

辐射加工用电子加速器的现状

稿邑 莹昭

笔者有机会作为原子能工业代表团的一员参加了去年6月在加拿大召开的第6次国际辐射加工会议(以下简称IMRP会议)。现愿以会议上得到的情报为中心,加上其后访向美国各地有关单位的见闻,就本文的主题做如下简单的报导。

总的动向

电子束加工的工业应用,自1984年上次IMRP会议召开以来,反映出在汽车工业和电子机器工业这些最终需要电子束加工产品的有关领域,发展停滞,成长缓慢。

可是,从长期的发展趋势来看,1987年世界工业界用于实用目的的电子加速器的确定台数是460台,已经超过1979年发表的关于1988年的普及预测台数320—450台的上限值,正顺利地发展起来。应用领域类别详见表1。

表1 电子加速器的使用台数——
预测和实况

	1987年	88年(79年的预测)
电线/电缆和热收缩管	180	160~210
热收缩膜	98	50~75
轮胎	30	32~49
表面处理	100	40~60
服务中心	25	13~20
其他应用	30	24~36
总计	463(台)	319~450(台)

在这次会议的开头,会议主席之一的S. Nablo就电子束加工作了概括性的报告。在其中谈到了虽然近年来成长缓慢,但电子束

加工仍在稳步地扩展其应用领域,这是因为与热处理和化学处理相比,采用了电子束加工在物理特性上具有的优越性之故。

关于极低能电子束应用的开发,潜力是大的,今后要考虑精密地测量吸收剂量,怎样仅在表面交联,控制灭菌效果达到的深度等等应用方法。因此有必要发展使用优质材料做窗的150KeV以下的低能机器。还有这样的意见,为了大大地增加这一领域的成果,与加速器开发相比,有关电子束硬化的综合系统的完成,现在进入关键的时期。从表1中也可看到,大大超过预测并正在扩展的是表面处理领域。在这里正使用着约300KeV以下的自屏蔽型加速器。

S. Nablo还谈到,在排气处理方面,日本原子能研究所开发的 SO_x 、 NO_x 除去技术现在美国西德正在研究。而适宜于此种用途的电子加速器,从300KeV×1000mA到300KeV×1500mA的大功率电子加速器的开发正列入议事日程。

关于电子束辐射灭菌的应用,有利用高能机器在成捆包装货物出厂前的大量灭菌处理和用自屏蔽型低能机器在生产过程中的表面灭菌两种方式。总之,这都说明了电子束从现在 γ 射线的补充地位正在慢慢地把它的作用扩展下去。

作为将来的展望,可以预料到在今后十年内,由于加速器和放射化学的进展,在大量消费的印刷物品、纤维制品、包装等领域的应用会产生划时代的变化,即会发生如同二十年前热收缩膜所引起的变化一样的大变革。

二、电子加速器制造 厂商的动向

在工业用电子束加工的世界里，作为最近的动向，值得特别写一下的首先应该谈谈加速器制造厂商的变化。由于美国High Voltage Engineering公司已从这一领域消失，日本的日新电机公司理所当然地成了日新高压公司的单独经营者。还有，美国的Radiation Dynamics Inc.公司加入到了是日本各种粒子加速器制造厂商的住友重机械公司属下。同样，Energy Science Inc.公司加入到了是紫外线照射装置制造厂商的Fusion Systems Corp.公司的属下。此外，日本的丸红公司和富士电机公司向美国的RPC公司投了资。还有最近的消息云，作为法国直线加速器制造厂商并拥有CGR-MeV公司的汤姆逊CGR公司和源出汤姆逊集团的美国GE公司的医疗部门合并了。

作为加速器制造厂商重新组合的特征，在比较短的时间内集中的看法：一个是由于产品配套性强的企业之间的结合，企业的素质理应得到加强，再一个就是在这个领域内日本企业的实力大幅度地扩大了。

三、低能区(300KeV以下)

