

中部槽双面双弧打底焊工艺研究

王欢乐 史啸妍 谢渭莉

西安重装蒲白煤矿机械有限公司 陕西 渭南 715517

摘要: 针对中部槽的焊接问题,通过采用双面双弧打底焊新工艺,结合试验方法与材料,深入分析该焊接工艺的特点与优势,并通过试验设计,对电弧与熔池形态、组织、硬度等进行观测。最后,对焊接接头性能进行评估,得出该工艺在实际应用中的可行性与优势,极大地提高了焊接效率以及焊接质量。

关键词: 中部槽; 双面双弧; 打底焊

前言

中部槽作为煤矿机械中的重要组成部分,其制造质量和效率直接影响着煤矿生产的安全和效益。在中部槽的制造过程中,焊接工艺属于一个关键环节,传统的焊接方法虽然能够满足基本的焊接需求,但在焊接效率、焊接质量等方面存在不足,而双面双弧打底焊工艺因其焊接效率高、焊缝质量好等优势得到广泛应用。但是,在实际操作中,双面双弧打底焊工艺对焊接设备、焊接材料、操作人员等有着极高的要求,一旦出现偏差则会引起焊接缺陷以及变形等问题。对此,本研究旨在对中部槽双面双弧打底焊工艺进行深入研究,分析该工艺原理和特点,明确其适用范围和优势,并通过试验验证双面双弧打底焊工艺。

1 双面双弧打底焊工艺概述

双面双弧打底焊工艺是在工件的两面同时施焊的一种焊接方法,具体而言,主要是采用两个同种或异种电弧在工件的两面同时进行焊接,从而实现双面同时熔合,形成高质量的焊缝^[1]。

双面双弧打底焊工艺具有较高的焊接效率,通过在工件的两面进行焊接,可以有效提高焊接效率,与传统单面焊接相比,极大地减少焊接时间;焊缝质量高,双面双弧打底焊工艺焊接的焊缝,其熔合更加均匀,能够有效减少焊接缺陷的发生,并且可以加大熔池的搅拌能力和熔池的流动性,进一步提高焊缝质量;双面对称焊接、焊接变形小,从而保持工件形状和尺寸的精度,在一定程度上减少后续加工量;有效降低能耗与成本,该工艺减少了清根与多次预热工序,可以适当缩减成本;便于自动化焊接,该工艺工序大大简化,基本消除人为干预工序,更符合自动化焊接的要求,有助于提高焊接的自动化水平^[2]。

2 试验设计

在进行焊接工艺试验时,选择符合试验要求的试板,其长、宽、厚分别为800mm、200mm、50mm。为了结合实际生产过程的适应性及经济性,本设计采用K型坡

口,坡口角度设定为45°,钝边采用0至2mm,这样的设计有助于确保焊接过程中焊缝的均匀性和熔透性问题。同时,考虑装配间隙,将其设定为2至3mm,确保打底焊道熔合优良,组织均匀,机械性能符合接头设计要求。

在该试验中,采用高强度耐磨钢板(型号NM450),其化学成分包括碳、硅、磷、锰、硫、铬、镍、钼,其含量分别不大于0.3%、0.7%、0.02%、1.6%、0.01%、1.1%、0.8%、0.55%。高强度耐磨钢板的抗拉强度为大于1250MPa,延伸率为大于等于7%,-20℃冲击吸收能量(纵向)KV₂为24J。因为本高强度耐磨钢板与普通结构钢不同,是具有高硬度、高强度的钢板,在进行焊接时,为了防止出现裂纹,必须特别小心。裂纹(低温裂纹、延迟裂纹)在大多数情况下,都是焊接金属中含有的氢气向母材扩散引起的氢致裂纹。因此焊接材料应选择用低氢系、超低氢系的焊接材料。焊接前、后应做相应的预热保温,更切实防止裂纹的产生。

