

小直径氩弧焊管路焊接过程中气体保护效果的研究

高 铮 杨 磊 薛 飞
首都航天机械有限公司 北京 100071

摘 要: 本研究聚焦于小直径氩弧焊管路焊接过程中的气体保护效果, 结合理论分析与实验研究, 深入探讨了气体保护机制、影响因素及优化策略。通过精确的实验设计与数据分析, 揭示了不同保护气体对焊接质量的具体影响, 为提升小直径管路焊接质量提供了科学依据和实践指导。

关键词: 小直径管路; 氩弧焊; 气体保护; 焊接质量; 优化策略

引言

小直径管路在航空航天、石油化工等领域具有广泛应用, 其焊接质量直接关系到系统的安全性和可靠性。氩弧焊作为高精度、高质量的焊接方法, 在小直径管路焊接中占据重要地位。然而, 由于焊接环境的复杂性和小直径管路的特殊性, 气体保护成为确保焊接质量的关键。本研究旨在深入探讨气体保护机制, 分析影响因素, 并提出优化策略, 以提升小直径氩弧焊管路的焊接质量。

1 氩弧焊原理及特点分析

1.1 氩弧焊的工作原理

氩弧焊是利用氩气作为保护气体的电弧焊接方法。在焊接过程中, 氩气通过焊枪喷嘴喷出, 形成保护气氛, 防止焊缝及热影响区与空气中的氧气、氮气等发生化学反应。同时, 电弧的高温作用使焊丝和母材熔化, 形成连续的焊缝。

1.2 氩弧焊的焊接过程

氩弧焊的焊接过程包括引弧、焊接和收弧三个阶段。在引弧阶段, 通过高频引弧装置或接触引弧方式点燃电弧; 在焊接阶段, 保持稳定的电弧长度和焊接速度, 使焊丝和母材均匀熔化; 在收弧阶段, 逐渐减小焊接电流, 熄灭电弧, 并完成焊缝的收尾工作。

1.3 氩弧焊的主要特点

高质量焊缝: 氩弧焊具有稳定的电弧和较高的能量密度, 能够获得深而窄的焊缝, 且焊缝质量高、成形美观。
良好的气体保护效果: 氩气作为惰性气体, 化学性质稳定, 能够有效地隔绝空气, 防止焊缝氧化、氮化等缺陷的产生^[1]。
广泛的适用性: 氩弧焊适用于各种金属材料的焊接, 特别适用于不锈钢、铝合金等易氧化材料的焊接。

2 小直径管路焊接的气体保护机制剖析

2.1 保护气体的选择原则

在小直径管路焊接过程中, 为了确保焊接过程的稳定性和焊缝的优质性, 保护气体的选择应遵循以下几个

核心原则。首先, 保护气体必须具备稳定的化学性质。这是因为在焊接过程中, 高温会使焊缝金属与周围环境中的气体发生化学反应, 如氧化、氮化等。这些反应不仅会降低焊缝的力学性能和耐腐蚀性, 还可能引入脆性相或气孔等缺陷。因此, 选用的保护气体应能在高温下保持化学稳定性, 不与焊缝金属发生有害反应。其次, 保护气体的密度要适中, 以便在焊缝周围形成稳定的保护气氛。密度过大的气体可能会因重力作用而难以在焊缝上方形成有效的保护层, 而密度过小的气体则可能容易被焊接过程中产生的气流或热对流所带走, 无法提供持续的保护。因此, 需要选择密度适中的气体, 以确保其能够在整个焊接过程中稳定地覆盖在焊缝周围。最后, 从实际应用的角度出发, 保护气体的成本也是一个不可忽视的考虑因素。虽然某些稀有气体可能具有优异的保护性能, 但如果其成本过高或难以获取和储存, 那么在实际应用中就会受到限制。因此, 在选择保护气体时, 需要综合考虑其性能、成本以及获取的便利性。

2.2 保护气体的输送方式

在小直径管路焊接过程中, 根据管路的直径和焊接条件的不同, 常采用的保护气体输送方式主要有焊枪喷嘴内输送和外置保护罩输送两种。焊枪喷嘴内输送方式特别适用于管径较小、焊接空间受限的场合。在这种方式下, 保护气体通过焊枪喷嘴直接输送到焊接区域, 形成局部的保护气氛。这种方式的优点在于气体输送路径短, 能够迅速响应焊接过程中的变化, 有效隔绝空气与焊缝金属的接触, 从而防止焊缝的氧化和氮化。同时, 由于喷嘴与焊缝距离近, 可以减少气体的浪费, 提高保护气体的利用率。然而, 这种方式对焊枪喷嘴的设计和制造精度要求较高, 以确保气体能够均匀、稳定地覆盖在焊缝周围。外置保护罩输送方式则适用于管径较大、需要更大范围气体保护的场合^[2]。在这种方式下, 保护罩被放置在焊缝的外部, 通过向保护罩内持续通入保护气