包括研究开发用的加速器在内，全世界建造的电子加速器的600台，可以断定其中一半是低能机器。建造目的及地区类别详见表2。

表2	日本	EC	美国	亚洲	总计
研究用	50	18	40		108
原型机	12	35	45	2	94
生产用	12	30	65	5	112
总计	74	83	150	7	314

根据ESI公司的统计，该公司1970年以来制造了约220台低能电子加速器，作为交货单位，以前美国国内市场占70%，最近国内、出口约各半，近期给日本交付了30台。

在IMRP会议上，作为有关机械装置的开发成果，RPC公司发表了称为WIP的新的电子束产生方法。所谓WIP，是Wire Ion Plasma的缩写，它是一种使氦等离子体产生的离子去轰击冷阴极而产生电子束的电子束照射装置。

这种方法的特点是：①能量效率高，②结构简单，③需要的真空度低，④有广泛的适用性等等。已达到的指标是：电子束能量150—300KeV，电流密度1.5mA/cm²，均匀性±10%以下。为原本宇宙中激光的应用开发了技术，在作为生产设备使用之前正在进行改进，与从前的热电子发射方法相比，由于体积小成本变低了。

另外，在电子束照射装置方面，ESI公司发表了在照射窗下设置旋转鼓形装置的开发成果。这样，在电子束加工方面，就能更精密地控制象磁性材料这样一些被照射物质的温度影响，用途就变得多起来，因为一边冷却鼓形装置，一边使其旋转，由于移动紧贴在这个鼓形装置上的被照射物质，自然防止了温度上升。

用ESI公司的原型试验系统进行的试验表明，用不锈钢作的直径约90cm的鼓形装置以600FPM(约18m/分)旋转时，温度上升稳定在5~10℃之间。

今后，作为低能领域的发展方向，尤其作为生产性能高的机器，照射辐度和照射剂量大的加速器要开发；同时，从前面谈到的精密照射这个观点来看，在低剂量下能严格控制剂量的加速器也是所需要的。在访问美国某些研究所时的议论中，得到的印象是，为了开发与半导体有关的新材料，能严格计数照射电子数量这种细微的研究变得必要起来。

四、中(低)能区(300KeV ~2.5MeV)

这个范围的电子加速器占有目前工业应用的主流, 现在在世界上设置有280台。就是说比1984年上次IMRP会议时增加了24台。其详情和地区分布见表3。

表3 中(低)能加速器的设置台数

	1987年	84—87年的增长
电线/电缆和管子	145	8
薄膜	45	
轮胎	30	10
发泡	15	
其他	45	6
总计	280(台)	24(台)
地区类别台数		
北美洲		150
EC		50
亚洲		80
总计	280(台)	

作为最近技术开发的动向, 以束流的增大、控制装置的自动化, 在500—600KeV 之内的自屏蔽的采用等与使用简便和成本性能改善有关的项目为主。

作为市场, 虽然在轮胎实用化方面有显著扩大, 可是在这以外的其他领域, 在先进国家发展缓慢, 宁愿等待NIC各国需求的活跃化。

此外, 可预见到, 就在这个能量范围内, 更低能量的加速器今后会更加增多。

五、中(高)能区 (3MeV~5MeV)

在这一能区的电子加速器共计有21台在运行, 其中大部分是RDI公司的Dynamitron型加速器。3MeV的加速器, 功率是75—120 KW, 4.5MeV的是150KW。用途类别详见表4。

表4 中(高)能加速器的设置台数

	3MeV	4.5MeV
热收缩	8	3
电线/电缆	4	
服务中心	1	4
其他		1
总计	13(台)	8(台)

4.5MeV电子加速器的电子的有效射程为16mm, 因此, 在市场上出售的塑料制造并可处理的医疗用具的75%可以用它来灭菌。用3MeV电子加速器, 则只有25%, 就是说, 使用的可能范围大幅度地变窄了。由于电子加速器的剂量与Co-60装置相比大得多, 所以4.5MeV机器作为辐射灭菌用的射线源正在稳步地扩大其实际成果。

