

MAG焊在石化装置钢制储罐及管道焊接中的工艺特点与焊接缺陷防治策略

栗文超 王青红

中石化南京工程有限公司 江苏 南京 210046

摘要:本研究深入剖析了金属活性气体(MAG)焊接技术在石化行业钢制储罐与管道焊接中的应用,系统分析了其工艺特性,并对焊接缺陷的成因进行了深入探讨,进而提出了相应的预防与控制策略。研究旨在提升石化装置焊接作业的质量,确保生产过程的安全稳定,为理论研究与实践操作提供指导。

关键词: MAG焊;石化装置;钢制储罐;管道焊接;焊接缺陷

1 引言

在石化工业领域,钢制储罐与管道作为核心设施,其焊接质量直接关系到装置的安全性、稳定运行以及使用寿命。熔化极活性气体保护焊(MAG焊)由于其焊接效率高和焊接质量优良,在石化行业中得到了广泛的应用。MAG焊采用氩气与二氧化碳的混合气体作为保护介质,该技术特点在于其焊接速度较快、熔敷效率较高以及焊缝成形质量较优。然而,焊接工艺参数选择不当或操作失误可能会导致焊接缺陷的产生,进而影响焊接质量。因此,深入研究MAG焊的工艺特性,并制定相应的焊接缺陷预防与控制策略,对于提高焊接质量具有极其重要的意义。

2 MAG焊在石化装置钢制储罐及管道焊接中的工艺特点

2.1 焊接效率高

熔敷速度快:金属活性气体(MAG)焊接技术因其较高的电流密度,使得焊丝的熔化速率显著提升,进而实现了在单位时间内更高的金属熔敷量,有效提升了焊接作业的效率。以石化行业中钢制储罐壁板的焊接为例,相较于手工电弧焊,MAG焊接技术可将熔敷速率提升2至3倍。这一优势在大型储罐和长距离管道焊接项目中尤为明显,能够显著缩短焊接施工周期,并降低整体工程成本。

焊接速度快:鉴于金属活性气体(MAG)焊接技术的电弧能量高度集中,其焊接过程表现出显著的稳定性,从而能够实现较高速度的焊接作业。在确保焊接品质不受影响的基础上,相较于某些传统焊接技术,MAG焊接技术可提升焊接速度30%至50%。该技术的快速焊接能力不仅显著提升了生产效率,而且减少了焊接过程中的热输入量,进而降低了焊接变形的风险。

2.2 焊缝质量好

保护效果佳:金属活性气体(MAG)焊接技术采用的活性气体保护措施,能够有效地隔绝空气,防止焊缝金属遭受氧化和氮化作用。此外,活性气体中的特定成分能够参与冶金反应,从而优化焊缝金属的化学成分和组织性能。例如,二氧化碳(CO_2)气体在高温环境下分解产生的氧原子能够与焊缝中的碳元素发生化学反应,减少焊缝中的碳含量,进而提升焊缝的韧性与抗裂性。

电弧稳定性好:在活性气体环境下,金属活性气体(MAG)焊接技术呈现出稳定的电弧燃烧特性及较低的飞溅率。该技术确保了熔滴过渡的均匀性,从而提升了焊缝的美观度和表面平整度,并确保了焊缝内部结构的高质量。X射线探伤结果表明,采用MAG焊接技术完成的钢制储罐和管道焊缝中,一级焊缝的比例超过80%,满足了石化装置对焊接质量的严格要求。

2.3 适应性强

对不同位置焊接的适应性:金属活性气体(MAG)焊接技术在多种焊接位置上展现了其卓越的作业能力,其应用范围广泛,不仅限于平焊和立焊等常见位置。在石化设备施工领域,钢制储罐与管道的焊接位置往往复杂且多变,这对焊接技术提出了更高的要求。MAG技术凭借其灵活性和适应性,能够应对各种不同的焊接需求,并确保焊接质量的稳定性。以管道全位置焊接为例,通过精细调整工艺参数和优化操作技巧,MAG技术能够实现高质量的焊接接头,从而满足石化设备施工中对焊接质量的严格要求。这种技术的应用不仅提高了焊接作业的效率,还大大降低了因焊接质量问题导致的设备故障风险,为石化设备的安全稳定运行提供了有力的技术保障。

对不同材质的适应性:金属活性气体(MAG)焊接技术,作为一种先进的焊接技术,广泛应用于多种钢

材的焊接作业中,尤其适用于碳钢、低合金钢等石化装置中常用的钢材类型。针对不同强度等级以及化学成分的钢材,通过精心选择和适当调整焊接材料以及工艺参数,可以有效地实现高质量的焊接接头性能。这种焊接技术的广泛适应性,使得它在石化装置的构建、安装以及后期的维护和修理过程中,都扮演着至关重要的角色。

