

[综述·专论]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.02.021

丝网焊接工艺研究现状

刘华荣¹, 何建萍^{1*}, 王付鑫², 宗小彦¹

(1. 上海工程技术大学 材料工程学院, 上海 201620; 2. 上海工程技术大学 基础学院, 上海 201620)

摘要:针对丝网焊前存在下料要求高、焊前清洗难、装配繁杂,以及丝网结构的特殊性造成接头金属熔化时润湿难、跳弧、结球等问题,研究了国内外丝网焊接工艺在焊接方法、焊接接头和装配方式等方面的发展动态。探讨了钨极氩弧焊、电阻焊、微束等离子弧焊等方法焊接丝网时的优缺点,研究了不同接头形式下的装配方式及其最优装配量的范围,得出在各种使用情况下不同的焊接方法所适合的接头形式。最后提出在丝网焊接过程中加入视觉传感技术等以提高焊接精度和生产效率是进一步研究的方向。

关键词:丝网;焊接工艺;接头形式;装配方式;微束等离子弧焊

中图分类号: TG456.2 文献标志码: A 文章编号: 1005-2895(2016)02-0094-05

Review on Mesh Welding Process

LIU Huarong¹, HE Jianping^{1*}, WANG Fuxing², ZONG Xiaoyan¹

(1. School of Material Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China;

2. School of Fundamental studies, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: It researched the mesh welding technology at home and abroad in welding method, welded joints and assembly methods, in order to improve the high requirement of baiting, difficult cleaning before weld, complex assembling, and the particularity of mesh structure led to hard to wet, jump arc, heading and other challenges when metal joints molting. It mainly discussed the advantages and disadvantages of TIG welding, resistance welding, micro-plasma arc welding and other methods welding mesh, and studied the assembly form and its size range of optimal assembly of different joint forms, and obtained suitable joint forms under different welding methods. The vision sensing technology is the further research direction to raise the precision and efficiency during the process of the mesh weld.

Key words: mesh; welding processes; joint form; assembly method; micro-plasma arc welding

丝网由丝线织成,是水、气、油及其他介质进行分离、过滤的必需工具^[1-17]。随着社会进步和科学技术的发展,丝网在航天、航空、石油、化工、机械、电子、纺织、印刷等领域内得到广泛应用^[2-9],使得丝网焊接成为十分活跃的材料加工业。但丝网是由丝线编织而成,丝网的分层结构和周期性分布使其焊接工艺具有一定的难度,焊接丝网得到成型良好、符合强度要求的优质焊点,成为制约丝网应用的一个重要的因素。目前我国对丝网的需求量非常大,并且越来越多地运用于高端产品及核心零部件^[11-20],由于我国的丝网焊接

工艺还存在一定缺陷,大部分优质的丝网焊接件都依赖于进口。因此,全面系统地了解当今国内外丝网焊接工艺的研究发展现状,为精密丝网焊接件的国有化提供基础,对把握丝网焊接工艺领域的研究发展方向和开展进一步研究工作具有指导意义。

1 丝网焊接的难点和特殊性

丝网是由丝线编织而成,其侧面结构如图1所示。丝网的分层结构和周期性分布使其焊接工艺具有以下特殊性和难点^[10-11]:①下料要求高,保证下料后边缘钢丝长度一致,且要保证丝网的平整度,否则会产生

收稿日期:2015-04-12;修回日期:2015-04-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51275283);上海市科委基础研究重点资助项目(14JC1402700);上海工程技术大学研究生科研创新项目(14KY0517)。

作者简介:刘华荣(1991),男,江苏泰州人,硕士研究生,主要研究方向为基于视觉跟踪的微束等离子弧焊接丝网工艺。E-mail: huarongliu1991@163.com

焊接缺陷。②丝网界面非常多,焊前对丝网清理难度大;接头金属熔化时难润湿,不易熔合^[12],降低焊点强度;丝线在焊接方向上分布不连续,金属丝熔化后形成的熔池难以充满间隙,接头处形成一系列不连续焊点。③丝网装配繁杂,焊接接头处要紧密对齐以保证接头处有充足的金属熔化,装配难度显著增大。④在焊接方向上,丝网的分层结构存在一定的高度差,材料表面某个区域两侧高度变化是突变的,导致焊接过程中出现跳弧现象。⑤丝网焊接处的缝隙率要求接近于母材的缝隙率,满足丝网材料功能要求。

