

基于均匀磁化的 SAWH 焊管无级直流在线两点消磁法

方晓东^{1,2}, 鞠平顺^{1,2}, 甘正红³, 韩太生^{1,2}, 陶恒朝^{1,2}

(1. 江苏通宇钢管集团有限公司, 江苏 扬州 225008; 2. 江苏省(通宇)焊接钢管工程技术研究中心, 江苏 扬州 225008; 3. 上海中油天宝巴圣钢管有限公司, 上海 201100)

摘要: 简要介绍了 SAWH 焊管的消磁理论和国内常用的消磁方法, 重点介绍了基于均匀磁化的 SAWH 焊管无级直流在线两点消磁法, 即在 SAWH 焊管制造主机后桥设置第一消磁点, 在 X 射线探伤室设置第二消磁点。采用该消磁法时, 借助于 X 射线工业电视图像来精确判别、调整消磁磁场的大小, 从而有效地对 SAWH 焊管进行消磁, 防止剩磁的反弹, 实现了以简单的设备和精细化的控制来获得较理想的消磁效果。

关键词: 螺旋埋弧焊管; 均匀磁化; 直流; 在线; 消磁

中图分类号: TG335.75 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2311(2013)04-0056-04

Homogeneous Magnetization-based Infinite DC On-line 2-point Demagnetization Process for SAWH Pipes

FANG Xiaodong^{1,2}, JU Pingshun^{1,2}, GAN Zhenghong³, HAN Taisheng^{1,2}, TAO Hengchao^{1,2}

(1. Jiansu Tongyu Steel Pipe Corporation, Yangzhou 225008, China;

2. Jiangsu Provincial (Tongyu) Weld Pipe Engineering Research Center, Yangzhou 225008, China;

3. Shanghai Zhongyou TIPO-Brastubo Steel Pipe Co., Ltd., Shanghai 201100, China)

Abstract: Briefed are the demagnetization theory and the demagnetization processes as commonly used for SAWH pipes. Focused on is the homogeneous magnetization-based infinite DC on-line 2-point demagnetization process for SAWH pipes, which involves setting up the No.1 demagnetization point at the outlet table of the SAWH pipe mill proper, and the No.2 demagnetization point in the X-ray detection room. In case of using this demagnetization process, the demagnetization field size is accurately identified and adjusted via the picture of the X-ray industrial TV, and thus adequate demagnetization of the SAWH pipe is obtained, and rebounding of remanent magnetization is prevented. And in this way, satisfactory demagnetization is realized by means of simplified equipment and fine control process.

Key words: SAWH pipe; homogeneous magnetization; DC; on-line; demagnetization

在焊接过程中焊接电流所产生的感应磁场, 导致螺旋缝埋弧焊(SAWH)焊管出现非均匀磁化; 在 SAWH 焊管切断以后, 仍残留一定量的磁场, 即焊管行业所称的“剩磁”。在对 SAWH 焊管进行 X 射线实时成像检测时, 因剩磁的存在, 使管端图像扭曲, 导致缺陷判别困难, 影响检测结果和管端 X 射线抓图拍片; 另外, SAWH 焊管在现场对接时, 剩磁容易导致磁偏吹(影响焊接质量的主要因素之

—^[1])从而导致焊缝收口困难, 严重时造成无法正常焊接^[2-3]; 因此, 各 SAWH 焊管生产厂都在想方设法对生产的 SAWH 焊管进行消磁。江苏通宇钢管集团有限公司(简称通宇钢管公司)科技人员根据自身的制管工艺, 总结出一种适合自身特点的基于均匀磁化的 SAWH 焊管无级直流在线两点消磁法, 取得了明显的消磁效果。

1 SAWH 焊管消磁的理论基础

1.1 磁场模型

SAWH 焊管在焊接过程中焊接电弧是一个载流

方晓东(1969-), 男, 高级工程师, 全国钢标准化技术委员会钢管分技术委员会委员, 从事质量管理工作。

导体, 电弧一旦引燃, 就在其周围建立起磁场, 受其影响, 对焊管进行非均匀磁化^[4]。SAWH 焊管生产线采用双面埋弧、直流反接法焊接, 地线(焊接电源负极)一般安装在成型器上, 埋弧焊丝龙头线(铜芯软电缆)连接焊接电源正极。内焊焊接位置在成型器的板管啮合点, 外焊焊接位置在板管啮合点后第 2 个螺旋缝的顶点处; 因此, 内、外焊焊接电流流过 SAWH 焊管产生电磁感应现象, 形成了各自的磁场并综合形成矢量磁场。根据内、外焊焊接位置判断, 内焊形成的是条状磁场, 外焊形成的是与 SAWH 焊管中心线呈 α 角的曲面磁场。SAWH 焊管模型中心的磁场强度如图 1 所示。

