较多的增塑剂,它的柔软性、断裂伸长率、耐寒性增加,但脆性、硬度、抗强度降低。纯 PVC 的密度为 1.4 g/cm^3 ,加入了增塑剂和填料等的 PVC 的密度一般在 $1.15 \sim 2.00 \text{ g/cm}^3$ 之间。

据市场估计,医用塑料产品大约 25% 是 PVC。主要是由于该树脂的成本较低、应用范围广阔及其易加工。医学应用的 PVC 产品有血液透析管路、呼吸面罩、吸氧管等。

(工程塑料网)

2013 年前十个月国产塑料制品总产量 5018.4 万 t

数据显示,2013 年 1~10 月份国内塑料制品累计总产量为 5018.4 万 t,较 2012 年同期增长 8.6%。其中,塑料薄膜 1~10 月份的总产量为 888.6 万 t,较 2012 年同期增长 13.7%;农用薄膜 1~10 月份总产量为 156.2 万 t,较 2012 年同期增长 20.5%;泡沫塑料 1~10 月份总产量为 132.9 万 t,较 2012 年同期下降 7.5%;另外,塑料人造革、合成革 1~10 月份总产量为 280.2 万 t,较 2012 年同期增长 11.9%,日用塑料制品 1~10 月份总产量为 382.9 万 t,较 2012 年同期增长 3.3%。

(慧聪网)

塑料托盘取代木质托盘成为市场新宠

随着社会的发展,塑料行业迅速崛起,塑料托盘取代木质托盘一举成为全球使用量最大的货板,业内人士指出,预计未来几年,塑料托盘的市场份额有望进一步扩大,其应用领域也将进一步深入。

据悉,目前美国塑料托盘年消耗量为 11 亿只,未来几年,美国塑料托盘的使用量将以 2.4% 的速度增长,预计 2017 年该国塑料托盘消费量将达 26 亿只。塑料托盘之所以会在短短的几年时间里取代木质托盘成为市场新宠,是因为该托盘具有优异的耐冲击性、耐化学药品性以及阻燃性。

近年来,交通运输领域对塑料托盘的需求力度逐年加大。据美国当地一位塑料托盘生产商介绍,与其它材料相比,塑料托盘质量轻便,在运输过程中能减少油量消耗,从而为商品厂商节约运输成本。

(慧聪网)