2.4 易于实现自动化

自动化焊接系统的应用:随着自动化技术的不断进步,金属活性气体(MAG)焊接技术已能够与自动化焊接设备实现有效整合,例如焊接机器人、自动焊接小车等。在石化工业中,大型储罐和长输管道焊接作业采用自动化MAG焊接技术,显著提升了焊接质量的稳定性与生产效率。自动化焊接系统通过精确控制焊接速度、电流、电压等关键参数,有效降低了人为操作误差对焊接质量的负面影响。

提高焊接质量稳定性:金属活性气体(MAG)焊接技术通过预设程序的执行,确保了焊接参数的稳定性,从而保障了焊缝质量的稳定性和可靠性。例如,在储罐环形焊缝的焊接过程中,采用自动焊接小车进行MAG焊接,能够显著提升焊缝尺寸的精确度,降低焊接缺陷的发生率,进而提高储罐焊接的整体质量。

3 MAG 焊在石化装置钢制储罐及管道焊接中常见的焊接缺陷

3.1 气孔

氢气孔形成机理:在金属活性气体(MAG)焊接过程中,焊接区域内的水分、油污等杂质在高温作用下分解产生氢气。该氢气溶解于熔池金属中,若焊接冷却速率过快,氢气未能及时逸出,将在焊缝中形成氢气孔。例如,若焊丝表面的防锈油未彻底清除,或焊接环境湿度较高,均可能诱发氢气孔的形成。

氮气孔形成机理:在MAG焊接过程中,若保护气体流量不足或保护气层受到破坏,大气中的氮气将侵入焊接熔池,导致氮气孔的形成。在施工现场,当风力较大时,若未采取适当的防风措施,保护气体易被吹散,使得熔池失去保护,从而增加氮气孔出现的风险。

3.2 裂纹

热裂纹:在焊接过程中,焊缝金属属于高温环境下凝固时,由于收缩应力及低熔点共晶物的存在,易产生热裂纹。特别是在焊接高强度钢或含有较多杂质的钢材时,热裂纹的倾向性显著增加。例如,焊缝中硫、磷等杂质含量较高时,会形成低熔点共晶物,在焊缝凝固收缩过程中,这些低熔点共晶物易被拉开,从而形成热裂纹。

冷裂纹:冷裂纹通常在焊缝冷却至较低温度时产

生,其形成主要与焊缝中的氢含量、焊接接头的拘束应力以及钢材的淬硬倾向性相关。在焊接厚壁钢制储罐或管道时,由于焊接接头的拘束度较大,焊缝冷却速度快,易产生淬硬组织,此时若焊缝中的氢含量较高,则易引发冷裂纹。

3.3 未熔合与未焊透

未熔合:未熔合缺陷是指焊缝金属与母材之间或焊缝层间未实现完全熔化结合的状态。其产生的主要原因包括焊接电流不足、焊接速度过快以及坡口表面存在杂质等。例如,在焊接作业前,若坡口表面的铁锈、油污等杂质未彻底清除,将影响焊缝金属与母材的熔合效果,从而导致未熔合缺陷的产生。

未焊透:未焊透现象指的是焊接过程中接头根部未能实现完全熔透的状态。该现象的成因可能涉及焊接电流不足、钝边厚度较大、接头间隙过小等因素。在管道对接焊接作业中,若钝边的厚度超出一定范围,且焊接电流不足以熔化整个钝边,便可能产生未焊透现象。

3.4 飞溅

短路过渡飞溅:在金属活性气体(MAG)焊接的短路过渡阶段,熔滴与熔池接触引发短路时,由于电磁力的作用,会产生显著的飞溅现象。若焊接参数配置不当,例如电流与电压的匹配不适宜,会加剧飞溅现象。具体而言,若焊接电流过高或电弧电压过低,短路电流的增速过快,将导致熔滴的爆断,进而产生大量飞溅。

颗粒过渡飞溅:在颗粒过渡模式下,熔滴以较大的颗粒形态向熔池过渡,由于熔滴尺寸较大,过渡过程中与熔池的冲击作用较为强烈,亦会导致飞溅的产生。此外,保护气体的组成及流量对颗粒过渡飞溅同样具有影响,例如,二氧化碳(CO₂)气体含量过高,会使得飞溅现象加剧。

4 MAG 焊在石化装置钢制储罐及管道焊接中焊接缺陷的防治策略

4.1 气孔防治策略

准备工作:在焊接作业开始之前,必须对焊接件和焊接材料进行彻底的清理。具体而言,需要去除焊接件表面的氧化铁皮、油脂、水分等杂质,这可以通过机械打磨或化学清洗等方法实现。对于焊接材料,即焊丝,亦需确保其表面无油脂和氧化层。此外,控制焊接环境的湿度至关重要,若环境湿度超出标准值,则应采取相应的降湿措施,例如使用除湿设备或暂停焊接作业。