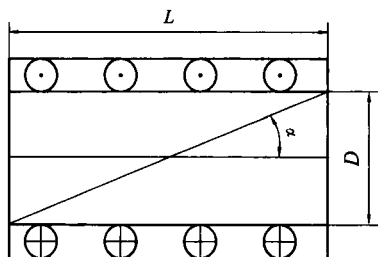


图 1 SAWH 焊管模型中心的磁场强度示意

SAWH 焊管在焊接过程中受到了两次非均匀磁化。大而薄的平板或细而长的圆柱状铁磁体, 只有中间的部分才可看作均匀磁化^[5]。其磁场强度 H 可按下式^[6]计算:

$$H = \frac{NI}{L} \cos \alpha = \frac{NI}{\sqrt{L^2 + D^2}}$$

式中 N —— 线圈匝数;

I —— 电流强度, A;

L —— 线圈长度, m;

α —— 线圈对角线与轴线的夹角, ($^\circ$);

D —— 线圈直径, m。

1.2 磁场方向和反向磁场消磁的确定

在 SAWH 焊管生产过程中螺旋缝不断移动, 但内、外焊点相对不动, 根据相对运动原理, 也可理解为内、外焊点移动而 SAWH 焊管固定不动, 这样 SAWH 焊管的磁场就像一个通电螺旋线圈在 SAWH 焊管上的移动而形成的^[5], 如图 2 所示。

根据右手定则不难判断出焊接电流所形成的感应磁场的磁力线方向, 其大小为内、外焊电流磁场的磁力矢量; 因此, 在实际消磁工作中, 同板宽、同直径、不同壁厚时, SAWH 焊管的内、外焊电

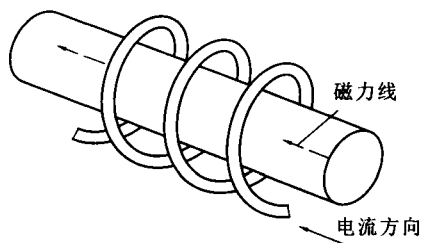


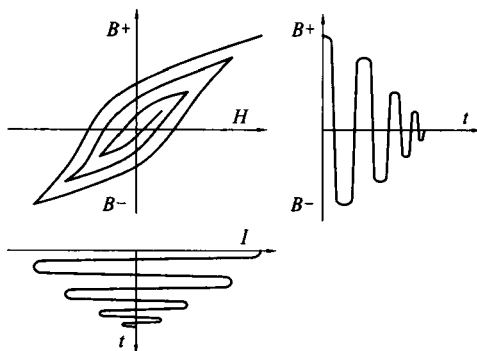
图 2 通电线圈形成的磁场方向示意

流不同, 消磁所用的电流也不同^[7]。

从经典的磁畴理论(是用量子理论从微观上说明铁磁质的磁化机理)可知: SAWH 焊管管端剩磁是 SAWH 焊管材料内磁畴在焊接过程中受焊接电流的电磁感应产生的外加磁场影响, 产生磁畴磁矩转动、磁壁运动, 磁场趋向一致, 使 SAWH 焊管产生磁性, 其大小和外加磁场有关。消磁就是采用与焊接电流产生的磁场方向相反且大小相关的反向磁场来改变磁畴磁矩转动和磁壁运动趋向, 使管端磁性减弱乃至消除。

1.3 消磁曲线

SAWH 焊管的焊接既有直流电流也有交流电流; 其剩磁形成过程中直流电流的作用是主要的, 交流电流因其电流相对直流电流较小且自身的相位交变和趋肤效应, 对剩磁的形成是次要的; 因此就把 SAWH 焊管的消磁问题集中到对直流消磁的研究上。SAWH 焊管消磁曲线如图 3 所示。



H — 磁场强度 B — 磁感应强度 t — 时间 I — 电流强度

图 3 SAWH 焊管消磁曲线

从图 3 所示的曲线上看出: 要想消除 SAWH 焊管剩磁, 必须施加与原来外加磁场相反方向的磁场; 消磁所用的磁场强度并不一定等于或大于磁化时所用的磁场强度(由磁场的饱和性决定)。关闭消磁磁场有两种方式: 一种是随着时间的延长而逐渐衰减磁场, 直至为零; 另一种是 SAWH 焊管离开消

磁线圈一段距离后关闭消磁用电源。

2 SAWH 焊管常用的消磁方法

国内 SAWH 焊管制造企业常用的消磁方法是在传动辊道上设置消磁线圈，SAWH 焊管在传输过程中通过具有磁场的线圈，达到消磁的目的。一般采用的消磁方法有交流消磁和直流消磁^[8]。

