

利用辐射技术监测工业机械设备及系统的磨损与腐蚀

一些国家正在 IAEA 支助的一个项目名下

探索被称为薄层活化技术的各种应用

I. O. Konstantinov
和 B. V. Zatolokin

众所周知,工业装备与各种机器、运输设备、核电厂与常规电厂、管道及其它材料的可靠性,受磨损与腐蚀等损伤过程的影响极大。出于安全和经济方面的考虑,对这种损伤进行适当的监测,有可能阻止工业设备或车辆在运行期间发生危险事故,避免因机器故障而影响生产。

当被研究的机器零部件表面不易接近或被外层构件盖住时,核方法就成了检测工作的有力助手。常用的核方法有 X 射线照相术、中子照相术以及被称作薄层活化(TLA)的技术。

TLA 技术是监测磨损与腐蚀的各种方法中最有效者之一。通过远距离测量,可以在真实的运行工况下检测机器或加工厂中的关键零部件,并测定磨损与腐蚀速率。TLA 技术的主要特点是,通常用加速器(如回旋加速器)辐照被研究的物体,使之在被研究的表面下生成薄薄的放射性层。

对于用加速器使机器零部件活化的方法,已做过充分的研究。TLA 方法现在能非常灵敏地测量表面损伤速率,其灵敏度能达到 0.0001—1 毫米/年。TLA 技术现被用作测量各种组件磨损速率的工具。被测组

件除了内燃机的活塞环和汽缸壳外,还包括轴承、凸轮轴和车辆闸盘。更近期的应用包括评估管道、蒸汽和燃气轮机叶片、海上采油平台和核电厂设备的腐蚀与磨蚀情况。这些应用给工业部门带来的效益远远超过了用加速器辐照机器零部件与购买相应辐射测量设备的费用。

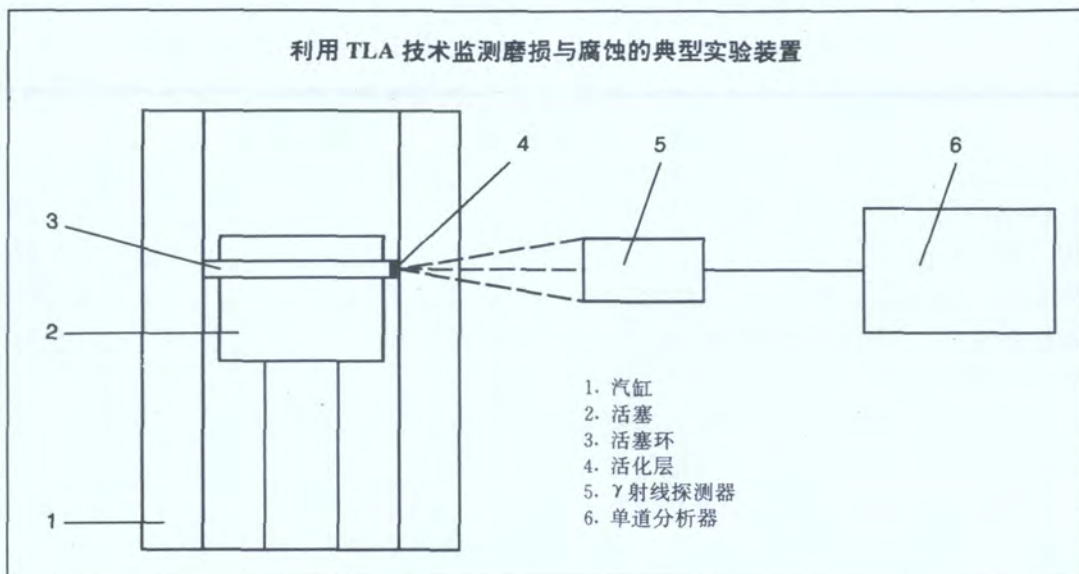
为满足成员国的兴趣,IAEA 于 1991 年设立了一个在工业中采用核方法监测磨损与腐蚀的协调研究计划。其范围包括进一步开发使用带电粒子加速器的辐照技术,和将 TLA 技术实际应用于各工业领域的各项技术性研究。中国、匈牙利、印度、罗马尼亚和俄罗斯的 6 个研究机构参与了此项计划。除其它方法外,参与者正集中力量开发新的被辐照器件、测量系统和实用的磨损与腐蚀监测方法。本文从技术角度简短地介绍 TLA 技术及若干实例的研究报告。

