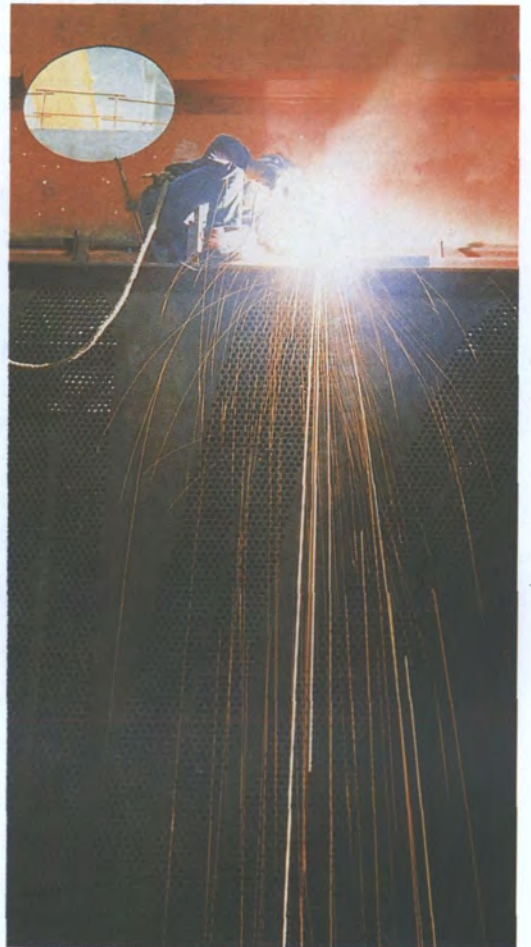




辐射的用途：辐射技术通过多种途径给各行各业带来实际效益。比如，这些技术正在帮助（自左上起顺时针）确定煤的灰分和矿物含量，对医疗用品进行灭菌以保证卫生安全，分析焊接作业的质量，确保管道安全以及保藏食品。第3页：在能源工业中，常常利用各种辐射技术评估石油和天然气的潜在储量。（来源：AECL；Ontario Hydro；Sodel Photothèque EdF；ANSTO；CEA）



核和辐射技术在工业中的应用： 技术革新的手段

简述辐射技术所能发挥的作用

多年来,核和辐射技术的多种应用,一直在为提高工业效率、节能和保护环境作出贡献。

实际的工业应用有:

制造业:辐射加工技术正在诸如电线电缆、汽车轮胎、塑料薄膜薄板及装饰材料等日常用品的制造过程中起着越来越大的作用。

生产过程:另外一些应用放射性同位素仪表的技术,对于纸张、塑料板和钢板生产期间的在线厚度测量是必不可少的。利用核子控制系统检查加工过程和质量,已成为工业生产线中常见的现象。

工业安全和产品质量:利用 γ 或X射线照相术的无损检验或检测,被广泛地用于检查焊缝、铸件、机械设备和陶瓷制品,以确保其质量和安全。此外,放射性示踪技术对于优化反应器中的化学反应、探测泄漏及研究磨损与腐蚀等,都是一种独特的手段。

环境保护:德国、日本、波兰和美国一直在开发利用电子束同时除去二氧化硫(SO_2)和氮的氧化物(NO_x)的创新型技术。由 SO_2 和 NO_x 引起的酸雨,仍然在危害森林、湖泊和土壤。电子束技术在费用方面具有非常好的竞争力,其副产品可以用作农