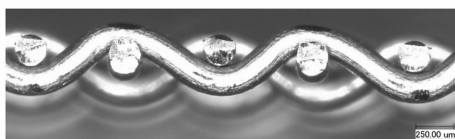


图1 丝网界面结构图

Figure 1 Interface structure sketch of mesh

2 丝网的焊接方法

丝网焊接方法需根据丝网焊接工艺难点来选择。由于丝网特殊的焊接接头结构,要求焊接的热输入为点输入即电弧端部截面半径很小,且要求焊接热输入较小。其次,不同的焊接方法在焊接精度和焊点成型方面都不相同,从而影响焊点的质量。因此,需根据不同使用环境和工作要求选择不同的焊接方法。国内外对丝网的焊接方法研究主要集中在钨极氩弧焊、电阻焊、等离子弧焊,也有少数人对丝网的激光焊和钎焊进行了研究。

钨极氩弧焊(TIG焊)的电弧为非约束性弧,成喇叭状,焊接热输入范围大,为面输入,焊接细丝网时不同位置接头的热输入不均匀,且易熔化非接头部位的丝线造成焊接缺陷。电弧无法在焊接电流很小时稳定燃烧,从而无法提供较小的热输入,因此不适合焊接功能性丝网、精细丝网。冒健国^[3,9]采用手工钨极氩弧焊单面焊双面成型的工艺,焊接过滤机的过滤系统中的零部件。为了提高焊接质量,在保证熔合的前提下尽可能的加快焊接速度减小焊点的热输入,同时采用铜垫板改善散热条件。采用了内胀夹紧装置且运用对称焊方式以减小焊后变形。虽焊成符合要求的丝网,但焊接过程复杂繁琐且并未解决不同位置的丝网接头热输入不均匀的问题。蒋守信^[6,24]等人采用钨极氩弧焊,焊接煤碳洗选加工行业中的不锈钢筛网,筛网由近似等腰三角形的筛条和支撑条搭接焊而成,目数较小,电弧中心与接头严格对中并逐点焊接,且电弧可稳定

提供该筛网所需的热输入,虽焊完修整后可满足使用要求,但由于筛条和支撑条之间的操作空间限制,需增加弧长长度进行焊接而易造成熄弧的后果。李文利^[13]等人运用TIG焊无纺布圆网烘干设备中的不锈钢圆网,采用使电弧稳定燃烧的最小电流7~8 A,局部装夹,一小段一小段地端接接头焊接并使用纯紫铜夹具快速散热。虽修整焊点后满足设计要求,但其实质上并未解决不同位置接头的热输入不均匀的问题,仍存在漏焊和钢丝熔断的现象。综上所述,钨极氩弧焊不适合精密丝网的焊接,不能解决点输入的问题且不能输出很小的热输入。但可用来焊接目数较小且筛条焊接背宽较大的筛网。

电阻点焊是国内外工业生产大丝径、小目数丝网的主要焊接方法。采用自动化设备连续焊接已排布好的金属丝,焊接效率高,经济效益较明显。但该焊接方法仅熔化接头的中心部位,焊点强度低,而且又局限于使用搭接接头,因而不适合用于焊接重要的精密丝网。赵熹华^[14]等人运用单周波多脉冲连续点焊不锈钢丝网与法兰盘内口,在整个内口圆周上约点焊800点,采用每圈16点定位。与原来的激光焊接相比,经济效益显著。虽特殊的定位焊顺序保证了丝网在法兰盘内口上分布均匀,焊点平整光滑,但薄丝网与厚度差较大的法兰盘点焊后,焊点的强度不够。李禹红^[15]采用电阻点焊在筒壁四周和法兰上紧密贴合丝径为 $\varnothing 0.5$ mm的不锈钢丝网,使用交流电焊机、小的焊接电流和短的通电时间,将丝网与筒体进行定位点焊,然后依次点焊环焊缝,再进行细丝网搭接的纵缝点焊,搭接接头的焊点易出现焊偏的缺陷,逐一点焊修复后达到使用要求。综上所述,电阻点焊主要应用于大丝径、小目数的丝网流水线生产以及丝网与板类材料的焊接。国外有一些焊接丝网设备的相关专利^[16-20],采用电阻焊进行连续自动化焊接。电阻电焊不适用于精密细丝网的焊接,焊接已排布好的细丝所获的焊点强度低,焊完的丝网因存在较大的应力易变形。