焊丝采用Φ1.2 ER69-1, MAG焊采用(Ar)80%+(CO₂)20%的气体保护,在打底焊焊接过程中,采用对接横焊的方式,确保焊缝的强度和稳定性。在打底焊阶段,分别在试板的正反面各使用了一台TimeTwin Digital 5000数字化逆变焊接电源进行摆动焊接。为了确保焊接质量,对于双电弧之间的间隔,将其严格控制在20至50mm之间,如果电弧间距过小,热影响区及焊缝区的温度会过高,从而损害焊缝的质量;反之,如果间距过大,后续保护气体无法有效保护前一次MAG焊形成的焊道,使部分焊缝裸露在空气中,同样会影响焊接质量。打底焊焊接电流后面电流应大于前面电流,前面小电流可以避免因工件偏差及集配间隙的不均匀性,造成烧穿,后侧电流偏大,可以解决部分前道打底焊未熔透的现象。

3 试验结果

3.1 电弧、熔池形态观测

在双面双脉冲MAG弧焊接的复杂工艺中,通过精

密的CCD相机技术,捕捉电弧和熔池在焊接过程中的实时动态变化,以深入了解焊接的过程,并确保焊接质量的精确控制。在最大功率下,双面双脉冲MAG焊的电弧呈现出明亮而稳定的形态,其钟形结构清晰可见,显示出焊接过程中能量的高度集中和高效利用。这种形态的电弧确保焊接区域能够充分加热,促进焊接材料的熔融。熔池是焊接材料熔融后形成的液态区域,其形状和大小直接影响焊接接头的质量。基波电流条件下,双面双脉冲MAG焊中熔池呈现出清晰而稳定的形态,其边缘规整,没有明显的飞溅或缺陷,表明焊接过程中焊接参数得到精确控制,确保熔池的稳定性和焊接质量。在不同情况下,通过对比双脉冲MAG焊的电弧形貌与熔池形态,可以更加清晰地看到焊接过程中电弧和熔池的动态变化,以及这些变化如何影响焊接质量。值得注意的是,在两侧双重MAG弧焊中,两个电弧之间保持一定的间隔距离,可以确保两侧焊缝独立完成焊接过程,避免相互干涉和偏弧现象的发生。同时,在焊接过程中,由于无基极电流的覆盖,熔池内的温度会暂时降低,但这并不会对焊接质量产生负面影响,反而有助于控制焊接热输入,避免焊接接头出现过热或烧穿等缺陷。该焊接方法与MAG焊在电弧形态上相似,但熔池形态却呈现出稍长的椭圆形,有利于焊接材料的充分混合和扩散,从而提高焊接接头的强度和韧性^[3]。

3.2 组织观测

在研究MAG焊接技术时,采用5%的硝酸乙醇水溶液对单个MAG焊接点进行精细的显微组织分析,包括对焊接点的抛光处理以及对其微观结构的观察。显微形态下,单一电弧焊焊缝区及粗晶区清晰可见由粗片带状马氏体构成的独特结构。在MAG焊接接头及粗晶区的形成过程中,由于焊接过程中的快速降温以及碳弧清根作用,接头处形成显著的淬火硬化区域。

在双面MAG焊接接头宏观接头观察中,焊缝中并未出现气孔、裂纹、未熔合、夹渣等常见的焊接缺陷,焊接接头两侧的热影响区宽度均为3mm,其下部焊道为前焊道,上部为后焊道,而中部则是两个焊接道共同受热的重热区。接近板边缘的前焊道形成显著的柱状晶,而后焊道周围则因后焊道的热效应而呈现出等轴晶的组织形态,这种组织形态的变化反映了焊接过程中温度分布和冷却速率对材料微观结构的影响^[4]。

在双弧焊粗晶区光学金相显微镜观察中,中焊缝区含有大量的板条型钢结构(AF),这些结构在光学金相显微镜下呈现出极细且互相“联锁”的片状形态。针状铁素体作为中温转变的产物,其生成和生长过程受到

合金元素种类和冷却速率等多种因素的共同影响。合金元素的作用主要是限制先共聚铁素体(PF)和侧面板条(FSP)的生成,而冷却速率则决定了铁素体的生长形态和数量。在降温速率适中的情况下,有利于AF的生成;当降温速率过低时,则有利于粒子的生成和表面活性剂的析出;而快速降温则会导致马氏体相变(LF)与马氏体(M)相的析出^[5]。这种基于马氏体的针状铁素体实际上是一种贝氏体组织,它以其极高的强韧性能而著称。经过细致的金相分析,确认双电弧复合焊缝的显微结构质量优良,未出现如魏氏组织等有害结构。

