

辐照新材料研究和产业化概况

沙振元 吴桂刚 孙大宽 徐志成

(中国科学院上海原子核研究所 上海 201800)

摘要 本文简述了上海原子核所在辐射装置和辐射新材料的研究、中试和推广状况。目前已建立起包括钴源、0.7~1MV、20mA和1~3MV、20mA电子加速器等三种装置在内的比较完整配套的辐照加工体系,其中钴源装置和1~3MV、20mA电子加速器已在国内实现了重点推广。同时针对市场需要,还开发了辐照交联热收缩、医用生物、木塑等几项新型材料及相互工艺。

关键词 辐射加工, 辐照装置, 辐照新材料。

近年来,随着电力、通讯、石油化工、交通、建筑、民用电器和医药工业等的发展,辐照新材料研究和辐射技术的推广应用在我国迅速崛起,很快形成了新的产业。辐射化学、辐射工艺和辐照装置等辐射科学技术是上海原子核所应用核科学技术研究与发展的重要领域。

在80年代中期,本所设计了装源容量为 1.9×10^{18} Bq的钴源辐照装置,被辐照物悬挂于输送链上送至源室,从而进行产业化的辐照加工、消毒灭菌或食品保鲜等。这种钴源辐照装置已推广至天津、长沙、武汉、石家庄、福州等地的辐射中心。80年代末,为适应电缆工业的发展需要,与中科院科辐公司联合研制高频高压电子加速器。第一台高频高压电子加速器已在烟台电缆厂投产多年。最近,研制成3MV、20mA高频高压电子加速器,并已在常熟电缆厂投入生产。这一加速器性能稳定,运行自动化程度高,各项指标已达国外同类加速的先进水平。还与溧阳、昆明等电缆厂订约,为其加速器电缆生产线的建立作技术承包。还建立了0.7~1MV 20mA单腔谐振电子加速器辐射加工生产线。这样,电子束加工的能区范围已扩展至0.7~3MV,可加工厚度(聚合物)范围为1~10mm,加工速度可达100m/min。加上原有钴源装置,已形成比较完整配套的辐照加工体系,这一发展是国内不多见的。本文着重介绍我所围绕钴源和电

子束辐照装置开展辐照新材料研究、生产工艺的推广应用、以及专用设备研制等工作。

1 辐照交联热收缩材料

1948年美国M. Dole首先发现,在高能射线作用下,聚乙烯分子并排地键合在一起,产生闭环状三维网络结构的辐照交联效应。1957年,美国Raychem公司开始采用辐照交联工艺技术研制热收缩膜、片、管材。本所在60年代开始这方面的研究,80年代末开始提供辐照交联热收缩材料产品,并逐步在电力、通讯、石油化工、电器、交通、建筑、食品包装、装璜等行业广泛应用,形成了年产1500万元的高新技术产业。约占全国这方面市场需求量的4%,产值的10%,特别是培养了一批从事研究、设计、中试、生产的科技队伍,每年都取得一批科技成果。

在热收缩材料配方及工艺研究方面,研制成聚乙烯阻燃型热收缩料、橡塑阻燃配方料、硅橡胶耐热绝缘料和聚氯乙烯阻燃耐温电缆绝缘料。正在研究的有无卤阻燃电缆配方及工艺研究和核电站用耐辐照阻燃电缆配方及工艺研究。在上述研究中,还解决了混炼挤出造粒、挤管的工艺和模具。对辐照交联度、凝胶含量和辐照剂量的相关性,进行了研究。辐照交联电缆料的技术特性经机械工业部上海电缆研究所测试,其性能指标均达到国家有关技术标准的要求,有的达到国外同

类产品的标准,如通讯电缆附件用热收缩材料达到美国 Raychem 公司同类产品标准.

研制的各种辐照交联电缆和热收缩材料的配方,其主要技术性能列于表 1.