微束等离子弧焊能量密度高,焊接效率高。微束等离子弧是约束性电弧,弧柱根部截面半径很小甚至可达到微米级别,热输入范围小,且电弧可在电流小于0.1 A时持续稳定燃烧,热输入大小可控制在较小范围内,焊接精度高,特别适用于焊接超细、超薄的工件^[21-22]。葛志雄^[23]运用微束等离子弧焊接 $\varnothing 0.9$ mm丝径的不锈钢丝制成的圆筒甩干装置,焊缝质量已达到国外网类焊接产品等级,生产效率高,每个焊点直径接近 $\varnothing 0.9$ mm,而且焊点表面光滑。何建萍、王付鑫

等人对微束等离子弧焊接不锈钢丝网进行了深入地研究,申请了相关专利^[24-25];对微束等离子弧焊丝网过程中常见的缺陷进行分析,总结产生缺陷的原因并提出相应的预防措施^{[10]136-137}。王付鑫^{[11]129-130}等人通过改变焊接工艺参数,如焊接电流、焊炬高度、焊接速度、毛边对齐方式、焊枪对中程度等,分析各个参数对焊缝成型质量的影响。张红权^[26]采用微束等离子弧焊对直径0.5 mm不锈钢丝网进行焊接,控制搭接量并压紧两丝,焊点大小合适,表面光滑,满足要求。殷殿相等^[27]对多年采用微束等离子弧焊接的三十多种产品进行焊接工艺的分析 and 焊接费用的计算。微束等离子弧焊具有焊接过程稳定、接头质量高、重复性好、操作方便等特点,而且在满足装配要求的情况下,可达到或接近100%的成品率。焊接费用接近甚至低于常用的钨极氩弧焊、CO₂气保护焊和自动埋弧焊。由此可见,微束等离子弧焊特别适用于超细、超薄工件的精密焊接。

另外,由于丝网的界面多,因此丝网焊接的钎焊工艺复杂,焊接效率低。刘志英^[28]等人采用钎焊方法将细丝网紧密贴合在筒体上,丝径为 $\varnothing 0.8$ mm,筒体板厚1.5 mm,零件厚度相差大,焊接难度较大。焊前必须用特定溶液对钎缝仔细清洗,而后在接头部位均匀涂上配制好的膏状钎剂,继而进行定位焊、钎焊筒体纵缝,再钎焊环缝。用电烙铁沾上钎剂再沾上钎料后填满钎缝。整个过程繁杂,且膏状钎剂难以均匀涂在焊接接头处而易形成焊接缺陷。因此,实际工业生产中较少运用钎焊焊接丝网。

激光焊虽然焊接精度高,速度快,但焊接成本高,不适合小批量的精细丝网焊接。丁黎光等人^[29]采用YAG脉冲激光焊接丝网,通过精确控制激光参数提高丝网焊接效率和质量,克服了传统焊接汽油机排气净化装置金属丝网存在的问题,包络球体的丝网可以达到光滑圆整的焊缝,但其生产成本高昂,也很少用于实际的丝网焊接应用中。

目前,从丝网焊接方法的适应性和实用性可知,微束等离子弧焊的热输入为点输入且焊接热输入较小,为焊接精细丝网较为理想的焊接方法;钨极氩弧焊电弧拘束度低,与丝网接触为面接触,热输入较大,不适合高精密丝网的焊接;电阻点焊细丝网是不连续焊点的非连续焊,焊点强度低,且仅适用于搭接接头;激光焊的焊接成本高昂,不适合小批量的精细丝网焊接;钎焊生产率低,工艺复杂。国内外的焊接工作者已对各种丝网焊接方法及其提高焊点质量的措施进行了一定

的研究,主要围绕着如何保证热源中心与接头中心严格对中和如何确保接头所需的热输入量这两方面进行改善。已有的文献中对焊点的焊接质量表征的研究较少,几乎没有对细丝网精密焊接的研究,这些都是对丝网进一步研究所需要解决的问题。

3 丝网焊接的接头形式及装配方式

由于丝网自身结构的特殊性,焊接接头及装配方式也有一定的限制。丝网焊接的接头形式主要有:对接接头、搭接接头、角接接头和端接接头,不同的焊接接头形式的示意图如图2所示。不同焊接接头形式具有不同的特性,因而需根据丝网的直径、使用条件和焊接方法来选择接头形式和装配方式。