参数优化:精确设定焊接参数,包括电流、电压及焊接速度,对于确保熔池中气体的充分逸出具有至关重要的作用。降低焊接速度能够延长熔池的停留时间,从

而促进气体的排出。在选择保护气体流量时,需根据焊接位置和工件的厚度进行适宜的调整,例如在水平焊接条件下推荐使用15-20升/分钟的流量,而在垂直或仰面焊接条件下则推荐使用20-25升/分钟的流量。在多层焊接过程中,控制层间温度是避免氢气重新溶解的关键因素。

4.2 裂纹防治策略

焊接材料质量控制:选取具备高可靠性的焊接材料,确保其化学成分满足既定标准,同时杂质含量应控制在较低水平。针对高强度钢的焊接作业,宜选用与母材相匹配的低氢型焊接材料,以降低焊缝氢含量。此外,对焊接材料执行严格的检验与妥善保管措施,避免材料受潮或变质。

焊接工艺优化策略:通过控制焊接过程中的热输入量,采用低线能量焊接技术以降低过热现象。对于易产生热裂纹的钢材,通过提高焊缝成形系数,构建宽而浅的焊缝形状,以预防裂纹的产生。在焊接厚重构件时,建议实施预热和后热处理。预热处理有助于减缓冷却速率,减少淬硬组织的形成;后热处理则促进氢气的扩散,降低其含量,从而有效预防冷裂纹的产生。

4.3 未熔合与未焊透防治策略

对焊件装配质量实施严格控制:在焊件装配过程中,必须确保坡口尺寸满足规定要求,钝边厚度及间隙尺寸需保持均匀一致。针对管道焊接作业,对口间隙应依据管径大小及焊接工艺的具体要求进行适当调整,通常设定在2至4毫米范围内。同时,确保焊件的错边量控制在可接受的限度内,以防止因错边度过大而对焊接质量产生不利影响。

优化焊接工艺参数:选取适宜的焊接参数对于工件的性能属性具有决定性影响。适度提升电流强度能够增强电弧的穿透能力,然而电流强度过高可能会引发缺陷。焊接速度需保持在适宜范围,以确保工件得到充分的加热与熔合。在操作过程中,应注重焊条的使用技巧,确保电弧能够均匀覆盖坡口区域,从而避免出现未熔合和未焊透的现象。

4.4 飞溅防治策略

优化焊接参数匹配:为降低焊接过程中的飞溅现象,必须精确调控电流与电压以确定最优匹配参数。研究揭示,在不同焊丝直径及焊接位置条件下,适宜的电流与电压范围能够有效控制短路电流的增长,从而减少由熔滴爆断所引发的飞溅现象。例如,在采用1.2mm焊丝

进行平焊作业时,电流宜控制在100至150安培之间,电压则应维持在18至22伏特。

选用适当的焊接设备与技术:选择性能稳定、具备优异动态特性的焊接电源,对于有效减少飞溅具有显著效果。一些具备智能化控制功能的先进焊接设备,能够根据焊接过程中的实时数据自动调整焊接参数,从而降低飞溅率。此外,采用脉冲金属活性气体(MAG)焊接技术,通过精确控制脉冲电流的幅度与频率,实现熔滴的可控过渡,可显著减少飞溅。

5 结论

金属惰性气体(MAG)焊接技术因其焊接效率高、焊缝质量优良、适应性广泛以及易于实现自动化控制等工艺特性,在石化装置钢制储罐及管道焊接领域展现出显著的技术优势。然而,在实际焊接操作过程中,气孔、裂纹、未熔合、未焊透以及飞溅等焊接缺陷的出现仍难以完全避免。

为减少焊接缺陷并提高焊接质量,应采取预防和控制措施,如清理焊件和焊丝、优化焊接参数、控制材料质量、监控装配质量及匹配焊接参数。石化装置建设与维护中,焊接技术人员应深入理解MAG焊接技术,执行工艺规范,加强质量监控,确保钢制储罐和管道焊接质量,为石化工业安全稳定运行提供技术支持。随着焊接技术的发展,未来需深入研究更先进的焊接工艺和缺陷预防技术,以满足石化行业对高质量焊接作业的需求。

参考文献

- [1]罗锋,王勇,何成鑫.大型容器支承架ZQ460高强度脉冲MAG焊工艺及接头组织性能研究[J].电焊机,2024,54(12):107-112.
- [2]吴兴欢,赖春明,彭思涵.MH600DP与MH540FB双相钢MAG焊接性研究[J].金属加工(热加工),2024,(12):34-39+44.
- [3]吕小青,苏浩洋.基于VMD的MAG焊输入端电信号频域分析[J].天津大学学报(自然科学与工程技术版),2024,57(04):394-402.
- [4]王铎.22MnB5热成形钢MAG焊和激光焊工艺及组织性能研究[D].吉林大学,2023.DOI:10.27162/d.cnki.gjlin.2023.006824.
- [5]焦帅杰.00Cr13Ni5Mo多层多道MAG焊熔敷金属韧性提高机理的研究[D].机械科学研究总院,2022.DOI:10.27161/d.cnki.gshcs.2022.000001.