(1) 交流消磁。在焊管剩磁不大的情况下，可以在线圈中通入交流电，达到消磁的目的。但是，经过交流消磁的 SAWH 焊管内的磁畴存在不稳定现象，磁畴自身在作缓慢运动。经交流消磁的 SAWH 焊管在放置一段时间后，磁场还有恢复的现象，不能很好的消除。

(2) 直流消磁。对于剩磁较大的 SAWH 焊管，采用直流消磁，在线圈中通入直流电，同时根据剩磁的大小、管径、壁厚、材质等具体情况进行线圈大小和圈数调节。

3 SAWH 焊管无级直流在线两点消磁法

为了进一步提高产品质量，通宇钢管公司在试验研究的基础上，总结出独特的“基于均匀磁化的 SAWH 焊管无级直流在线两点消磁法”。

均匀磁化的条件是外加磁场均匀，磁介质均匀，介质表面为二次曲面。外加磁场均匀是指消磁设备、消磁电流大小连续可调，消磁线圈与 SAWH 焊管外形相同，SAWH 焊管在磁场中匀速穿过，磁场消失时有一个逐步衰减的过程。成型后的 SAWH 焊管表面是二次曲面，其内磁畴即磁介质在 SAWH 焊管表面呈均匀分布，SAWH 焊管表现磁性特征只不过是磁畴的方向在外加磁场的作用下出现了一致性偏转，当磁畴之间方向相反时，SAWH 焊管磁性特征就消失。SAWH 焊管消磁的工作将沿着均匀磁化和均匀消磁的过程展开。

3.1 消磁设备制作及电气控制

采用与焊接电流产生的磁场方向相反且大小相关的反向磁场来改变磁畴磁矩转动和磁壁运动，打破磁畴趋向一致，使管端磁性减弱或消除。SAWH 焊管的焊接过程本身就是焊点相对 SAWH 焊管的运动，相当于 1 匝线圈电流的磁场作螺旋运动。通宇钢管公司采用大截面的塑铜软线，按大于 SAWH 焊管直径尺寸绕制线圈，控制方面采用无级交流调压、二次整流的方式。消磁工作原理如图 4 所示。

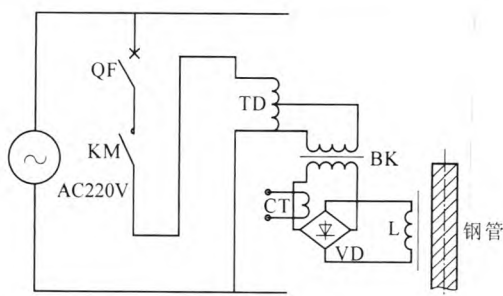


图 4 消磁工作原理
QF—断路器 KM—接触器 TD—接触式调压器 BK—消磁变压器 CT—电流互感器 VD—桥式整流器 L—消磁线圈

图 4 消磁工作原理

消磁工作原理：在消磁变压器 BK 的一次侧采用接触式调压器，根据需要无级调压；二次侧采用桥式整流器 VD 作交、直流变换装置，次级安装电流互感器 CT 采样供数显表显示消磁电流。无级直流消磁电源能很方便地调节消磁磁场大小，并直观显示出所需磁场的数值。消磁装置外观如图 5 所示。

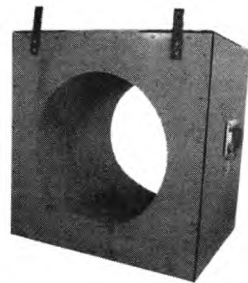


图 5 消磁装置外观

3.2 线圈的设置及消磁位置

在生产线上设两处消磁：一处设在主机后桥的定尺切断工序的前端，另一处设在 X 射线工业电视探伤室，故也称作“两点在线消磁法”。消磁装置的安装位置如图 6 所示。

前述 SAWH 焊管在焊接过程中受焊接电流产生的感应磁场影响，对管体进行了非均匀磁化，剩磁是内、外焊电流形成的磁力矢量，需要分别消除。因是同一个工件，必然存在相互影响；如果方法不当，可能导致磁场越消越多、越消越乱的情况。经过试验，在主机后桥第一消磁点采用比原剩磁磁场更大、方向相反的线圈对 SAWH 焊管进行均匀磁化，而在 X 射线工业电视探伤室第二消磁点，采用与原磁场方向一致、磁场强度适宜的线圈进行组合消磁。测量表明：经两点消磁的管端剩磁平均值在 0.5 mT(5 Gs) 以下，远远低于 GB/T 9711—