业肥料。

本文简单介绍商业核技术的各种工业应用的现状和前景。IAEA正在通过其各种合作计划,积极从事将这些技术传授给感兴趣的发展中国家的工作。

S. Machi 和
R. Iyer

辐射加工

辐射加工是一种已在工业生产线中得到广泛应用的技术。同比较常规的加工方



Machi 博士是负责 IAEA 研究和同位素司的副总干事, Iyer 先生是该司物理和化学科学处处长。

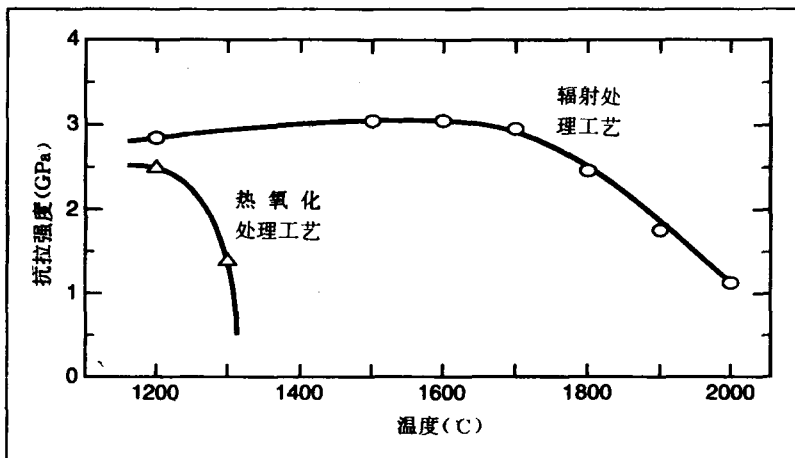
法相比,它具有许多优点,如有利于提高能源效率,便于控制,以及能适应涉及各种材料的多种应用。

辐射加工的工业应用在许多国家中已很普遍,而在另一些国家中正在发展。比如日本,截止 1994 年初,用于工业目的和研究与开发工作的电子束加速器已达到 280 台。在发展中国家,使用辐射技术的事例日益增多,它们常常得到 IAEA 在开发所需人才资源和获取设备方面的支助。某些具有重要意义的领域有:

聚合物产品。50 年代,美国率先采用辐射加工技术实现电线电缆绝缘聚乙烯交联的大规模生产。此后,研究和开发活动提供了不少工业应用方面的成果。采用辐射工艺生产特殊材料的例子有:交联电线电缆(耐热),泡沫聚乙烯,热收缩管材和板材,木板、纸张、屋瓦、钢板、石膏板和计算机软磁盘的表面涂层固化,粘胶带,木材-塑料复合材料(耐磨、防水),聚合物絮凝剂(高分子量),汽车轮胎(交联),聚四氟乙烯粉(由废旧聚四氟乙烯裂解而成),隐形眼镜,吸水物品(用于一次性婴儿尿布等),除臭纤维,交联聚氨酯(用作防栓制动闸(anti-lock brake)传感器的电缆),交联尼龙以及电池隔膜。

这些产品具有独特的性质。多数情况下,辐射加工工艺在产品特性、生产经济性、加工温度的变动范围 and 环境保护方面都大大优于常规工艺。

用热处理和辐射处理工艺生产的碳化硅纤维的耐热性之比较



在诸如中国和大韩民国等一些发展中国家,大规模使用辐射交联生产绝缘电线电缆已有多数。

现正在开展制备新型材料的研究和开发,如新的投药系统、生物相容材料和耐高温的碳化硅(SiC)纤维等。

日本原子能研究所(JAERI)已研制出新的超级耐高温 SiC 纤维。这种纤维是采用辐射交联的聚碳硅烷(PCS)纤维制成的,然后经 1200°C 高温的热处理。业已证明,其耐热性要比用化学交联 PCS(常规方法)制成的 SiC 纤维好得多。(见图。)

用电子束加速器进行交联,需要的剂量为 10 兆戈瑞(MGy)。JAERI 运行着一座中试工厂,在真空室中每批辐照 4.5 kg PCS。该项目的实施是为了完善这项技术,并要建造一座月产 1 t SiC 纤维的商业规模工厂。计划 1996 年达到此生产水平。

辐射在表面涂层固化方面的应用,在被处理产品的数量和开发新产品这两个方面都在不断扩大。这种扩大是同该技术在产品质量、能源效率和环境保护方面的优点分不开的。常规的涂层热固化是靠有机溶剂的蒸发在基质上形成聚合物薄膜。蒸发掉的这些溶剂(碳氢化合物)作为温室气体逸入大气,成为氧化剂。常规涂料的全球消耗量每年大约为 2000 万 t。结果是每年有 800 万 t 有机溶剂(约占表面涂层总消耗量的 40%)排入环境。可利用电子束和紫外光固化的涂层不含溶剂,因此使用时不会排放此类溶剂。不过,此类辐射固化涂层目前只占人们使用的全部涂层的 1%。为了保护环境,预计这种新涂层的使用量将迅速增加。

