

· 专题综述 ·

# 热塑性聚氨酯弹性体的应用浅谈

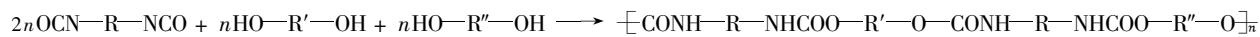
陶 宇

(沈阳化工学院 110021)

**摘 要:** 简要介绍了热塑性聚氨酯弹性体的合成方法。着重介绍了国内外应用方面的研究动向,并在合成与应用方面提出了建议。

**关键词:** 热塑性聚氨酯, 弹性体, 氨纶, 熔融纺丝

热塑性聚氨酯弹性体(简称 TPU),以其优异的性能和广泛的应用,已成为重要的聚氨酯材料之一。近年来约以 10% 速度逐年增长,2000 年全球 TPU 总产量约为 14 万~15 万 t。我国 2000 年 TPU 产量估计为 0.4 万 t 左右。由于聚氨酯原料多元醇及异氰酸酯品种较多,不同相对分子质量及分子结构的软、硬段结合,所得的 TPU 的种类及性能各不相同。TPU 兼有塑料加工工艺性能和橡胶的物理机械性能,其耐磨、耐油、耐低温、耐辐射性能尤为优良,使其应用广泛。我国由沈阳化工学院设计的年产 1000t 的 TPU 生产线在辽宁省锦州天工实业公司已试车成功,并即将投入生产,产品性能经过测试已达



采用双螺杆挤出机连续合成 TPU,其工艺步骤是由原料准备、计量输送、混合反应、挤出造粒四个部分组成。该工艺具有原料配比计量精确、混合均匀、反应温度均一及物料在机内停留时间均匀等特点。但工艺流程中,对原料水分的控制、计量的精度、输送、温度分布以及切粒技术都不可忽视<sup>[1]</sup>。根据需要,通过配方的调整,可设计出具有合适性能指标的 TPU 产品。TPU 的合成是一个系统工程,掌握好各项要素,就可以取得满意的效果。TPU 合成工艺研究动向,应着重在改善其物理机械性能及耐热性能。

## 2 TPU 的应用开发

TPU 由于性能优异,深受人们的青睐,它的应用几乎渗透到各个工业领域,如建筑、汽车制造、防震缓冲材料、铺装材料、制革等领域,而且还有很多潜

国际水平。

山东烟台华大公司和天津尧舜聚氨酯制品有限公司从国外引进的 TPU 生产装置,目前按各自的销售渠道在正常运转。近年来,由于原料生产装置和设备的大量引进,更会促使我国 TPU 生产的发展。

## 1 TPU 的合成

TPU 合成方法可分为一步法及预聚法,由于反应条件不同,聚合物的性能出现较大的差异。其中最佳的方法是一步法用双螺杆挤出机生产 TPU。对于一步法制得的 TPU,基本上是属于一种嵌段线型聚合物,基本反应式为:

在领域有待开拓。

### 2.1 在纺织工业上的应用

TPU 在纺织上的应用,主要是采用熔融法纺氨纶,国内也开展了这方面的工作<sup>[2~6]</sup>。目前,世界上氨纶生产大部分是以干法为主,美国杜邦公司的氨纶产量占世界氨纶产量的一半以上。采用干法纺丝生产的氨纶性能优良,但投资过高(年产 500 t 的工厂约需投资 2 亿元人民币),投资回收期长,生产成本也较高,并且存在污染环境,危害人体健康。而熔纺法生产氨纶具有投资较少、成本低、对环境无污染等优势,并可利用现有其它纤维的熔纺设备,并无需作大改动和更新设备就可生产中等品质的氨纶,具有较好的经济效益。我国在此领域的开发与研究均有报道,工业性氨纶试纺亦取得很好的效果。熔纺氨纶与干法氨纶性能差异正在缩小。熔纺法将成为氨纶的主要生产方法之一。

目前,熔纺氨纶的伸长率已达干法水平,其拉伸强度则明显高于干法氨纶,由于干法氨纶比熔纺氨纶有较好的微相分离程度和硬段区稳定性,决定了熔纺氨纶在弹性恢复率上存在差距。因此,如果经化学交联处理后,纤维的回弹性可以得到明显的改善。熔纺氨纶工艺大致在一步法、二步法、封端法和直接法四个方面有报道<sup>[2,3,7]</sup>。

有人曾用熔纺一步法,优化配方,在未加任何添加剂的情况下,制得的氨纶纤维拉伸强度 1.3 cN/dtex,断裂伸长率 729.1%。我国深圳新纶公司采用二步法制成的氨纶纤维拉伸强度 1.6 cN/dtex,断裂伸长率 600%,300%定伸恢复率 97%。尽管如此,我国对熔纺法氨纶的研究,还很不够系统和深入。随着对纺丝过程中,微相分离结构的形成机理、动力学及纺丝成型性能方面的深入研究,会进一步完善熔纺工艺,从而制造出性能优异的氨纶,这对于我国熔纺氨纶工业的发展将起到很大的促进作用。

