

金属磁记忆无损检测技术

蹇兴亮

1997年,在美国旧金山举行的第50届国际焊接学术会议上,俄罗斯学者杜波夫(Doubov)首先提出金属应力集中区的磁记忆效应,并形成一套全新的无损检测与诊断技术——金属磁记忆(metal magnetic memory, MMM)技术。1999年10月在汕头召开的第七届全国无损检测年会上,杜波夫教授在大会上向中国学者介绍了磁记忆检测的原理及其在管道、锅炉压力容器上的应用。此后,金属磁记忆现象和检测技术在我国得到了极大的关注并展开了广泛的研究和讨论。金属磁记忆检测技术问世以来,在国际无损检测学界引起了巨大反响,促使许多科学家正在对它的物理机制进行更加深入的研究。该项技术有着巨大的发展潜力,目前的情况是基础理论研究落后于实际应用,还有许多问题尚待解决。

金属磁记忆效应:铁磁性金属(常见的钢铁等)零件在加工和运行时,由于受载荷和地磁场共同作用,在应力和变形集中区域会发生具有磁致伸缩性

质的磁畴定向和不可逆的重新取向,这种磁状态的不可逆变化在工作载荷消除后不仅会保留,还与曾经有过的最大作用应力有关。金属构件表面的这种剩磁状态记忆微观缺陷或应力集中的位置,这就是磁记忆效应。

基于金属磁记忆效应制作的检测仪器,工作过程如图1所示。图中的工件曾经在地磁场中沿轴向(x 方向)被拉伸,并在工件内部的图中所圈出的 E 区域出现应力集中,该区域的拉应力大于其他地方,应力过大就可能在此产生裂纹等缺陷。应力集中区磁畴发生不可逆的重新取向,产生的磁场经过工件表面形成漏磁,当载荷消除不再拉伸时,这种漏磁场仍然保留。

参见图2,磁力线的疏密反映了磁场的强弱,箭头方向表示磁场方向。漏磁场的特点是:在应力集中区附近,图中的 B 点,磁场的切向分量具有最大值,而法向分量改变符号且具有零值点。通过对漏磁场法

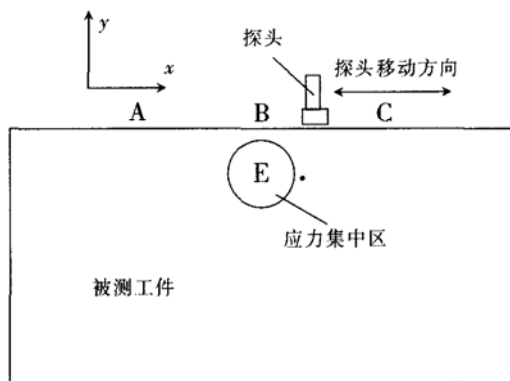


图1 工件表面磁场检测示意图

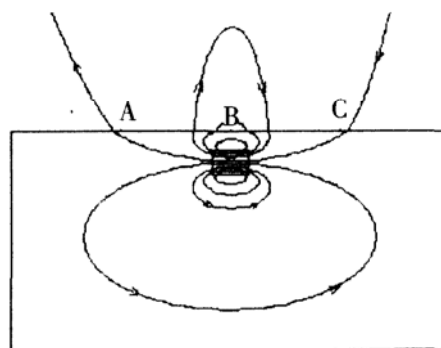


图2 应力集中区的磁畴在工件内外磁场分布

X射线阿秒脉冲的强度都太低,无法在原子介质中产生可测量的非线性效应。后来,对自相关测量法进行了重大的改进,提出了互相关测量法。

互相关测量阿秒脉冲的基本方法是当一个极紫外或软X射线光脉冲射入一氮原子气体靶,使氮原子发生光电离,所产生的光电子在产生时刻受到比X射线脉冲延迟了时间 t_0 的驱动飞秒激光脉冲光场作用,其动能发生改变,改变的大小取决于此刻飞秒激光脉冲的振荡光场的振幅、载波频率和绝对相位。通过在垂直于激光偏振方向的小

角度内探测产生光电子的能谱位移,从而获得X射线脉冲的脉宽。

以上综述了超短激光脉冲测量技术的发展历程,特别介绍了目前国际上公认的测量飞秒脉冲的两种标准方法,即FROG和SPIDER,并概述了处于实验室阶段的阿秒脉冲产生的基本原理及测量方法。随着阿秒脉冲产生和测量技术的进一步发展,科学家也将从研究原子分子动力学过程的飞秒化学时代进入研究原子内电子动力学的阿秒物理时代。

