

焊接缺陷成因分析及预防措施研究

魏巍

安阳钢铁股份公司设备管理处 河南 安阳 455000

摘要: 焊接作为现代制造业中不可或缺的连接技术,其质量直接关系到产品的性能与安全性。然而,焊接过程中常出现多种缺陷,如气孔、夹渣、裂纹、未焊透、咬边等,这些缺陷严重影响焊接接头的强度、密封性及耐腐蚀性。本文深入分析了这些焊接缺陷的成因,并从材料选择、工艺优化、操作规范等多个角度提出了相应的预防措施。通过合理控制焊接参数、加强焊接前处理、优化焊接顺序、提高焊工技能等措施,可有效减少焊接缺陷,提升焊接质量。

关键词: 焊接缺陷;气孔;夹渣;裂纹;预防措施

引言

焊接是一种通过加热或加压,或两者并用,使焊件达到原子结合的一种加工方法。在制造业中,焊接被广泛应用于金属结构的连接,如桥梁、建筑、船舶、汽车、航空航天器等。然而,焊接过程中由于多种因素的影响,容易产生各种缺陷,这些缺陷不仅会降低焊接接头的强度、密封性和耐腐蚀性,还可能导致结构失效,引发安全事故。因此,对焊接缺陷的成因进行深入分析,并提出有效的预防措施,对于提高焊接质量、保障产品安全具有重要意义。

1 焊接缺陷的成因分析

1.1 气孔

气孔是焊接过程中最常见的缺陷之一,它表现为焊缝内部或表面存在的孔洞。气孔的成因复杂多样,主要包括以下几个方面:

1.1.1 焊接材料问题

焊条或焊丝在储存或使用过程中受潮,会导致其中的水分在焊接过程中高温分解产生氢气。例如,低氢型焊条对水分尤为敏感,若储存环境湿度较大或储存时间过长,焊条药皮容易吸收空气中的水分。在焊接时,这些水分在高温下迅速分解,产生大量氢气。而氢气在熔池中的溶解度随温度升高而降低,当焊接速度较快时,氢气来不及逸出熔池,便会以气泡的形式留在焊缝中形成气孔。特别是低氢型焊条前端引弧剂脱落,会使焊条失去保护作用,进一步增加气孔产生的风险。焊条或焊丝本身存在质量问题,如药皮变质、剥落,焊芯锈蚀等,也会在焊接过程中产生气体。

1.1.2 焊接工艺问题

焊接速度过快会导致熔池中的气体来不及逸出。在焊接过程中,熔池的形成和凝固是一个动态过程,当焊接速度过快时,熔池存在的时间缩短,气体没有足够的时间从

熔池中逸出,从而在焊缝中形成气孔。电流强度过大或过小都可能影响熔池的稳定性,进而影响气体的逸出。电流过大时,焊条发红会降低保护效果,使熔池更容易受到空气中气体的侵入。同时,电流过大还会使熔池温度过高,熔池中的金属液流动加剧,可能导致气体被包裹在金属液中形成气孔。电流过小时,熔池温度低,凝固时间短,也不利于气体逸出。电弧长度过长会增加熔池暴露在大气中的时间,使熔池更容易吸入空气。电弧长度过长时,电弧的挺度变差,对熔池的保护作用减弱,空气中的氧、氮等气体容易进入熔池,形成气孔^[1]。在气体保护焊中,如果保护气体流量不足或气体纯度不佳(含杂物多,特别是含水分),会导致熔池缺乏有效的保护。例如,在二氧化碳气体保护焊中,如果二氧化碳气体纯度不够,含有水分或其他杂质,在焊接过程中这些杂质会分解产生气体,进入熔池形成气孔。

1.1.3 焊接环境问题

现场风力较大时,如果防风措施不到位,熔池会吸入空气产生气孔。低氢型焊条对风极其敏感,在二级风以下同样可能出气孔。当风力较大时,保护气体容易被吹散,使熔池失去保护,空气中的气体进入熔池形成气孔。焊口存在污物、结露或潮气时,这些杂质在高温下会分解产生气体,进入熔池形成气孔。例如,焊口表面的油污在高温下会分解产生碳氢化合物气体,水分会分解产生氢气,这些气体进入熔池后形成气孔。

1.1.4 操作手法问题

断弧时焊丝离开熔池过快,熔池缺少气体保护,容易出现弧坑气孔。在焊接过程中,断弧时如果焊丝迅速离开熔池,熔池表面的保护气体层会被破坏,空气中的气体容易进入熔池形成气孔。重新起弧时,如果未对弧坑有缺陷部位进行有效的打磨处理,并在断弧前的焊道处起弧焊接,也可能导致气孔的产生。弧坑处的缺陷可