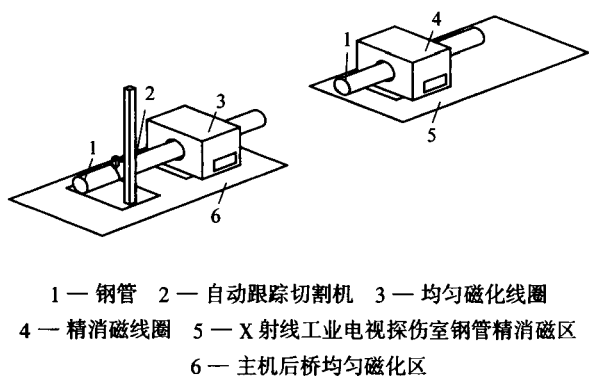


图6 消磁装置安装位置示意

2011《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》标准和 API Spec 5L(44 版)/ISO 3183—2007《管线钢管规范》标准中附录 E.7.6“钢管每一端沿周向大约相距 90°测量 4 个读数。当用霍尔效应高斯计测量时, 4 个读数的平均值应 ≤ 3 mT(30 Gs), 且任一读数不应超过 3.5 mT(35 Gs)”的规定^[9-10]。

3.3 消磁电流的调节

SAWH 焊管消磁过程如图 7 所示。设在主机后桥处的消磁装置(有 1、2 标志段)的主要作用是均匀化 SAWH 焊管磁场, 其计算的安匝电流为内焊焊接电流和外焊焊接电流之和的一定倍数(根据具体生产线确定)。施加的正极电流方向与螺旋管旋转方向相反。在 X 射线工业电视探伤室的消磁装置(有 1、2、3 标志段)进行精消磁, 其消磁电流调节方法为: 将消磁装置套在管体外且距离管端 200 mm 处, 正极电流方向与大桥上消磁电流方向相反。磁场强度控制采用“吊针法”, 即用 1 根吊针(细线拴住大头针)吊吸在有剩磁的管端焊缝处, 将消磁电流从零开始增加, 直至吊针脱落, 再外加大约 15~20 V 的电压, 这样基本能够消除剩磁。若效果不佳, 可以根据管端 X 射线探伤图像的扭曲程度进行微调。按 SAWH 焊管通常流程, A、B 两端图像都扭曲, 加消磁电压 10 V; B 端图像扭曲, A 端图像正常, 仍加消磁电压 10 V; B 端图像正常, A 端图像扭曲, 减消磁电压 10 V 左右。图 7 中的箭头 1 表示原焊接电流方向, 箭头 2 表示均匀磁化电流方向, 箭头 3 表示精消磁电流方向, 标定电源正极到电源负极为电流方向, A、B 为钢管两端区别标志。

4 结 语

通宇钢管公司 SAWH 焊管消磁方法和设备的

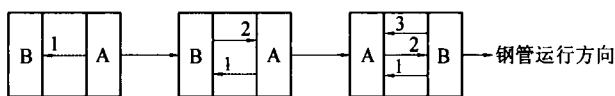


图7 SAWH 焊管消磁过程示意

特点是: 使用连续可调的消磁电源, 主要针对 SAWH 焊管的非均匀化磁场, 采用基于均匀磁化的无级直在线两点消磁法, 借助于 X 射线工业电视图像来精确判别、调整消磁磁场的大小, 从而对 SAWH 焊管进行有效地消磁, 防止剩磁反弹, 实现了以简单的设备和精细化的控制来获得较理想的效果。目前不足之处是第一消磁点的消磁装置在线安装, 不管有无焊管通过, 只要打开开关线圈就通电, 没有焊管通过时也消耗能源。计划通过安装光电开关, 有焊管通过时线圈自动通电, 实现消磁; 焊管离开时自动停电, 节省能源。

5 参考文献

- [1] 王立柱, 王旭, 王旺甫, 等. 电弧磁偏吹的产生及控制[J]. 钢管, 1999, 28(5): 20-23.
- [2] 张光辉. 怎样克服磁偏吹对焊接电弧及焊缝成形的影响[J]. 特种设备安全技术, 2009(1): 32-33.
- [3] 高峰. 焊接施工中磁偏吹现象分析和解决方法[J]. 中国科技博览, 2012(23): 249.
- [4] 林猛, 牛迎战. 管道剩磁产生原因与解决方法[J]. 油气储运, 2011(11): 878-879.
- [5] 尤国坤. 关于磁化强度和退磁场的两个公式[J]. 物探与化探, 1982(3): 154-156.
- [6] 宋志哲. 磁粉检测[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009.
- [7] 薛守刚, 许凤芝. 螺旋焊管剩磁的研究与运用[J]. 中国科技博览, 2011(20): 308-309.
- [8] 毕宗岳. SAWH 焊管剩磁的产生及其消除[J]. 焊管, 2003, 26(1): 25-27.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 9711—2011 石油天然气工业 管线输送系统用钢管[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [10] 美国石油学会. API Spec 5L/ISO 3183—2007 管线钢管规范[S]. 44 版. 北京: 石油工业标准化研究所, 2007.

(收稿日期: 2012-10-08; 修定日期: 2013-05-08)