TLA: 示踪技术的变体

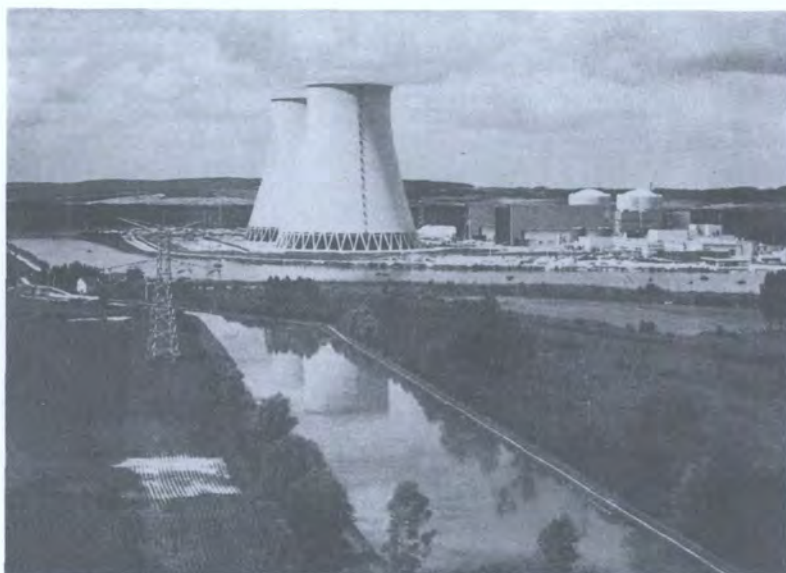
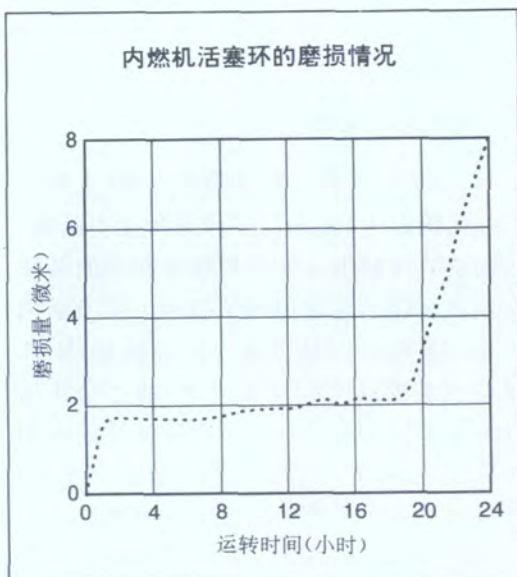
应该说,TLA 是放射性示踪技术的一种变体。在这种方法中,放射性示踪剂是被研究物体在加速器内辐照时生成的。由于带电粒子在致密物质中的射程有限,因此活化层的厚度通常比机器零部件的厚度小得多。一般说来,这种放射性示踪剂的深度分布是不均匀的,必须使用专门技术在单

Konstantinov 先生是俄罗斯奥布宁斯克的物理与动力工程研究院职员,Zatolokin 先生是 IAEA 研究与同位素处职员。详细的技术参考资料可向作者索取。

利用 TLA 技术监测磨损与腐蚀的典型实验装置



内燃机活塞环的磨损情况



独的实验中测定。(见第 18 页表和曲线图。)