医疗用品灭菌。在工业化国家,约有 40—50% 的医疗用品是用辐射灭菌的。预计这个百分数今后将达到约 80%。这种处理既可采用电子束加速器也可采用钴-60。就工作人员和消费者的安全、灭菌的可靠性和加工的简便性而论,业已证明辐射工艺比常规的环氧乙烷工艺好。

预计这种应用将在发展中国家中迅速增加。IAEA 和联合国开发计划署(UNDP)

已经在印度、大韩民国、智利、匈牙利、伊朗、土耳其、秘鲁、保加利亚、葡萄牙、叙利亚、厄瓜多尔和加纳实施建立辐射灭菌装置的项目。

目前,化妆品和制药原料的辐射灭菌也越来越广泛地被人们所接受。

烟道气净化。由化石燃料燃烧产生的烟道气中的 SO_2 和 NO_x 引起的酸雨,正在严重危害环境。利用电子束同时除去这些污染物的创新技术首先是由日本开发的,接着,美国、德国、意大利和中国的研究人员也相继跟上。目前华沙有一座中试规模的车间在运行,它属于 IAEA 和波兰的一个联合项目。该中试车间有能力净化当地供热厂产生的 $20\,000\text{ m}^3$ 燃煤烟道气。

最近,该车间持续运行了 1 个多月,成功地除去了烟道气中 90% 的 SO_2 和 85% 的 NO_x 。作为 IAEA 的一个典型项目,计划建造一座工业规模、用电子束技术处理波兰燃煤电厂排出物的车间。

在日本,3 座分别处理燃煤电厂烟道气、城市废物焚烧炉烟道气以及公路隧道废气的中试规模电子束车间正在顺利运行。

污水污泥灭菌及其重新利用。污水污泥辐射灭菌的研究工作一直在中试和全规模工厂中进行。在德国和印度,全规模工厂正在顺利运行。经辐照的污泥被用作农田的有机肥。在日本,已经开发出污泥经辐照后再制成混合肥料的技术,以产生经灭菌的农用混合肥料。IAEA 打算设立一项新计划,以促进此技术向最终用户的传播。

水的净化。目前还在研究如何利用辐射除去废水和天然饮用水中的有机污染物。在奥地利,一座利用电子束和臭氧处理饮用水的中试工厂正在运行。美国佛罗里达州的迈阿密,一直在进行评价用电子束技术除去水流(诸如地下水、二次排出物和饮用水)中有毒污染物的效率和费用效果的工程研究。

放射性示踪剂。示踪剂是故意加入一系统以研究其动态行为的一种物质。放射

性示踪剂——它具有极好的探测灵敏度并易于测量——已得到广泛的应用。它们使采用非侵入测量技术实时观察甚至处于高温高压条件下的密闭系统内的化学反应和物理过程成为可能。有关应用包括:探测地下管道和其它工业系统(例如石油和石油化学工业中的系统)的泄漏与确定堵塞部位;在冶金和化学工业中研究混合/配料(例如合金生产);测量转动机械(例如刀具与内燃机活塞)的磨损率和监督其磨损;研究工艺容器的滞留时间分布(例如石化工厂);工艺参数的优化;以及调查污染物在环境中的扩散情况。

这些应用现已相当成熟,并在全世界的许多工业部门中得到了广泛的应用。它们的真实效益是非直接的,只能用反证法证明,即如果没有这些应用,则制造费用的增加和工艺参数缺乏优化,必将使该工业部门效率低下,浪费严重,因而失去竞争力。

核子控制系统。在线分析在采矿、矿物加工、冶金及能源工业中的应用,已为改进过程控制从而降低成本和减少浪费开辟了新的可能性。基于核辐射的在线分析系统——统称核子控制系统(NCS)——已在目前的技术发展中成为一种重要的手段。NCS 具有常规方法所没有的两个优点:无损测量和甚至能在高温高压的严酷条件下使用。NCS 可提供多项参数的连续信息,以控制工业设备的生产质量。

