

磁场控制横向 MAG 焊接焊缝成型工艺的研究

王 军, 陈树君, 卢振洋, 殷树言

(北京工业大学 机械工程与应用电子技术学院, 北京 100022)

摘 要: 横向焊接时由于熔化金属重力的作用, 会引起熔池金属下淌, 从而产生咬边以及焊瘤等焊接缺陷。为了解决上述问题, 提出了通过外加磁场控制横向焊接焊缝成型的焊接新工艺, 阐明了横向焊接磁场控制焊缝成型的原理。通过实验证明该控制方法的有效性和实用性。试验结果表明, 当短路过渡焊接在 192 A 时, 未出现咬边和焊瘤等缺陷。从而使横向焊接的效率得到显著的提高。多道多层焊接时, 可以明显减少焊接层数, 缩短焊接时间。实现了横向焊接磁场控制焊缝成型的高效率 MAG 焊接新工艺。

关键词: 横向焊接; 磁场控制; 焊缝成型

中图分类号: TG 441.4

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2003)02-0147-04

近几年来, 由于电力、化工、石油、管道以及造船等工业部门的飞速发展, 要求采用立焊、横焊、仰焊和全位置焊接工艺越来越多, 迫切要求用全位置焊接工艺代替手工电弧焊方法^[1], 以满足产品的质量和生产效率的要求。连续电流的熔化及气体保护焊接(MAG)工艺, 虽然已经成功地在工业生产中应用, 但是对于横焊、立焊、仰焊和全位置焊接却受到限制。因为它必须在连续射流过渡状态下工作, 也就是在临界电流以上进行工作, 电流较大, 则熔敷速度和母材的熔深也较大, 从而造成熔池过大, 铁水过多, 所以不能保持熔池, 也就难以适应横焊、立焊、仰焊和全位置焊接的要求。为了得到良好的焊缝成型, 采用滑动的水冷铜滑块来强制成型^[2]。该方法虽然可以有效地控制焊缝成型, 但是, 这在无形之中增加了焊接成本, 同时该方法也受到所焊接工件的制约, 因此很难进行推广使用。

1 横向焊接存在的问题

1.1 焊缝成型不好

横向位置的焊接, 由于熔化金属的重力作用总是往下淌, 使焊层上下的厚度不均匀, 甚至发生上部咬边, 下部形成焊瘤, 难以成型。为了实现良好的横向焊接, 必须满足两个条件, 一个是要求熔滴能够从焊丝端头过渡到熔池中去, 另一个是熔池中的铁水能够保持住^[3]。

1.2 焊接效率低

横向焊接时, 由于受到焊接位置的限制, 焊接规范一般都比较小, 因为当焊接规范较大时, 由于焊丝的熔敷速度快和母材的熔深较大, 形成的熔池也比较大, 铁水过多, 这样熔池金属在重力的作用下, 容易向下流淌, 熔池不能保持, 这样就制约了焊接生产效率的提高。对于中厚度板材的焊接, 一般采用小规范多道多层焊接, 这样又增加了焊接缺陷形成的机会, 如夹渣、未焊透等。所以如何提高横向焊接时的焊缝成型质量、减少焊接缺陷的形成以及提高焊接生产效率成为焊接工作者研究的重点课题。

收稿日期: 2002-12-19。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50205001); 哈尔滨工业大学现代焊接生产技术国家重点实验室开放课题基金资助项目。

作者简介: 王军(1968-), 男, 副教授, 博士生。

2 横焊磁场控制焊缝成型的焊接工艺研究

2.1 磁场控制焊接技术的发展

长期以来,焊接工作者针对磁场对电弧的作用进行了不懈的研究.在20世纪七八十年代,国外的学者对磁场与电弧的相互作用进行了比较多的研究,如前苏联的基辅大学研究了纵向磁场作用下的薄板脉冲TIG焊接的熔池流动和细化晶粒规律,通过电场和磁场的相互作用控制熔池的凝固和结晶过程^[1];巴顿焊接研究所研究了低压等离子体在磁场中的收缩特性;英国利物浦大学的研究结果表明在磁场作用下电弧的旋转速度可以大大增加;德国汉诺威大学研究了磁场作用的焊接电弧行为与焊丝熔滴过渡的形成过程,指出各种形式的纵向磁场(直流、交流、脉冲)对MIG/MAG焊接工艺的不同影响^[4].在20世纪八九十年代,国内的学者对磁场在焊接过程中的应用也进行了研究,西安交通大学针对纵向间歇磁场对TIG焊接熔池的晶粒细化进行了深入的研究^[5];太原工业大学对双尖角磁场对等离子弧的二次压缩作用进行了出色的研究^[6].