体, 形成一个相对封闭的保护空间。这种方式的优点在于可以适应不同管径和形状的管路焊接, 提供更大范围的气体保护, 有效减少焊接缺陷的产生。同时, 外置保护罩还可以起到散热和稳定电弧的作用, 有利于改善焊接过程的稳定性和提高焊缝质量。然而, 这种方式需要较大的气体流量来维持保护罩内的气体浓度和压力, 因此成本相对较高。

2.3 气体保护效果的评估方法

在评估气体保护效果时, 我们采用一系列专业且精确的方法。首先, 焊缝的外观是我们直观评价其质量的第一步。通过目视检查, 我们可以细致地观察焊缝表面的成形情况, 包括其光滑度、色泽以及是否有明显的瑕疵或不规则形状。这些都是判断气体保护是否充分的重要指标。接下来, 我们利用先进的无损检测技术来进一步探测焊缝的内部质量。X射线检测能够穿透焊缝表面, 揭示其内部的任何潜在缺陷, 如气孔、夹渣或裂纹等。这些缺陷的存在往往与气体保护的不完善直接相关。同样, 超声波检测也为我们提供了一种高效的内部质量评估手段, 它通过声波在材料中的传播和反射来探测内部结构的不连续性。除了上述的检测手段, 我们还需要对焊缝进行力学性能测试, 以验证其在实际应用中的可靠性和耐久性。这包括拉伸测试, 用以测定焊缝的抗拉强度和延展性; 以及弯曲测试, 用以评估焊缝在受弯状态

下的表现。

3 不同保护气体对焊接质量影响的实验研究

3.1 实验目的

本实验旨在研究不同保护气体及其配比对小直径管路焊接质量的影响, 为优化焊接工艺和提高焊接质量提供理论依据。

3.2 实验材料与设备

3.2.1 实验材料

(1) 小直径管路: 不锈钢(304材质, 直径10mm, 壁厚1mm)、铝合金(6061材质, 直径10mm, 壁厚1mm); (2) 保护气体: 纯氩气(Ar)、氩气与氦气的混合气(Ar+He, 不同配比)

3.3 实验方法

(1) 准备阶段: 将不锈钢和铝合金管路切割成相同长度, 并清理焊接端面。(2) 焊接实验: 采用TIG焊接方法, 分别使用纯氩气和不同配比的氩氦混合气作为保护气体进行焊接。调整焊接电流、焊接速度、保护气体流量等工艺参数, 并记录实验数据。(3) 焊缝质量评估: 对焊接后的试样进行外观检查、X射线探伤和力学性能测试(如拉伸试验和弯曲试验), 评估焊缝质量。

3.4 实验结果与分析

3.4.1 实验结果

实验数据如表1:

表1 实验数据

序号	管路材质	保护气体	氦气含量 (%)	焊接电流 (A)	焊接速度 (mm/s)	气体流量 (L/min)	焊缝外观	X射线探伤结果	拉伸强度 (MPa)	弯曲角度 (°)
1	不锈钢	纯氩气	0	80	2	10	良好	无缺陷	580	120
2	不锈钢	Ar+He	10	80	2	10	良好	无缺陷	590	125
3	不锈钢	Ar+He	20	80	2	10	良好	少量气孔	570	115
4	铝合金	纯氩气	0	100	3	12	良好	无缺陷	280	90
5	铝合金	Ar+He	10	100	3	12	良好	无缺陷	290	95
6	铝合金	Ar+He	20	100	3	12	一般	多处气孔	260	80

3.4.2 结果分析

对于不锈钢管路, 使用纯氩气作为保护气体可以获得较高的焊接质量。加入10%的氦气后, 焊接质量略有提升; 但氦气含量增加至20%时, 焊缝出现少量气孔, 导致力学性能下降。对于铝合金管路, 同样在纯氩气保护下获得良好的焊接质量。加入10%的氦气后, 焊接质量有所提升; 但当氦气含量增加至20%时, 焊缝质量明显下降, 出现多处气孔, 且力学性能显著降低。适量的氦气加入可以提高电弧的稳定性和焊缝的成形质量, 但过量的氦气会导致焊缝气孔增多, 降低焊接质量。

3.5 实验结论与讨论

在小直径管路焊接中, 纯氩气作为保护气体可以获得较好的焊接质量。适量加入氦气(如10%)可以提高电弧稳定性和焊缝成形质量, 对不锈钢和铝合金均适用。过量的氦气(如20%)会导致焊缝出现气孔等缺陷, 降低焊接质量。在实际应用中, 需要根据具体管路材质、壁厚以及焊接要求选择合适的保护气体配比。氦气价格较高, 从成本角度考虑, 纯氩气或低氦气含量的混合气可能更为经济。