氨纶新品种开发领域着重在原丝新品种上,例如在耐氯、耐水解、耐热、耐潮、耐霉菌以及阻燃方面。在加工方面,氨纶可与尼龙等纤维进行包复或包缠,其染色性、机械强度及耐磨性均优良。用氨纶作芯丝,外面用蚕丝进行螺旋式包缠,可以提高真丝产品档次,增加我国丝绸产品在国际市场上的竞争力。采用纯棉纱和氨纶加工成包芯纱,经过整染加工后,布面经向具有弹性,所开发的高弹牛仔布及灯芯绒也深受消费者喜爱。

## 2.2 汽车保险杠

表 1 TPU 和 PP-EPDM 材质的保险杠性能比较

材质	TPU	PP-EPDM
拉伸强度/MPa	55~60	18~28
弯曲模量/MPa	3000~3100	600
Izod 冲击强度/J·m <sup>-1</sup>	1000~1200	600
热变形温度/℃	90~95	85
密度/g·cm <sup>-3</sup>	0.90~0.92	0.91~0.92

注:TPU 保险杠由沈阳化工学院开发制造;PP-EPDM 保险杠为国内外使用的现有产品。

TPU 可应用于汽车车体的多种构件,如保险杠、仪表板、减震垫等零部件。汽车保险杠一般由面层和增强梁组成。国内外的保险杠多为聚丙烯(PP)与乙丙橡胶(EPDM)共混物材质。有专利报道<sup>[8]</sup>,使用 TPU 制成的保险杠,先后经历了以 40~80 km/h 的车速进行的撞车冲击试验,和用 10 kg 大锤 60 余次的重砸,未发现明显破裂,说明其安全性能很高,在事故中可降低车辆损伤程度和人员伤亡。该保险

杠生产成本较低,值得开发。TPU 弹性体材料与 PP-EPDM 共混材料的性能见表 1。

我国即将进入 WTO,汽车行业必须有新的特色方可立于不败之地。因此开发具有安全性能高的保险杠,应引起有关方面的注意。

## 2.3 铁轨枕垫板

国内外铁路使用的轨枕垫板,其综合性能尚有不足之处,使用寿命短,影响了列车的提速和综合设施配套。专利报道<sup>[10]</sup>,在 TPU 中添加廉价填料制成的轨枕垫板,性能优于橡胶垫板,可较大幅度地吸收行驶的列车对钢轨和路基的冲击压力,从而在不增加列车牵引动力、不改造路基、不减少停站点的情况下,使列车达到提速目的,行车速度可提高到 250 km/h 以上。测试结果表明,新型轨枕垫板对铁路通讯的指挥系统无任何干扰,其磨耗指标比橡胶垫板低 10 倍,使用寿命大为提高,从而减少垫板更换次数,降低更换费用,综合性能优良。

## 2.4 TPU 在航空业上的应用开发

拦阻网用于阻止飞机起飞或着陆滑跑时发生意外冲出跑道,而保证飞行人员和飞机的安全,避免重大事故发生。国外的机场拦阻网大多由尼龙编织制成。我国用 TPU 为原料采用挤出方法制成的拦阻网,具有强度大、重量轻、弹性好、不易霉烂、耐撕裂、耐低温、耐油性性能好等优良性能。在 TPU 原料中加入荧光物质制成的网体能晚上发光。其各种性能均优于国际上用尼龙编织的网体。例如尼龙编织的竖带,其拉伸强度为 139.2 MPa,用 TPU 制成的竖带拉伸强度为 186.3 MPa。因而 TPU 可应用于机场拦阻网。该拦阻网亦可用作在高速公路或盘山公路危险地段的护栏。

用 TPU 制成的飞机薄壁油箱,不但工艺简单,且壁薄、重量轻,使用寿命长。TPU 又具有较高的抗辐射性,适用于制作宇宙飞行人员、X 射线和原子能工作人员的保护衣。

随着航空事业不断发展,对飞机维护技术需求也相应增加,同时对复原技术的要求也更加严格,采用压缩空气充气的由 TPU 制成的气囊抬高技术,可满足以上的要求。

## 2.5 电缆外套

用于海底等的浮电缆、光缆、地震电缆、飞机电缆的护套一般可用 TPU 加工而成,由于其体积电阻率  $\geq 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ ,同时具有耐水解、耐候、耐磨、耐曲