然后,将辐照过的零部件装入机器内,利用合适的 γ 谱仪测量这部分放射性示踪剂的活度。在发生磨损(腐蚀或磨蚀)的情况下,示踪剂活度的减小速率高于其天然衰变的速率。这种放射性示踪剂的活度一般不超过 10 微居左右,故多数情况下不需要添加专门的防辐射屏蔽。

研究活动的实例

内燃机。目前 TLA 技术被大量用于监

工业界正在研究 TLA 技术以测量并监测导致机械设备及零部件损伤的过程。近期的应用包括评估管道、汽轮机叶片、海上采油平台和核电厂设备的腐蚀与磨蚀情况。

测内燃机零部件的磨损,包括监测活塞环和汽缸这样的重要摩擦对偶。

俄罗斯的研究人员研究了活塞环在各种运行工况下的磨损速率。在一项实验中,用能量为 28 兆电子伏(MeV)的 α 粒子从与表面成 30° 角的方向辐照镀铬的活塞环表面。含有放射性核素锰-54 的活化层的厚度为 25 微米。结果表明,磨损速度在运行 18 小时后显著上升。(见本页曲线图。)

罗马尼亚布加勒斯特的物理与核工程研究所已利用 TLA 技术获得了有意义的结果。他们用能量为 8.5 MeV 的氘活化活塞环的外表面,产生的放射性标记物是放射性核素钴-57。监测结果证实活塞环外周的磨损速率是不均匀的,有两处的值最大。

TLA 技术还正在用于检测运输机械运行过程的其它方面。例如,北京中国原子能研究院的工作人员,正在研究柴油质量对柴油机磨损速率的影响。

压力容器。在美国,人们利用 TLA 技术监测造纸厂蒸煮锅碳钢内壁的磨蚀与腐蚀情况。先用与蒸煮锅内壁相同的材料制成代表性样品,再利用此种代表性样品进行

辐照和试验。试验中测量其重量损失,并与超声波测厚的结果比较。结果表明,用 TLA 技术测定腐蚀速率能在短得多的时间内提供准确的结果。

刀具。匈牙利科学院核研究所的科学家已开发出在线测量超硬车刀切削刃的磨损的方法,这种切削刃是用人造多晶金刚石和立方氮化硼制成的。研究人员在回旋加速器内用质子辐照这种刀具,然后在实验室条件下利用磨床进行试验。

其它材料。例如,正在开展的研究工作还有使用 TLA 技术监测以下设备的损伤过程:发动机凸轮头、纺织工业中的编织机、人造髋关节、炮筒、压缩机、核电厂用材料、轴承、铁轨与铁路车辆车轮、齿轮以及管道设备。

钴-58在辐照过的铁块内的深度分布

离表面的距离 (微米)	钴-58的活度 (相对单位)
0	1.000
40.6	0.992
82.3	0.982
120	0.970
159	0.957
197	0.940
234	0.916
270	0.896
306	0.874
341	0.842
376	0.806
409	0.779
442	0.748
473	0.705
505	0.657
535	0.605
565	0.551
593	0.491
622	0.432
648	0.378
675	0.323
693	0.272
726	0.229
749	0.183
773	0.143
795	0.107
816	0.074
837	0.050
856	0.026
875	0.014
893	0.004
910	0.001

注:采用初始能量为 22 MeV 的质子辐照。

一项值得推广的技术

以 TLA 技术的许多实际应用(主要在工业化国家中)和正在进行的研究为基础,较发达的发展中国家只要具备相应的基础设施就可以迅速应用该项技术。应当强调的是,国内是否具有相应的加速器(例如回旋加速器或串列式加速器)并不是使用 TLA 技术的先决条件。机器零部件的辐照可以在已拥有相应加速器的国家内进行。这种解决办法可排除用大笔基建投资建设加速器设施的必要性,从而将加快这一技术向发展中国家的传播。 □