3.3 温度场测量

在厚钢板底部焊缝的制造过程中,其微观结构的形成和演变直接关系到焊接接头的强度、韧性和耐久性。为了更精确地掌握焊接过程中的热循环特性,特别是与冷却速率相关的参数,通过对双弧焊熔合区的热循环进行深入分析,并与传统的单弧焊接工艺进行对比。在高强度钢材的焊接过程中,熔合区的热损伤问题尤为突出。过大的线能量输入容易导致材料过热度过高,从而可能引发焊接缺陷;而过小的线能量则可能使材料经历快速的淬火相变,影响焊接接头的性能。焊缝及其热影响区作为整体连接的最脆弱区域,其性能的好坏直接关系到整个焊接结构的安全性和可靠性,而高强钢材的熔合区失效往往集中在这一区域。

焊缝金属的凝固速率不仅影响其微观结构的形成,还与扩散氢含量及应力状态等因素密切相关。因此,精确获取焊接过程中的热循环特性对于准确计算温度场及应力场分布、预测焊接接头的性能具有至关重要的意义。为了实现这一目标,采用先进的温差电偶测温技术,对单层MAG与双层MAG焊熔合区周围的温度场进行详细的实测。

如图1所示,在单电弧MAG焊接中,热循环曲线通常呈现出明显的单峰值特征。熔合区周围的降温速率(t_a)通常小于10秒,这种快速的冷却过程可能导致热影响区奥氏体相变马氏体未完成“自回火”或马氏体未完全分解,从而降低熔合区的冲击韧度。为了解决这一问题,采用双面MAG焊接技术。通过对比发现双面MAG敷贴后焊道熔合区的热循环曲线具有两个明显的峰值,第一个峰值较大,为后焊道的焊接提供了预热效果,有助于降低焊接接头的残余应力和裂纹敏感性;而第二个峰值较小,其影响程度取决于两个电弧的间距、前弧的热量以及起始的温度等因素。此外,从待测点的降温速率来看,前焊道由于预处理而减缓了降温速率,使得相对于单电弧MAG焊,其冷却时间增加了10—20秒。这一变化

不仅促进了扩散氢气的逃逸,降低了焊接接头和热影响区中的渗氢量,而且改善了焊接接头的抗开裂能力。

如图2所示,在双面MAG焊接前焊道熔合区热循环中,同样观察到了两个峰值。当加热温度及热量保持不变时,两峰之间的谷温由两侧的间距决定,间距越大、谷温越低。在低温(<400℃)和前期最高温(400℃)下,局部马氏体相变以低温相变的形式瞬间发生。这一过程中,只有一小部分马氏体发生相变,剩余部分为过冷奥氏体。如图3所示,当后电弧到来时,尽管前焊道经历了第二次加热,但其最高温升远低于1100℃,这使得焊缝中的晶粒难以生长。