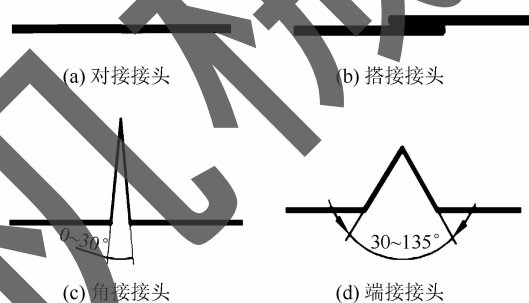


图2 丝网焊接接头形式

Figure 2 Welding joint form of mesh

对接接头与其他接头形式相比,具有装配难度低,焊后平整度高等优点,但熔池的金属量少,电弧中心需要严格对准接头中心且对热输入有严格的要求,热输入过大会导致烧穿,热输入过小易产生未熔合的缺陷。对接接头分为零间隙和间隙对接接头。零间隙对接接头适用于精密细丝网的焊接,可使用微束等离子弧焊和激光焊进行焊接;间隙对接接头可用于精度和强度要求较低的丝网焊接,可采用钨极氩弧焊进行焊接。在焊接丝网过程中,张道良^[30]采用对接接头、间隙填充丝焊对急冷过油器上的不锈钢丝网进行手工钨极氩弧焊,先在对接头间隙处快速堆焊,再用电弧对这些焊点快速加热,未焊到处,重复以上操作直到所有接头处全都焊满。这种焊点外观较差,难以保证精度,可用于要求不高的零部件焊接。冒建国^{[3]46}采用对接接头,窄间隙不填丝方式焊接2.0 mm丝网,丝网两接头留有0.5 mm间隙以保证不烧坏又确保熔透,定位焊缝长度为5~10 mm,间距为50~150 mm,获得较好的焊点质量。何建萍^[25]等人发明了一类新型的丝网焊接的对接接头,接头两侧的毛边交错伸入对侧的间隙中,并且相邻两根毛边紧密接触,伸入距离为丝径的1~2

倍,解决了因装配不当而引起的结球缺陷,增加了对接接头熔池的金属量且进一步降低了焊前装配难度。孙红权^{[26]23}采用微束等离子弧对 $\varnothing 0.5$ mm的不锈钢丝采用错边对接接头,适当的控制深入距离在0.5 mm左右,使用合理的焊接规范,焊点表面光滑。对接接头焊前的装配要求低、焊后无需附加的展平操作且丝网的平整度高。目前对零间隙的对接接头研究还比较少,间隙对接接头的填丝焊和不填丝焊采用合适的焊接参数均可得到符合使用要求的焊点。

搭接接头,端接接头和角接接头可解决对接接头熔池的金属量小的问题,且可输入稍大的热输入量,但焊前装配难度大,焊后丝网的平整度差,主要适用于无法达到较小热输入的焊接工况。

搭接接头与对接接头形式相比,熔池金属量较多,要求较好的控制搭接量,电弧中心可在搭接量的范围内变动,电弧中心对准接头中心的要求降低,但焊前装配难度大,焊后丝网的平整度较差。搭接接头可用微束等离子弧焊、钨极氩弧焊、激光焊、电阻焊和钎焊进行焊接。李禹红^{[15]37}采用搭接接头对不锈钢丝网进行点焊,首先将丝网与筒体定位焊,而后依次进行环焊缝,最终对细丝网的搭接纵缝进行点焊,焊点较大。刘志英^{[28]26}等人采用搭接接头对细不锈钢丝网进行钎焊,解决了细不锈钢丝网与厚度差较大的不锈钢筒体和法兰的焊接。郭晓东^{[5]55},蒋守信^{[6]23},孙玉涛^{[7]18}等人,采用搭接接头,筛条十字交叉装配形式氩弧焊点焊洗选煤业的不锈钢筛网,焊点质量符合使用要求。