4 优化气体保护效果的措施探讨

4.1 改进焊接工艺参数

在气体保护焊接过程中, 优化焊接工艺参数是提升

气体保护效果、确保焊接质量的关键措施。焊接电流、电压和焊接速度等参数对电弧的稳定性、焊缝成形以及气体保护效果有着直接的影响。首先,合适的焊接电流是保证电弧稳定燃烧的基础。电流过大可能导致电弧不稳定,增加焊缝的氧化和氮化倾向;电流过小则可能造成焊缝未熔合或熔深不足。因此,需要根据管材的材质、厚度以及焊接接头的形式来合理选择焊接电流,以确保电弧的稳定性和焊缝的熔合质量^[3]。其次,焊接电压的调整也至关重要。电压过高会导致电弧过长,使气体保护效果下降,同时增加焊缝的宽度和热影响区;电压过低则会使电弧过短,易造成夹渣和未焊透等缺陷。因此,应根据焊接电流和焊材的熔化特性来匹配合适的焊接电压,以保持电弧的适当长度和稳定的燃烧状态。此外,焊接速度的控制也不容忽视。焊接速度过快会导致焊缝熔合不良、气体保护效果下降;焊接速度过慢则会增加热输入,使焊缝晶粒粗大,降低力学性能。

4.2 优化保护气体配比和输送方式

在气体保护焊接中,优化保护气体的配比和输送方式,不仅有助于提升焊接质量,还能实现经济效益的最大化。针对不同的焊接材料和工艺要求,我们需要精确调整保护气体的成分比例。例如,在氩气和氮气的混合气体中,适当增加氮气的比例可以提高电弧的挺度和热效率,从而加快焊接速度,但这也需要考虑到成本因素,确保经济效益。除了配比优化,保护气体的输送方式也至关重要。传统的输送方式可能存在气体浪费、保护效果不佳等问题。因此,我们可以尝试采用新型的保护气体输送装置,如环形保护罩。这种装置能够更有效地将保护气体均匀输送到焊缝周围,形成稳定的保护气氛,从而有效防止焊缝金属的氧化和氮化。同时,环形保护罩的设计还能减少气体的逸散,提高气体的利用率,进一步降低成本。在实施这些优化措施时,我们需要综合考虑多个因素,包括焊接材料的性质、焊缝的形状和尺寸、焊接速度以及成本预算等。通过不断的实验和调整,我们可以找到最适合当前焊接任务的保护气体配比和输送方式,从而在确保焊接质量的同时,实现成本的最优化。此外,我们还应关注新技术、新材料的发展动态,及时引入先进的保护气体和输送技术,以适应不断变化的市场需求和焊接技术的发展趋势。

4.3 加强焊接过程中的质量控制

焊接过程中的质量控制对于确保气体保护效果至关重要。首先,焊接前的准备工作不容忽视。母材的清理和预处理是焊接质量的基础。焊接前,必须对母材表面进行严格的清理,去除油污、氧化物、水分等杂质。这些杂质在焊接过程中可能成为焊接缺陷的源头,如气孔、夹渣等,严重影响焊缝的质量和性能。因此,采用适当的清理方法和工具,确保母材表面的清洁度达到焊接要求,是焊接前质量控制的重要一环。其次,焊接过程中的操作规范也至关重要。焊接速度和电弧长度的稳定控制是保证焊接质量的关键因素。焊接速度过快可能导致焊缝熔合不良,气体保护效果下降;焊接速度过慢则可能增加热输入,导致焊缝晶粒粗大,力学性能降低。同样,电弧长度过长或过短都会对焊接质量产生不良影响。因此,焊接操作人员必须具备丰富的实践经验和技能,能够根据不同的焊接材料和工艺要求,合理调整焊接速度和电弧长度,确保焊接过程的稳定性和焊缝质量的可靠性^[4]。最后,焊接完成后的质量检查也是不可或缺的一环。焊缝质量检查应及时进行,以便发现问题并及时处理和修复。检查内容包括焊缝的外观质量、尺寸精度、内部质量等方面。

结语

本研究通过理论分析和实验研究相结合的方法,深入探讨了小直径氩弧焊管路焊接过程中气体保护的重要性及其优化策略。研究结果表明:合适的保护气体配比和优化的焊接工艺参数能够显著提高焊接质量;未来应继续关注新技术、新材料在小直径管路焊接中的应用以推动行业技术创新发展。同时,我们还需要进一步加强焊接过程中的质量控制和安全管理以确保焊接质量和安全生产。

参考文献

- [1]李加雷,郑学良.小径管手工氩弧焊气孔和氧化皮射线图像特征[J].化工装备技术,2024,45(01):60-63.
- [2]冷菊,李亮.氩弧焊技术应用于制备机械耐磨涂覆层工艺开发[J].现代制造技术与装备,2023,59(06):92-94.
- [3]宋凯,陈坤,张连爽,等.手工钨极氩弧焊在管线打底焊中的工艺选择及操作技巧[J].石油和化工设备,2023,26(02):43-45.
- [4]刘玉祥,潘胜东,魏兴旺,等.Alloy 31合金钨极氩弧焊焊接工艺研究[J].西部特种设备,2023,6(02):16-22+71.