(浙江嘉兴学院医学院 314001)

可储能电装甲及其所用电容器初探

杨建华 王莹 张朝伟

电磁装甲是以脉冲功率技术、电磁学和电动力学等理论为基础,有效利用通过各种方式转化而来的电能、电磁能或热能的装甲车辆防护系统。自从1973年Walker提出电磁装甲的概念以来,人们对电装甲的研究已有30年的历史,其理论探讨和实践研究已取得了长足进展。

目前电装甲主要分为两种,电磁装甲和电热装甲。电磁装甲又分为主动电磁装甲和被动电磁装甲。

主动电磁装甲是在主装甲外面安装一些发射线圈和相应的拦截板,在高精度的探测系统及时发现和识别高速来袭的射弹后,通过跟踪和精确的计算系统计算来袭射弹的弹道,然后由决策系统掌握最佳发射时机,利用发射线圈产生的电磁力将拦截板射出以拦截射弹。被动电磁装甲主要由两块间隔一定距离的连接高压电源的装甲钢板组成。当弹丸或金属射流穿过外板而接近内板时,空气隙被高电压击穿,短路使高压电源放电,大电流通过射流或弹芯,并形成强大的磁场,由于洛伦兹力和欧姆加热效应,使射流或弹芯中产生不稳定的磁流体动力效应,导致射流或弹芯破碎并大大降低其侵彻能力。电热装甲是在被动电磁装甲的两扇平行金属板间加以绝

缘介质的测定,便可以准确地推断工件的应力集中区,这非常有利于构件缺陷的早期检测与预防。具体过程就是将检测磁场的探头沿工件表面扫描移动,测量记录各点的磁场强度沿工件表面的法向分量(只需将探头探测面平行于工件表面即可),一旦检测到磁场强度为零,且左右磁场方向相反,就说明该处内部有裂纹缺陷或者最终会导致裂纹的隐性损伤。

这种金属磁记忆检测技术已经在我国许多锅炉、电站、管道和航空等领域使用。该方法不但可检测零件表面的缺陷,而且可以检测内部达几十毫米深处的缺陷。该方法不需要清理金属表面,探头和零件表面的小范围间隙变化不影响检测结果,检测速度快,现场应用十分方便。

常规无损检测方法(超声波探伤、射线探伤、磁粉探伤、渗透探伤等)都以缺陷检测为主要目标。尽管应力的变化对检测结果有一定的影响(如超声波

检测),但其作用机理与被动电磁装甲不同。它是通过脉冲大电流放电以高温气化介质,气化产物迅速膨胀推动金属板而起到防护作用。

由于以上这些电磁装甲一般均由装在装甲车内的高储能密度电容器组作为产生强大电流的电源,故而即使电容器储能密度有所提高,但因电磁装甲工作时所需的电功率较大,也会导致装甲车内的电容器数量过多。而由于这些电磁装甲的防护装置与电源系统各自独立和分离,因此势必增加装甲车的重量和体积,影响装甲车辆的灵活机动作战能力。

可储能电装甲依据其作用机理应属一种新的电热装甲。它作为附加装甲挂在主装甲外面,既有防护功能又可作储能电源为装甲车本身所载各种电炮或其他脉冲武器提供能源。这样一来,装甲车辆的防护装置和所需能源合二为一,无疑会使装甲车辆系统简化,体积和重量明显减小,既降低了成本,又增大了效费比。

可储能电装甲的作用机理

可储能电装甲的主体是电容器。图1所示是可储能电装甲披挂在主装甲外的电容器模块的剖面图。这种可储能电装甲是由许多这种相同的电容器

检测),但使用常规的无损检测却不能判定部件的应力状态,仅能检测出已发展成型的缺陷,均是缺陷和事故后的处理。金属磁记忆检测技术是迄今为止对金属构件进行早期诊断的唯一可行的无损检测方法。通过检测部件表面的磁场分布情况间接地对部件应力集中位置进行诊断,预测部件尚可继续使用的寿命。在机械、电力、航空、航天、铁道、石化、锅炉压力容器等部门有极其广阔的应用前景。

由于金属磁记忆检测技术是一种新近出现的无损检测技术,还存在许多问题需要进一步研究:(1)磁记忆现象的物理机制问题,如果有多种可能性,需要确定各种因素的主次关系。(2)漏磁场强度的大小及分布与应力、外磁场、缺陷深度和大小之间的定量关系需要确定。(3)表征磁记忆现象的磁场与地磁场的关系。

(江苏南京农业大学电气系 210031)