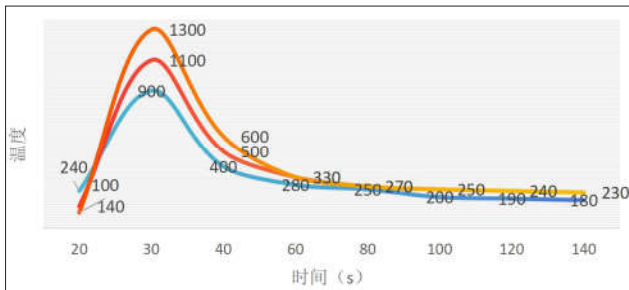


图1 单弧MAG热循环曲线

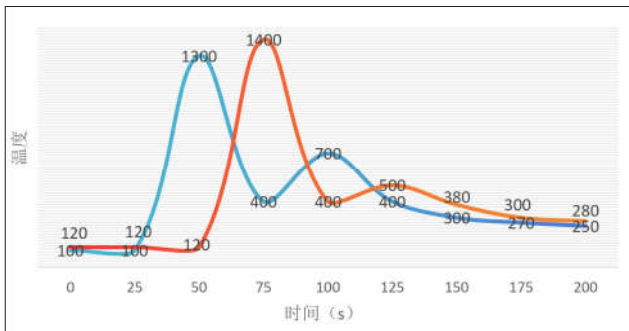


图2 双面双弧(前焊道)热循环曲线

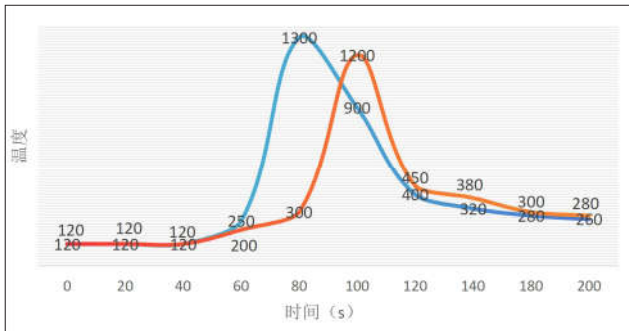


图3 双面双弧(后焊道)热循环曲线

3.4 硬度检测

为了全面评估单、双电弧焊接接头的显微硬度特性,采用HXD-1000TM数字显微硬度仪,设定100g的负载和10秒的加载时间。测试结果显示,不论是单一MAG焊接接头还是双重MAG打底焊接接头,其硬度最大值均

出现在粗晶区,焊缝区的硬度也相对较高,而非正火区的硬度则为最小。在焊缝区及过热区区域,单一MAG焊接接头的硬度略高于双面焊接接头,这一现象可能与焊接过程中焊接接头表面的温度分布有关。由于单面MAG焊接接头的淬火速率较高,导致其淬硬率也相对较高。相比之下,双面MAG焊接接头由于前弧和后弧之间的热量效应叠加以及热量累积效应的影响,使得焊接过程中的温度梯度较小,从而降低其淬火趋势。

两种MAG焊接接头的表面硬度最大值都出现在粗晶区,且焊缝区的硬度普遍高于母材^[6]。然而,无论是单独焊接还是粗晶区,双面MAG焊接接头的硬度均低于单一MAG焊接接头,这进一步证实了双面焊接接头的淬火趋势小于单面焊接接头。整体而言,采用单面熔化极气体保护焊接工艺生产的焊接接头在热影响区展现出较高的综合强度,而多道焊接接头由于焊接过程中热量分布更为均匀,因此其强度也相对较高。双弧焊接技术通过其独特的热量效应和累积效应,有效降低了焊接过程中的温度梯度,从而减少了淬火趋势,为焊接接头提供了更加优异的性能。

结语:中部槽双面双弧打底焊工艺研究旨在探索和优化中部槽焊接过程中的双面双弧打底焊技术,以提高焊接效率和焊接质量。通过试验分析,发现双弧之间未存在干扰,且根部具有较好的熔合性;双弧焊温度场的结构为双峰结构,应采用较低的冷却速率,两种电弧交互加热,提高了焊接的组织质量,并降低硬度,表明双弧的淬硬率较低。通过系统分析,证明该工艺在中部槽焊接中具有较高的可行性以及优势。

参考文献

- [1]张弛一克,袁飞,王南南,等.船舶厚板T形角焊缝双面双弧焊接仿真及质量提升研究[J].工程机械,2023(08):53-60+8.
- [2]林华益.20mm厚度AH36钢板双面单道双丝埋弧焊工艺评定[J].机电技术,2022(01):57-59.
- [3]钟雯,宋永生,丁幼亮.单/双焊接构造对钢桥面板焊接节点残余应力的影响研究[J].金陵科技学院学报,2023(02):52-57.
- [4]杨环宇,徐信坤,巴现礼,等.低功率激光-双电弧焊接钛合金中厚板工艺及机理[J].机械制造文摘(焊接分册),2023(03):1-8.
- [5]董自虎,胡剑.某高强钢焊接工艺分析[J].材料开发与应用,2023(03):12-16.
- [6]付玉鹏,张国华,单柏荣.浅谈电弧焊仰板单面焊双面成型操作手法及质量控制[J].科学技术创新,2023(06):25-28.