表 1 电缆绝缘料和热收缩料性能表

名称分类	高温电缆料	阻燃料	阻燃热缩料	半导体	通讯热缩料
基本原料	硅橡胶	橡塑料	PE	PE	PE
断裂强度 MPa	10	18.6	13.1	14	20
断裂伸长率%	395	414	455	384	520
20℃体积电阻率 Ω-cm	3.2×10^{16}	8.5×10^{12}	1.33×10^{15}	485	4.3×10^{14}
击穿电压 kV/MM	19	7.3	24.5	—	40
168 小时老化 K1	0.8	0.85	0.9	0.97	1.1
	K2	0.9	0.6	0.96	1.01
使用温度(℃)	-70~150	-75~120	-40~150	-40~90	-60~90
使用寿命(年)	>20 年	20	20	20	20

2 医用生物材料的辐射技术应用

采用辐射技术处理医用生物材料是辐射技术在医学中应用的一个重要领域.以辐射技术处理医用猪皮和同种骨的研究和发展工作,已取得良好成绩,简介如下.

1) 医用猪皮用作灼伤病人创面的覆盖材料.由于创面暴露、细菌侵入引起的感染,以及体液、蛋白质等从创面上丢失,使灼伤病人体内电介质紊乱,增加了治疗困难,甚至导致病人死亡.创面覆盖保护是烧伤领域一项重要的临床处理手段,异体皮是最为理想的创面覆盖材料,但其来源困难.医用猪皮的功效类似于异体皮,来源广、价格便宜.采用洗必泰灭菌的医用猪皮,其阳性率为 9%左右;采用酒精或戊二醛处理,则猪皮变硬.辐射法处理医用猪皮灭菌彻底,且性能变化微小,深受医学界和病人的欢迎.世界上最大的医用猪皮生产厂商是美国的 Bioplasty 公司,采用 2MeV 电子加速器灭菌.其在英、法、德、荷等国均设有子公司,产品有冷冻医用猪皮、含银离子医用猪皮、含抗菌素医用猪皮、冻干医用猪皮、醛交联医用猪皮,价格一般仅为异体皮

的 1/3.据报道美国 82 年用皮量为 10 万平方英尺,其中银离子皮用量为 1 万平方英尺.本所研制的辐照灭菌医用猪皮年产约 1 万平方英尺,已在全国 20 多个省市百多家医院烧伤科使用.

2) 骨肿瘤是骨科病人中最难治疗的疾病,一般采用截除或截肢.截除后,常需骨移植重建手术,以恢复肢体功能.骨移植所需的材料按来源分为自体骨、同种骨和异种骨.自体骨来自患者本身,无免疫排斥,成骨力强,但是在数量上和形状上不能满足骨科手术要求.由于深冷、冷冻干燥、辐射灭菌等技术发展,同种骨已成为商品,需求量日益增大.特别是人工关节的置换临床应用、关节松动导致骨缺损的临床修补材料,一直困惑着骨科医生,采用同种骨修补可解决病人的痛苦.据报道,美国每年有 30 万个移植同种骨用于外科手术.美国最早最大的组织库是海军组织库,随着组织移植需求量增大,Miami 大学组织库,北加利福尼亚移植库,还有几百个地方级组织库相继成立.我国也正在研制此种材料,并辐照灭菌,逐步建立起国内的组织移植库.

3 木塑复合材料的辐照固化研究

辐照固化是辐照加工新材料的又一重要方向.世界木材紧缺,高档优质木材尤少,木塑辐照固化是解决这一困难的有效途径.

本所研制的木塑固化复合材料,是以聚乙烯为基材的四组份复合体系.针对降低成本、降低辐照交联剂量、并能和国内各种涂料有较好的结合力等要求,对国内22种低质木材进行了木塑复合固化加工处理,均获得了近似红木、香红木的优质性能和较好的加工性能.经固化处理,材料密度从0.4~0.6提高到0.9~1.07,其密度、吸水率、抗压、抗剪切、抗拉、硬度、耐磨性等各项性能指标均达到或接近真红木,而优于香红木.研制的仿红木地板木和仿红木雕刻用材,用户反应良好.

木塑复合固化工艺,关键是塑料配方、浸渍、辐照交联固化等工艺.整道工序均在常温下进行,适用于批量生产,成本仅为进口香红木价格的三分之一.木塑复合材料耐磨、不变形、强度高、耐酸碱、防虫蛀,在建筑装璜、手工艺品、家具及生活用品、体育用品、电器用品等方面,有广泛用途.

