

国外钢管无损检验技术

韩世全

(上海宝山钢铁总厂)

近十几年来,无损检验(NDT—Non Destructive Testing)技术在钢管生产中获得了广泛的应用。在一些技术较发达的国家,自动化的钢管无损检验已成为现代化钢管生产中不可缺少的环节。可谓无缝钢管生产由NDT开始至NDT结束。

本文简要介绍国外钢管NDT技术的发展趋势和NDT方法及设备的选择和应用,以供参考。

1. 国外钢管NDT技术的发展趋势

随着钢管生产技术的现代化,钢管生产中采用的各种NDT技术也在不断改进和提高。早在60年代,一些技术较先进的国家就已实现了超声波探伤,涡流探伤的自动化。到了70年代,这些无损检验技术在钢管生产领域得到了推广应用。70年代兴起的漏磁探伤技术,由于探伤速度较磁粉探伤快得多,又可实现高度的自动化,在检验黑皮管坯缺陷时又不需目检,并可省去酸洗、吹丸等准备工序,经济效益显著,目前已在国内许多大型钢厂推广应用。

随着工业技术的发展,人们对钢管质

量的要求越来越高。为了满足现代化钢管生产的高速度和高质量的要求,作为产品质量保证体系重要手段之一的NDT技术也在迅速朝着现代化的方向发展。任何一种检验方法都有自身的局限,单一的方法不能全面满足现代钢管生产的需要,而要用几种检验方法进行综合检测,对生产的全过程进行质量监测和控制,因而近几年来已出现了各种多功能的NDT联合机组。它的出现使钢管生产中的质量保证手段得以完善和加强。

在计算机进入钢管生产的时代,NDT技术也引进了计算机技术,这使NDT技术又大大前进了一步。计算机用于NDT尚在开发之中,待获得全面技术突破后,NDT技术也将同现代化的管钢生产一样,可根据合同标准等技术指令,全面实现自动判断钢管缺陷的性质和危害程度,并作出相应的处理。

2. 钢管生产中NDT方法的选择

NDT是以某些物理效应为基础的,而在每一种NDT方法和设备都有其一定的适用范围。因而在管钢生产中,应根据产

点,自行设计制造的专用工卡具,结构比较新颖,工作可靠,工效较高。用改革后的普通机床组成生产作业线,所形成的钢保护环生产工艺,已在生产中成功地使

用。

但是,在生产中手工劳动较多,占地面积较大;需购置较多的普通设备,这些问题尚待进一步研究解决。

3. 国外钢管生产中的NDT

3.1 管坯的NDT

传统的管坯检验方法是人工目检或磁粉探伤。由于目检和磁粉探伤均难于准确鉴别缺陷的深度,所以仍然排除不了误判。近年来日本住友金属研制并在现场设置了漏磁检验设备,其应用情况见表2。

锻坯主要缺陷是鳞状折叠。若控制其深度在0.5 mm之下时,锻粗比到6不会形成裂纹。用这样的灵敏度进行现场检验, $S/N \approx 10$,检验结果是可靠的。与磁粉探伤相比漏磁探伤的误判大大减少,表3就是其中一例。

管 坯 漏 磁 探 伤 系 统

表2

	和歌山炼铁厂	钢管制造厂	住友海南钢管
直 径	145~285 mm	130~250 mm	125~190 mm
长 度	1.5~4.7 m	1.5~5.0 m	1.25~5.0 m
表 面 状 情	黑皮、加工成棒料	黑皮、加工成棒料	黑皮、加工成棒料
能探出的伤	深度: 0.3 mm以上 长度: 13 mm以上	0.3 mm以上 10 mm以上	0.3 mm以上 11 mm以上
处理能力:			
检 出 头 数	1头/1线	1头/1线	2头/1线
检 验 元 件 数	12/1头	16/1头	8/1头
代 表 性 直 径	230 mm	150 mm	190 mm
输 送 螺 距	165 mm	160 mm	88 mm × 2
转 数	40 rpm	75 rpm	50 rpm
处 理 量	69 pce/hr	100 pce/hr	100 pce/hr
设 置 台 数	2	2	3

磁粉探伤和漏磁探伤的比较

表3

项	目	磁 粉 探 伤	漏 磁 探 伤
检 查 数	(根)	62	62
有裂纹的管坯数	(支)	237 57	41
裂 纹 条 数	(条)	57 237	81
裂 纹 发 生 率	(%)	4.15	1.97
裂 纹 总 长 度	(mm)	48,270	18610
平 均 裂 纹 长 度	(mm/P)	760	280