端接接头和角接接头,其两丝网端部的丝线所形成夹角不同,端接接头角度较小,熔化后金属量较多;角接接头角度较大,熔化后金属量稍少。但这类接头的受力状况较差且对电弧中心对准接头中心的要求更高,常用于不重要的结构中。焊前、焊后需将不锈钢丝折起和展平,比较繁琐,但可避免因温度过高而熔断钢丝的缺陷,可用于无法达到较小热输入的钨极氩弧焊焊接细丝网,但由于操作繁杂不宜采用微束等离子弧焊和激光焊进行焊接。李文利^{[13]24}等人采用端接接头,钨极氩弧焊对45°不锈钢丝斜纹圆网拼接焊,获得符合使用要求的丝网焊接件。孙红权^{[26]22}采用角接接头对丝径为 $\varnothing 0.5$ mm的不锈钢丝网进行微束等离子弧焊,得到符合要求的焊点,但需附加焊前折起,焊后压下的操作。

从目前对焊接接头形式及其装配方式的研究可知不同接头形式的优缺点及其所适合的焊接方法,同时对不同接头形式下的装配方式及其最优装配量范围也

进行了研究。由于丝网的特殊结构使焊前装配难度大,因此简化焊前装配且提高焊接质量的新接头形式和装配方式是日后的研究方向。

4 结语

自20世纪80年代以来,焊接工作者针对丝网焊接过程中存在的独特难点,尝试了不同的焊接方法、焊接接头及装配方式,最终获得符合使用要求的焊点。目前丝网焊接工艺的研究已经取得一定的进展,但由于丝网具有分层结构和周期性分布的特殊性,丝网的焊接精度还没法保证,从而影响了焊接质量,尤其是精密丝网的焊接质量。在丝网焊接过程中加入视觉传感技术,从而实现丝网焊接的高成品率,高焊接精度和高生产效率,以解决丝网焊接工艺目前存在的焊接难题,是今后的发展趋势。

参考文献:

- [1] 吴文超. 不锈钢微丝及丝网的生产与发展[J]. 金属制品, 2001, 27(4): 17-19.
- [2] 汪义川, 李凤仙. 不锈钢丝网印刷版制作工艺[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 1992, 12(2): 101-103.
- [3] 曾建国. SUS305 薄层过滤网焊接工艺[J]. 焊接技术, 1993(5): 45-46.
- [4] 袁柏发. 筛网及其生产[J]. 丝绸, 1994(12): 53-55.
- [5] 郭晓东, 林放. 使用氩弧焊焊接不锈钢条缝筛板的优越性[J]. 山西机械, 2003(3): 55-56.
- [6] 蒋守信, 于秀丽. 新型自动氩弧焊机在不锈钢筛网焊接中的应用[J]. 矿山机械, 2003, 31(9): 59-60.
- [7] 孙玉涛, 闫晓芳, 王兆申, 等. 氩弧焊焊接工艺在不锈钢筛网生产中的应用[J]. 选煤技术, 2006(6): 18-20.
- [8] 叶洪勋. 不锈钢丝网的特性及应用[J]. 丝网印刷, 2000(3): 22-26.
- [9] 高明灯, 周灵展, 彭银江, 等. 带过渡丝网的钢顶耐热铝活塞研究[J]. 铁道机车车辆, 2011, 31(增刊1): 381-383.
- [10] 何建萍, 王付鑫, 向锋, 等. M-PAW 焊接不锈钢筛网的工艺特殊性 & 缺陷分析[J]. 热加工工艺, 2010, 39(7): 134-137.
- [11] 王付鑫, 何建萍, 向锋. 微束等离子弧焊焊接不锈钢筛网的研究[J]. 热加工工艺, 2010, 39(1): 128-130.
- [12] 闫久春, 王小峰, 吕连山, 等. 飞机发动机滤油网组件的高频脉冲微束等离子弧焊[J]. 焊接, 1997(4): 8-10.
- [13] 李文利, 李春国, 王国俊, 等. TIG 焊在纺织机械不锈钢圆网制造中的应用[J]. 焊接, 2002(2): 23-25.
- [14] 赵惠华, 冯吉才, 蔡七雄. 不锈钢丝网与法兰盘内口的多脉冲连续点焊[J]. 焊接, 1989(8): 9-20.
- [15] 李禹红. 不锈钢丝网的点焊[J]. 新疆农机化, 1997(1): 37-39.
- [16] BREMS J H, MAREIS H. Wire mesh welding machine: US, 2,810, 817[P]. 1957-10-22.
- [17] GOTT H, RITTER J, RITTER K, et al. Wire mesh welding machine: US, 3, 588, 417[P]. 1969-9-12.