2.2 横向焊接磁场控制焊缝成型的原理

横向焊接磁场控制焊缝成型工艺与传统的磁场控制焊接工艺有很大的不同,传统的磁控焊接工艺主要通过外加磁场控制焊接电弧,通过外加纵向磁场使电弧旋转,通过外加横向交变磁场产生电弧摆动使焊缝熔宽增加,熔深减少,以及通过外加磁场使熔池金属旋转,从而搅拌熔池,达到细化晶粒、改善焊缝性能等方面的目的.但是上述方法对在全位置焊接时由于重力引起的各种问题,诸如熔池金属下淌、焊缝下部形成焊瘤、焊缝上部形成咬边等却无法进行控制.作者则是利用外加磁场作用在熔池上,当熔池内部流过电流时,该电流与磁场相互作用,产生洛伦兹力作用在熔池金属上,可以通过控制磁场强度的方向、大小和熔池中流过电流的方向,在焊缝熔池的内部产生与重力方向相反的洛伦兹力,来抑制熔池金属的下淌,最终实现稳定的焊接过程和实现控制焊缝成型的目的.

如图1所示为横焊磁场控制焊缝成型的原理示意图.在横向焊接时,通过控制熔池中焊接电流的分布使之在熔池内部形成如图1所示焊接电流,磁场是通过在焊枪外部的同轴线圈产生的,磁场强度 B 的方向如图1所示.

这样焊接电流 I 和磁场 B 相互作用产生洛伦兹力 F

$$F = I \times B \quad (1)$$

F 的方向与重力的方向相反.这样就可以控制熔池金属的流动,达到控制焊缝成型的目的.

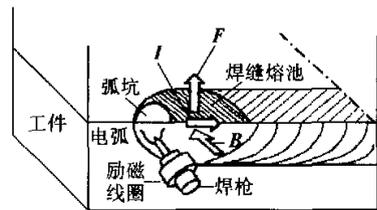


图1 横焊磁场控制焊缝成型的原理示意图

3 横焊磁场控制焊缝成型的试验研究

1) 试验条件:试验所需的焊机采用KEMPPi PROMIG5000焊机,该焊机最大输出电流500A;焊枪采用宾采尔500水冷直柄焊枪;磁场采用自制的同轴线圈,励磁电源采用0~30V可调的横压电源;磁场的测量采用CTA-3型特斯拉计;试验所用焊丝为H08Mn2SiA,直径为 $\varnothing 1.2$ mm,采用直流反极性接法;保护气体采用80%Ar+20%CO₂气体.

2) 磁场的施加以及分布情况:外加磁场是通过在焊枪喷嘴外面的同轴线圈来施加的.如图2所示.与其他弧焊控制方法比较,该控制技术具有附加装置简单、投入成本低、效益高等优点.另外轴对称的线圈具有许多优点:它易于制造,绕线作业比较容易;和其他类型线圈相比,每单位体积绕线所产生的磁场最大.正因为如此,采用轴对称线圈作为外加磁场.

为确定励磁线圈在焊接区域的分布,采用CTA-3型特斯拉计对焊接电弧区域的磁场的分布情况进行

了定量的测量,其在焊接电弧及附近区域磁场的分布见图3。图中 l 为距离励磁线圈中心的距离。

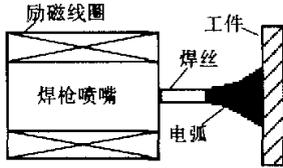


图2 磁场施加方式示意图

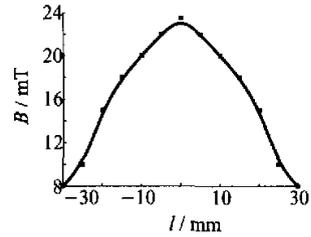


图3 励磁线圈产生的磁场分布

3) 试验方法:为了说明横焊磁场控制焊缝成型焊接工艺,分别做了不同规范下的短路过渡焊接的对比试验和不同规范下的脉冲焊接对比试验。焊接规范如表1所示。

表1 脉冲焊接和短路过渡焊接规范参数表

焊接方法	平均电流 / A	焊接电压 / V	焊接速度 / (m·min ⁻¹)	送丝速度 / (m·min ⁻¹)	干伸长度 / mm	气体流量 / (L·min ⁻¹)
脉冲焊接	172	31.6	0.30	6.0	20	12
短路过渡	192	23.6	0.30	5.6	20	12

4 试验结果分析

图4(a)为脉冲焊接时的焊缝照片,左半部分(图中标记7.5~11)为横向焊接没有外加磁场,右半部分为加有磁场的情况。图4(b)为没有磁场控制的焊缝横截面。图4(c)为施加磁场控制后的焊缝横截面情况。图5(a)为没有磁场控制时的短路过渡焊接时的焊缝照片。图5(b)为有磁场控制时的短路过渡焊接时的焊缝照片。图5(c)为没有磁场控制的焊缝横截面。图5(d)为施加磁场控制后的焊缝横截面情况。从中可以看出施加磁场之前,在焊缝的上部出现明显的咬边,而下部出现焊瘤。其原因是横向焊接时由于熔池金属的表面张力不能够抵抗熔池金属重力的作用;而且,当焊接规范越大,形成的熔池越大,上述现象越严重,因此横向焊接时的生产效率受到严重制约。而通过外加磁场控制之后,磁场与流经焊缝熔池的焊接电流相互作用,产生向上的洛伦兹力,该力作用在焊缝金属上,与表面张力一起抵抗熔池金属重力的作用,使焊缝上部的咬边和焊缝下部的焊瘤都得到了很好的控制。试验结果表明,无论是短路过渡还是脉冲喷射过渡,只要是熔滴顺利地过渡到熔池中去,磁场对焊缝成型的控制作用是一样的。