目前,还在进行其它新品种研制,如阻燃

木塑复合材料系列产品,又如纸-塑、金属箔-塑、织物-塑料的辐照固化研究,同时还开展复合材料界面辐照固化物理化学机理等应用基础研究.

4 专用设备和工艺研究

辐照新材料要实现产业化,除了需要钴源和电子加速器辐照装置、研究材料配方和辐照工艺外,还需要解决生产专用设备技术和工艺等关键问题.在研制加速器迷宫小车传输生产工艺设备技术等研究工作中;在各种管材、片材、异型材热收缩材料,复合材料,生物医用材料的生产专用设备研制和技术工艺等研究工作中,均取得良好进展.

为提高电子辐照加速器的利用率,研制了用于辐照电缆以外材料的迷宫小车传输生产设备及工艺技术.此系统采用轨道定向、马达牵引,轨道总长120m,小车每节长1.5m,宽0.9m,速度从1~20m/min,四档调速.小车货架离电子束钛窗表面50~200mm,距离可调.为使辐照产品吸收剂量均匀,货架托盘有翻身机制.小车可90°转弯.小车可根据电子束的能量和流强变化进行闭环连锁运行.

表2 各种扩张专用设备性能表

内 容	小气扩机	大气扩机	大片扩机	改进机扩	端帽气扩机
生产方式	连续气扩管	连续气扩管	每次1片	每次1套	三工位气扩
扩张范围	Φ1~30	Φ30~90	100~720	Φ20~220	Φ20~90
生产速度	60m/h	30m/h	8片/时	20套管/时	30个/时
加热功率	2kW	10kW	8kW	6kW	4kW
加热方法	电加热	电加热	远红外加热	工业甘油	工业甘油
产品种类	48	50	36	206	10
扩机重量	500kg	2000kg	800kg	3000kg	800kg

此外,研究了在1~3MeV间不同能量电子在PE与PVC等不同材料深度的剂量分布和Cu、Al、Fe、Pb等材料对电子散射和剂量

深度分布的影响.

为了生产管状、片状、膜和异形热收缩材料,研制了各种扩张专用设备和工艺技术,

主要有 $\Phi 2\sim 20$ 的连续热缩管气扩机, $\Phi 30\sim 90$ 连续大管气扩机, 三工位电缆端帽气扩机, $\Phi 20\sim 220$ 机械钢丝管子扩张机, 宽 100~720mm 片状材料机械扩张机, 异形热收缩材料扩张机等, 这些扩张机生产热收缩材料的品种规格为 1~35kV, $90^\circ\sim 120^\circ\text{C}$, 各种管、片和电缆附件等 400 种, 具体可参看表 2.

参 考 文 献

- 1 Charles by A. Nature, 1953, 171
- 2 Chapiro A. J. Chem. Phys., 1956, 53 : 895
- 3 Proceedings of 6th IMRP, Radiat. Phys. Chem., 1988, 31 : (1~3)
- 4 周瑞英等. 辐射加工最新进展, 全国辐射工艺与辐照加速器学术交流会议论文集, 1990

R & D of Radiation-processed Materials at SINR

Sha Zhenyuan Wu Guigang Sun Dakuan Xu Zhicheng

(Shanghai Institute of Nuclear Research, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

Abstract Brief introduction is given to SINR's activities on the research, pilot test and applications of irradiation facilities and radiation-processed materials. The Shanghai Radiation Centre at SINR has built a complete set of irradiation facilities, which include a 1.9×10^{18} Bq ^{60}Co source and two EB accelerators of 0.7~1 MV, 20 mA and 1~3 MV, 20 mA in energy and beam current respectively. The SINR-developed ^{60}Co irradiation source and the 3 MV, 20 mA EB accelerator have been installed in a number of radiation centers or cable industries in China. Against an increasing demand of new materials for either industrial or clinic applications, the Centre has been making great efforts to develop heat-shrinking materials, wood-plastic materials, biological dressing and etc. Progresses have been made, too, on the technique and technology to produce the new materials.

Key Words radiation-processing, radiation facility, radiation-processed material.