能会使气体在该处聚集,重新起弧时这些气体来不及逸出,从而形成气孔。焊工操作技术不熟练,如视力差对熔化铁水和药皮分辨不清,使药皮中的气体与金属溶液混杂在一起,也会阻碍气体逸出,形成气孔。此外,焊工在操作过程中如果运条不稳定,会使熔池的形状和大小不断变化,影响气体的逸出,增加气孔产生的风险。

1.2 夹渣

夹渣是指焊缝中存在非金属夹杂物,如氧化物、氮化物、硫化物、磷化物等,它们形成多种多样不规则形状,常见的有锥形、针形等夹渣物。夹渣会降低金属结构的塑性和韧性,增加应力,导致冷、热脆性易产生裂纹,使构件被破坏。夹渣的成因主要包括以下几个方面:

1.2.1 焊接材料问题

焊接母材和焊条的化学成分不纯,如焊接时熔池内有氧、氮、硫、磷、硅等多种成分,则易形成非金属夹杂物。焊条偏弧时,另一侧未熔合好,容易产生夹渣。

1.2.2 焊接工艺问题

坡口角度小会导致熔渣积度大,熔池冷却速度快,熔渣来不及浮出熔池表面,引起夹渣。焊接电流小会使熔池温度低,熔渣不易浮出熔池表面,形成夹渣。焊接速度快会导致熔池冷却速度快,熔渣来不及浮出熔池表面,同样会引起夹渣^[2]。多层焊时,如果前一层焊缝的熔渣未清理干净,会在后续焊接过程中形成夹渣。

1.2.3 操作手法问题

焊工操作手法不当,如焊道中心和夹角处运条较快,熔池熔深不够,覆盖残留的熔渣或将其混淆在一起,会阻碍熔渣上浮,形成夹渣。根焊过薄或打磨过多,热焊易烧穿不敢采用较大电流。清根方法不当,焊道两侧出现夹角或沟槽过深,快速热焊时,流到夹角和深槽的熔渣来不及浮出,也会形成夹渣。

1.3 裂纹

裂纹是焊接接头中最危险的缺陷之一,它可能出现在焊缝内部或外部,也可能发生在热影响区。裂纹的成因主要包括以下几个方面:

1.3.1 材料问题

母材含淬硬组织较多时,冷却后易生裂纹。金属中含氢量过高,氢分子在特定位置聚集,造成局部压力过大,进而使接头脆化,产生裂纹。母材或焊缝中其他有害元素杂质过多,如磷含量过高可能引发冷裂纹;焊丝含碳、硫量过大也可能导致裂纹的产生。

1.3.2 焊接工艺问题

焊接过程中产生的拘束应力过大,会导致焊缝在冷却过程中产生裂纹。焊接顺序不当会产生拘束力过强,

进而引发裂纹。焊接参数选择不当,如焊接电流过强、电压过高、焊接速度过快或过慢等,都可能影响焊缝的组织性能,导致裂纹的产生。对于一些高含碳量和合金含量的材料,如果预热和后热处理不当,会增加裂纹产生的风险。

1.3.3 结构设计问题

如焊缝布置不当、焊缝形状不合理等,会导致焊缝在焊接过程中产生过大的应力集中,从而引发裂纹。

1.4 未焊透

未焊透是指焊缝金属未完全熔透母材或焊缝金属之间未完全熔合的现象。未焊透的成因主要包括以下几个方面:

1.4.1 焊接材料问题

焊条选用不当,如焊条渗透力不足,会导致未焊透的产生。

1.4.2 焊接工艺问题

焊接电流不足会导致熔池温度低,熔深不够,从而产生未焊透。焊接速度过快会使熔池温度上升不够,又进行速度太慢电弧冲击力被焊渣所阻挡,不能给予母材足够的热量,导致未焊透。焊缝设计及组合不正确,如坡口角度过小、根部间隙过于狭窄或钝边过厚等,都会影响焊缝金属的熔透性,导致未焊透。

1.5 咬边

咬边是指在焊接过程中,由于熔化过强,特别是在母体与熔合线附近,熔敷金属与母体金属的过渡区可能形成凹陷。咬边不仅影响焊缝的美观度,更重要的是,它降低了焊缝的强度和密封性,可能对结构的安全性产生不良影响。咬边的成因主要包括以下几个方面:

1.5.1 焊接工艺问题

焊接电流过强会导致熔池温度过高,熔敷金属过多,而母材金属熔化不足,从而产生咬边。电弧过长会增加熔池的暴露面积,使熔池温度分布不均,容易产生咬边。焊接速度过快会使熔池温度上升不够,熔敷金属无法充分填充母材金属的凹陷处,导致咬边。