挠、高硬度等优点,TPU 制造电缆、电线外套,不仅电绝缘性能好,而且对导体有很好保护性能,使用安全,不易引起意外火灾事故。

## 2.6 在医疗、卫生方面的应用开发

TPU 具有良好的生物相容性、抗凝血性和优良的物理性能,在医学和生物领域中用量虽少,却占有重要的地位。TPU 可用来制造人工喉、人造脑壳、人造心脏瓣膜、血管、人工肾、人造皮、人造尿道、人造假肢等以及医疗用品如输液管、导液(尿)管、冰敷袋等。目前 TPU 在医疗卫生中的开发,正向生物工程、细胞工程和免疫工程等方面迅速发展。估计目前世界上医用 TPU 用量可达 1.5 万 t/a。山西省化工研究所和山西医学院开发的聚氨酯气管套管,比金属套管用起来方便适应、柔软、不断裂、可减轻病人痛苦,无不良反应。

## 2.7 在油田及矿山中的应用

全国油田每年要耗资数千万元购买 200 多万件的橡胶易损件,如泥浆泵活塞、旋流器、凡尔胶皮、高压密封圈等,在油田中,多泥沙河流中的水力机械设备,会受到泥沙磨损和气蚀破坏的联合作用,其损坏速度相当惊人。TPU 在这些领域的使用效果很好,可节约大量资金。中国科学院力学研究所在这方面做了大量的开发工作,其机械设备配合 TPU 配件在油田应用,效果不错。

矿用筛有金属筛网及弹性筛板等几类。与金属筛相比,由 TPU 制成的 PU 弹性筛板噪音小、筛分质量高、使用寿命长,耐磨性是钢的 6~12 倍。TPU 的优良性能在矿山机械上用途十分广阔。

煤矿每年需 1000 多万件高压密封圈和相当数量的矿用电机联轴节,需要宽 800~1100 mm、长 78 mm 的煤矿用阻燃抗静电输送带 1700 万 m。开采矿石和输送条件的恶劣,橡胶带很难满足使用要求,

TPU 取代橡胶制作矿用运输带是一种发展趋势。其阻燃、抗静电的 TPU 运输带还可用作其它工业的多种运输带。

## 3 建议

(1)我国 TPU 合成工艺尚属起步阶段,与世界先进国家相比,还有一定差距。TPU 的质量好坏又是熔融纺丝的关键,因此要加强基础性研究,改进工艺,优选出适合于熔纺的 TPU 设计配方,为熔融法纺氨纶领域作出贡献。

(2)我国 TPU 正处于发展时期,还有许多新技术、新产品需要我们去开发,其中重点是加强 TPU 的改性和应用开发,尽快开拓新市场。TPU 的应用领域相当广泛,上述文中仅在一些应用领域举了数例作抛砖引玉。

### 参 考 文 献

- 1 陶宇等.热塑性聚氨酯弹性体合成的研究.聚氨酯工业,1999,(3)6
- 2 陶宇.氨纶树脂的合成及其熔融纺丝的研究.合成纤维工业,2000(1)37
- 3 陶宇等.一种生产聚氨酯弹性纤维方法.ZL 94110109.6
- 4 周涛.熔融纺聚氨酯弹性纤维.化纤与纺织,1996(2)20
- 5 侯养全等.氨纶熔纺可行性探讨.合成纤维工业,1999(2):17
- 6 王文科等.弹性纤维熔融纺技术.合成纤维工业,1999(5)38
- 7 徐向春.熔纺氨纶工业现状.合成纤维工业,1997(5)38
- 8 陶宇.高性能填充聚氨酯弹性体减震性汽车保险杠.中国专利 CN 1186032A(1998)
- 9 陶宇等.铁路混凝土聚氨酯弹性体轨枕垫板.中国专利 CN 1185501K(1998)
- 10 郝解玲.“聚氨酯气管套管的研制和临床应用”通过鉴定.聚氨酯工业,1993(2)53
- 11 秦昭.热塑性聚氨酯弹性体在矿山机械上的应用.矿山机械,1990(1):17

收稿日期 2000-12-04 修回日期 2001-1-12

## Brief Introduction of Application of the Thermoplastic Polyurethane Elastomer

Tao Yu

(Shenyang Institute of Chemical Technology, 110021)

**Abstract:** The synthesis process of thermoplastic polyurethane elastomer is introduced briefly. The applications in the world are discussed emphatically. And the suggestion on synthesis and application were put out.

**Keywords:** thermoplastic polyurethane elastomer Spandex melt-spinning

作者简介 陶宇 66岁,沈阳化工学院教授,国务院津贴获得者,曾多次获得辽宁省、化工部及国家科技进步奖,并获三项发明专利,多年来,一直从事 TPU 树脂的合成和熔融法纺丝及其系列产品的开发与学术研究。