管坯探伤采用漏磁方法后,在质量上及经济上都获得了良好的效果。图2是管坯漏磁探伤装置的探测系统。

另外在“日本钢管”公司,采用反馈式涡流探伤法检验管坯。它的优点是伤深在7 mm之内输出信号和指示之间有一个很好的线性关系。检验线圈和被检验材之间是非接触的,因此凹凸不平在5 mm之内不影响探伤效果。用这种方法探不到的管头段很短,仅为十几毫米。



图2

3.2 热轧钢管的NDT

热轧钢管进行NDT的目的,是监督工艺、分选异材、检验恶性缺陷。这里通常是采用在线的高速自动探伤方式,如曼内斯曼钢管厂就是采用涡流密度检验和分钢仪配合使用的方式。直径小于60 mm的钢管,检验速度可达360米/分,直径大于60 mm的钢管,速度为150米/分,最大直径可达180 mm。曼内斯曼钢管厂的经验是用涡流密度检验可以取代水压试验,而且优于水压试验。他们使用的仪器是Dr. Förster研究所生产的Defectomats及Magnetest 6.310型仪器。有的公司在涡流探伤线上,再配上旋转型探伤设备,以保证长的纵伤不致于漏检。如在日本,有的钢管厂就配用了美国Tuboscope公司

产的Amalog型漏磁设备。由于各行各业对钢管质量的要求不断提高及NDT技术不断的发展,热轧钢管NDT手段也在不断完善,如有的公司采用通过式涡流探伤、旋转式漏磁探伤及超声测厚综合检测方法,也有的公司干脆把他们三者一体化形成联合机组。

3.3 锅炉管的NDT

西德曼内斯曼·牟尔海姆厂用热连轧的方法来生产锅炉管。由于Ⅲ类锅炉管是在高温高压的状态下工作的,所以对成品要求进行严格的检测。通常是在涡流密度检验之后还要进行严格的超声波探伤。他们采用的设备是:Karl、Deutsch公司生产的Echograph 1140或1160系列设备(图3)。检验热轧锅炉管时多配用局部水

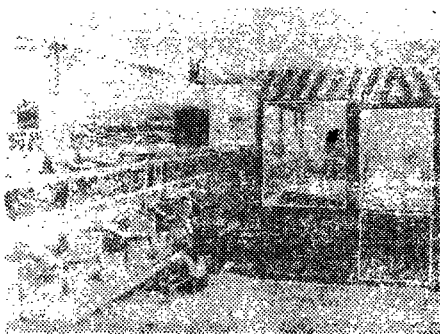


图3

浸的浮动水箱。这种方法检验速度不很快,一般在15~25米/分左右,但性能稳定,适应性很强,对管的椭圆度及弯曲度要求不高。在西德这种设备用得很多,对我国的老厂改造很有参考价值。另外西德Krautkrämer公司生产的ROT~180U型也是适用于热轧锅炉管探伤的设备,这种设备采用旋转水箱式检测方式,最高检验速度可达60米/分,但对钢管本身提出了较严格的要求,如弯曲度不得超过2 mm/m

等。这种设备适用于20~180 mm直径钢管的探伤,对新建厂使用更为合适。

3.4. 石油管的NDT

石油管的NDT通常是指油管、套管及钻杆的NDT,其检验标准大多数国家采用美国石油学会的API标准。石油管的NDT通常采用超声波探伤或磁粉探伤,但API标准也明文规定允许使用具有足够灵敏度的其它电磁方法进行探伤。对石油管而言,目前超声探伤方法的应用还十分普遍,其方式同热轧锅炉管的探伤方式。而磁粉探伤仅限于工具接头等短件材料及管端检查,管体的探伤已被漏磁探伤所代替。这是因为漏磁探伤设备对于API标准具有足够的灵敏度,而且和磁粉相比,伤深和指示之间的线性关系要好得多。漏磁探伤易于实现自动化,速度可达60米/分,这是磁粉探伤所无法比拟的。

目前适用于油管探伤的设备有:西德Dr. Förster研究所生产的ROTOMAT型和TRANSOMAT型仪器;有日本岛津制作所生产的SAM—R型和SAM—C型仪器;有美国Tuboscope公司生产的AMALOG及SONOSCOPE型仪器。这类设备的典型应用见图4。用于钻杆探伤的典型设备是西德Dr. Förster研究所生产的STATMAT。