六、高能区(5MeV~15MeV)

在5MeV以上的高能区, 采用直流静电方法是困难的, 通常使用基于微波的直线加速器, 导致直线加速器也正在向前发展。用于电子束加工的这一能区的直线加速器在世界上至少有10台, 它们的功率为10KW左右。

在这次IMRP会议上, 加拿大的AECL公司发表了他们研制的10MeV—1KW的原型机。AECL公司从60年代初起就对基于CW方法的直线加速器进行了发展研究, 使用由此获得的数据就开始了能量效率高的脉冲型直线加速器的开发。几乎是γ射线辐照源独家供应者的AECL公司已开始着手于实用型直线加速器的开发, 这件事是意味深长的。其目标是计划在几年之内开发10MeV—50KW的机器。

法国的CGR—MeV公司在60年代后半期发展了CIRCE这种7MeV加工处理用直线加速器, 搞起了照射服务, 进而在今年完成了CIRCE—II这种新型直线加速器, 它的能力是10MeV—10KW, 功率为20KW也是可能的。

还是同一公司,在1986年春完成了使用176MHz这种低周波数的Cassitron,正用8MeV、5KW功率在照射鸡肉。使用VHF周波数的加工处理用直线加速器,其他只有苏联的2.5MeV机器。

七、电子束的x射线转换

在4.5MeV到5MeV电子加速器的前面,放置高效率的x射线靶,产生x射线时,可以达到6—8%的转换效率。转换x射线与使用同位素的 γ 射线相比,有种种优点,在医疗用具的灭菌和食品照射等方面有着取代 γ 射线的可能性。但是,在大束流轰击下寿命长的靶的开发是一个研究课题。在这次IMRP会议上,原子能研究所和NHV公司发表了他们关于这个课题的共同研究成果。

八、电子束照射服务事业

设置电子加速器,使用它接受顾客的委托进行照射服务,各制造厂商从早先起就以此作为对顾客的预售服务实行起来。ESI公司在其工厂建有称为Toll System的可进行实际作业的设备,以月为单位提供委托照射,此外,瑞士和日本也有用于示范的试验设备。RPC公司和NHV公司在自己工厂内也拥有同样的设备。

近年来,不是作为电子加速器制造厂商的附属设施,而是作为独立企业的照射服务中心正在增加。在美国,从1985年起,Me-

dical Sterilization Inc.公司把医疗用具做为对象,用4.5MeV Dynamitron开始了辐照灭菌事业。E—Beam Service公司曾经在RDI公司的服务部门用3MeV Dynamitron进行过辐照事业,1986年就独立开来,增设了有4.5MeV机器的服务中心。有关这个增设计划的资料,在IMRP会议上已有报导。此外,Windsor Nuclear, IRT, Columbia Research等公司都进行电子束照射服务。

在欧洲,法国的Caric公司用CGR-MeV公司制造的直线加速器进行电子束辐照。在西德,Beta-Gamma-Service公司继续引进RDI公司的核心设备,用4.5MeV Dynamitron进行照射服务。最近,英国的Viritech公司也用同样的设备开始了同样的事业。此外,丹麦的Raychem公司,西德的AEG公司也正在应用电子束的服务事业。

为了进行商业性的电子束照射服务事业,作为射线源电子加速器的电子能量应该尽量做得大,那么被照射对象的范围就变宽,这是有利的。另一方面,由于处理量大,功率大的加速器是必要的。美国某辐射公司的经营者说过,作为商业设施,50KW是所期望的。基于这些观点,在独立的服务性企业就多半选择RDI公司的4.5MeV Dynamitron型加速器。

在我国,射线辐照的工业应用也正在稳步地扩大之中,拥有高能量、大功率电子加速器的辐照设施正在开发建设,可以认为,普遍广泛应用的日子也临近了。

(邬恩九译自《放射線と産業》No.39.)