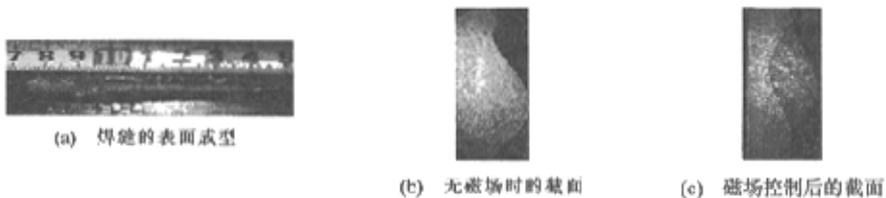


图4 脉冲焊接时的焊缝成型情况

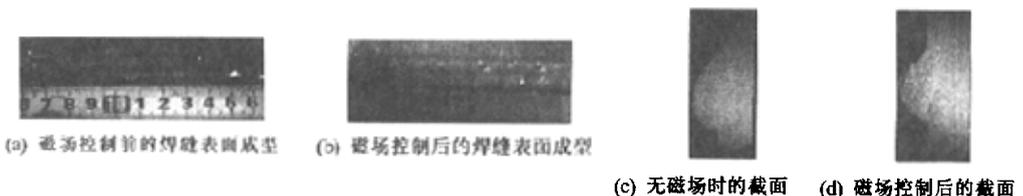


图5 短路过渡焊接时的焊缝成型情况

5 结 论

1) 横向焊接磁场控制焊缝成型焊接工艺通过外加磁场和控制焊接电流在焊缝熔池中的分布,使它们相互作用产生洛伦兹力,用来平衡由于重力引起的熔池金属下淌,从而可以有效地控制焊缝成型。

2) 横向焊接磁场控制焊缝成型焊接工艺可以提高焊接生产效率。由于外加磁场的作用,可以有效地控制熔池金属的流动,因此,可以采用较大的焊接规范进行焊接,从而可以使焊接厚板时的焊接层数减少,焊接时间可以缩短。

3) 横向焊接磁场控制焊缝成型焊接工艺在提高焊接生产效率的同时,还可以改善横向高熔敷率焊接时由于重力引起的焊缝下垂以及熔透偏心等现象。

4) 通过改变外加磁场可以方便地调整对焊缝成型的控制。

5) 磁场控制横向焊接焊缝成型焊接工艺同时还具有传统磁场控制焊接技术的优点,如电磁搅拌作用可以改善熔透情况以及提高焊缝金属的冶金性能等。

参考文献:

- [1] 陈文惠, 黄均仁, 董文军. 厚壁管道 MIG 全位置自动焊接国内外研究进展 [R]. 哈尔滨: 水电部电力建设研究所, 1982. 1-12.
- [2] 林忠厚. 浅谈输油(气)管道建设焊接技术 [J]. 焊接技术, 2002, 31(12): 5-9.
- [3] 殷树言, 张九海. 气体保护焊工艺 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1989. 180-190.
- [4] 阿勃拉格夫 M A. 电磁作用焊接技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998. 3-13.
- [5] 罗键, 贾涛, 殷威青. GTAW 外加间歇交变纵向磁场的数值计算及其对焊接行为的影响 [J]. 金属学报, 1999, 35(3): 330-333.
- [6] 赵彭生. 双尖角磁场再压缩等离子弧的物理特性及焊接工艺性能 [J]. 焊接学报, 1986, 7(1): 7-14.

Study on the Electromagnetically Controlled Horizontal Position MAG Welding Process

WANG Jun, CHEN Shu-jun, LU Zhen-yang, YIN Shu-yan

(College of Mechanical Engineering and Applied Electronics Technology,
Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: In horizontal position welding, the gravity makes molten metal flow downward and sometimes causes weld defects such as undercut and overlap. To solve this problem the authors propose a new welding process called electromagnetically controlled horizontal welding process and discuss its theory. The result shows that this process is practicable and realizes the aim of controlling weld bead shaping. During the short-circuit transition welding when the welding current is 192 A, there is no defect such as undercut and overlap. Therefore the welding efficiency is increased obviously, and the welding cycle is shortened during the multilayer welding.

Key words: horizontal welding; electromagnetic control; weld bead shaping