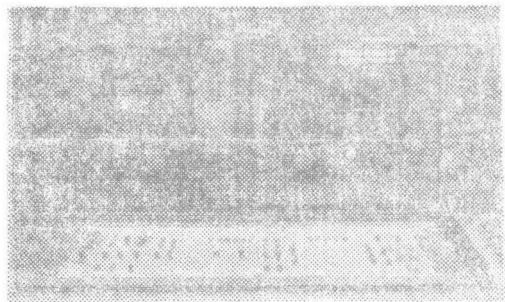


图4

3.5. 冷拔冷轧钢管的NDT

冷加工钢管多半以高压锅炉用等高级钢管为主,对其成品要求采取严格的NDT措施。由于这类钢管尺寸较精确,表面形态又好,所以容易得到最佳的NDT效果。这种钢管多采用涡流探伤与超声探伤综合检测的方式。如西德曼内斯曼来姆萨特钢厂就是用通过式涡流探伤加旋转式超声探伤。而美国Mckay NDT系统则是采用钢管旋转,使涡流线圈及超声波探头相对钢管作螺旋线扫描,如图5所示。为了保证质量也经常在成品检查之前,对半成品进行一次磁粉探伤。日本住友金属在漏磁探伤方法与设备的研究方面取得了很大的成绩,它用漏磁探伤方法代替磁粉探伤,其中SAM—S型探伤仪用于钢管的外表面检验如SAM—S,而SAM—I型探伤仪可用于钢管的内表面探伤。

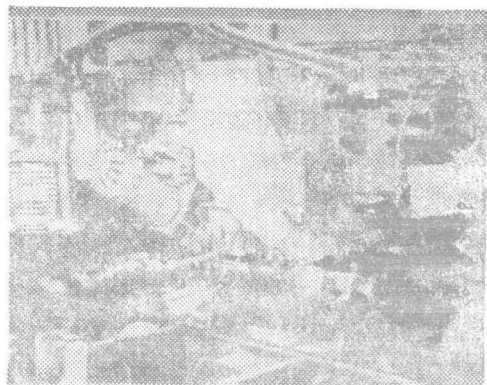


图5

3.6. 原子能及航空用管的NDT

原子能用燃料管、热交换器管及航空用管一般都壁薄而工作条件恶劣,因而对其质量要求很高,所以对NDT的要求也就更高。当前检验这类管子的手段是旋转式超声波探伤法及涡流探伤法。这类管由于直径小、壁薄,检验标准严,所以在

用超声波探伤时,声场必须聚焦,聚焦声束应在0.4毫米的宽度范围之内,使其综合灵敏度能达到发现0.1毫米的伤。由于焦点小,检验速度就慢。为了增加探伤速度就必须增加探头的转数。小直径管探伤时探头转数通常要达到1000—3000转/分。这样解决旋转机械的振动问题就成为小直径钢管超声波探伤的技术关键之一。在技术先进的国家,探伤工作是同内径、外径、壁厚、偏心的测量一道完成的,计算机的引入是完成这一任务的重要手段之一。

涡流探伤是超声探伤重要的辅助手段,尤其是在热交换器用管定期维修检验时更具有独特的长处。涡流探伤多采用外通过式或内通过式,在维修检验时一般都采用内通过式。航空用钢管有时也采用探

头旋转式涡流探伤。不管探头采用什么方式,对于要求高灵敏度探伤的小直径薄壁管的涡流探伤仪器,选用的检验频率都比较高,一般在100—400KHZ左右。这种方法要求仪器对各种缺陷及内、外伤均具有较强的分辨能力。

4. 结 语

综上所述,在现代化的钢管生产中,NDT技术已是不可缺少的生产环节。我们在引进国外轧管技术和设备中,应对引进国外先进的NDT技术和设备给予足够的重视。

在钢管生产中应用无损检验技术进行质量控制已是势在必行,我们应在参考国外经验的同时,结合国内钢管生产和设备情况,正确适当地选用NDT技术和设备,以提高产品质量和经济效益。

(上30接页)

理,这种冲头不仅硬度和强度高,而且韧性良好,因而在使用时不易开裂且耐磨性提高。

4Cr₅MoSiV钢冲头的使用寿命较3Cr₂W₈V钢冲头高一倍多,且该钢价格

便宜,热处理工艺简单,是一种较理想的热冲孔工具用钢。

自我厂生产4Cr₅MoSiV钢水压穿孔机冲头以来,每年可节约冲头费用60万元以上,获得了显著的经济效益。