核子仪器已在从评估矿井中矿石的质量和复杂性的核钻孔测井,到评估矿物组成及其后的加工情况等方面,成为矿产工业和冶金工业中必不可少的手段。对不断变化的组成进行在线实时快速分析,有助于改进对采矿、加工和配料作业的控制,并提高有用矿物的采收率。最近几年,诸如中子诱发瞬发 γ 射线、中子热化(thermalization)、 γ 吸收和同位素激发 X 射线荧光(XRF)等一些技术,已使工厂的运行和效率取得突破性进展。

煤炭工业是 NCS 的首批受益大户之一。对于供应者和消费者来说,煤的灰分

(矿物)含量是个非常重要的参数。由于煤炭主要用于电力生产,因此,从锅炉效率、锅炉寿命和大气污染的角度来看,有关这个参数的信息是十分重要的。人们需要在线地持续了解灰分总含量、元素组成和水分含量等方面的详细信息,而现代化的NCS可准确可靠地提供所需的信息。一般使用铀-252中子源和 γ 探测器,然后对煤发出的 γ 射线进行实时能谱分析,以获取元素组成。影响锅炉效率的关键元素有:铝、硅、钙、铁、硫、氯、氮、钾和钛。

由于冶金和矿物加工这样的基础工业是所有国家的核心工业部门,因此增加此类先进技术的使用量必然会带来十分明显的效果。比如,仅在澳大利亚,1961年时使用的核子仪器约为125台,到了1990年已超过12000台。这些仪器包括密度计、厚度计、皮带秤、湿度计、钻孔探头、煤炭灰分监测器、独立的和在线的分析器,以及工业射线照相装置。澳大利亚工业中使用的这些仪器数量的增长,就是使用它们能带来技术和经济效益的一个明证。在澳大利亚,由使用核子仪器引起的生产率的提高估计每年在5000万美元以上。

尽管NCS这样的基础技术已广为人知,但在技术文献中,每年仍有有关新的和创新性应用的报道。其中包括:利用灰分的天然放射性估计煤炭灰分,测定化工厂中的酸浓度,制取半导体工业用超纯金属,以及水泥工业中石灰石原料的非在线和在线分析。目前矿产工业和冶金工业使用着数以千计的便携式XRF分析仪,用于鉴别投料金属和碎屑,在现场核验合金组成,控制质量,分析熔炼和焊接过程,鉴别有害废物,以及在现场分析受污染的土壤和地下水。

核钻孔测井和活化分析。石油工业中使用核钻孔测井,是众所周知的,其目的在于测量潜在的含油层,评估石油和天然气储量及其可开采性,以及分析已建成的油

田,以便优化石油采收方法。例如,井壁散射的 γ 射线能提供有关地下岩层的密度和平均原子数的信息。测量中子散射可揭示井孔周围岩层的平均孔隙大小——孔隙越大,岩石容纳碳氢化合物的能力越大。探索 γ 射线和中子与含油岩石和含矿地层的相互作用,目前仍然是一个大的研究领域。这项研究工作结合其它的地球物理和地球化学测井信息和建立模型方面的研究,能提供含油岩石的特性和探测信号之间的定量关系。这些数据最后能得出有关甚至几千米深处的地下环境的完整信息。

另一项技术上广为人知的方法——航测 γ 射线谱学——已广泛用于发现铀的成矿区。它还用于寻找其它的重要矿物,因为铀的成矿是与一些指引元素相关联的,诸如金、银、铍、铋、钴、镍、铜、汞、钼、铌、铅、锡、锌、锆和钛等元素。仪器类中子活化分析(NAA)技术,一直是绘制含矿层地球化学和地质图的重要工具。这种方法本身对污染和基体的效应不灵敏,并且能省去复杂的样品制作阶段。它能提供周期表上40多种元素的浓度数据。在许多国家中,由于利用核反应堆辐照样品的机会有限,因而妨碍了NAA的广泛使用。即使这样,对于金和铂的勘察来说,它仍是人们最喜爱的方法。

技术革新的手段

核和辐射技术在许多方面已经成为技术革新的宝贵手段。通过IAEA的合作研究计划和技术援助计划传播这些技术的做法,对许多国家的经济发展过去是并将继续是至关重要的。

经验证明,最佳与恰当地应用核和辐射技术会带来巨大的实际效益。它们的应用可以在现在甚至很远的将来帮助采用这些技术的工业部门大幅度提高生产率。 □