1.5.2 操作手法问题

如运条过程中焊缝两侧停顿时间过短,熔池无法填满;在横焊时上面停顿时间过长;运条和操作方法不正确等,都会引发咬边。焊条角度不当会影响熔敷金属与母材金属的过渡区形状,从而产生咬边。

2 焊接缺陷的预防措施

2.1 气孔的预防措施

(1) 严格控制焊接材料质量:选用质量合格的焊条或焊丝,并确保其干燥。低氢型焊条应按要求烘干,限量领取和保温桶存放,当日用不完的焊条需重新烘干,

且必须保证引弧剂完好,装卸时轻拿轻放避免引弧剂脱落和药皮受损。焊前对焊条或焊丝进行检查,确保无锈蚀、变质、剥落等问题。(2)优化焊接工艺参数:根据焊接材料的种类、厚度和焊接位置等因素,合理选择焊接电流、电压和焊接速度。一般来说,应适当降低焊接速度,以确保熔池中的气体能够充分逸出。控制电弧长度在合理范围内,避免电弧过长导致熔池暴露在大气中的时间过长。在气体保护焊中,确保保护气体流量充足且纯度达标(CO_2 纯度为99.98%以上,水分为0.005%以下)^[1]。(3)改善焊接环境:在风力较大的现场进行焊接时,应采取有效的防风措施,如加装挡风设备等。焊前对焊口进行彻底清洁,去除油污、水分、锈蚀等杂质,确保焊口干燥、清洁。(4)提高焊工操作技能:加强焊工的培训和教育,提高其操作技能和质量意识。焊工在操作过程中应严格遵守操作规程,如断弧时焊条应在断弧处作短暂停留或作回焊运条以控制不良气体的进入;重新起弧时应应对弧坑有缺陷部位进行打磨处理等。

2.2 夹渣的预防措施

(1)选用优质焊接材料:选用化学成分纯净、质量可靠的焊接材料,避免使用含有过多杂质或化学成分不稳定的焊接材料。(2)优化焊接工艺参数:根据焊接材料的种类和厚度,合理选择坡口角度、焊接电流和焊接速度。一般来说,应适当增大坡口角度、提高焊接电流和加快焊接速度,以促进熔渣的浮出。在多层焊时,应认真清除每层焊缝的焊渣,确保前一层焊缝的熔渣被彻底清除后再进行下一层焊接。(3)改进操作手法:焊工应熟练掌握正确的操作手法,如焊道中心和夹角处运条应适当放慢速度,以确保熔池熔深足够且熔渣能够充分浮出。在清根过程中,应采用合理的清根方法,避免根焊过薄或打磨过多等问题。

2.3 裂纹的预防措施

(1)合理选用焊接材料:根据母材的种类和性能要求,合理选用焊接材料。对于高含碳量和合金含量的材料,应选用低氢型焊条或碱性焊条,以降低金属中的氢含量和提高金属塑性。严格控制焊接材料中的有害元素杂质含量,如硫、磷等。(2)优化焊接工艺参数:合理选择焊接顺序和焊接方向,避免产生过大的拘束应力。根据焊接材料的种类和厚度,合理选择焊接电流、电压和焊接速度等参数。对于易产生裂纹的材料,应采用小线能量的多层多道焊等工艺方法。对焊件进行焊前预热和焊后缓冷处理,以降低焊后冷却速度和焊接应力^[4]。焊后立即进行去氢处理,如后热处理,将焊缝金属加热到250℃,保温2~6小时,使焊缝金属中的散氢逸出金属表

面。(3)改进结构设计:在设计焊接结构时,应合理布置焊缝、优化焊缝形状和尺寸等,以减少应力集中和裂纹的产生。

2.4 未焊透的预防措施

(1)合理选用焊条:根据焊接材料的种类和厚度,选用具有足够渗透力的焊条。(2)优化焊接工艺参数:提高焊接电流和焊接速度至合理范围,以确保熔池温度足够高且熔深足够。合理设计焊缝的坡口角度、根部间隙和钝边厚度等参数,以促进焊缝金属的熔透性。(3)加强焊接过程监控:在焊接过程中,应加强对焊缝熔透情况的监控和检查,及时发现并处理未焊透等缺陷。

2.5 咬边的预防措施

(1)优化焊接工艺参数:根据焊接材料的种类和厚度,合理选择焊接电流、电压和焊接速度等参数。一般来说,应适当降低焊接电流和焊接速度,以避免熔池温度过高和熔敷金属过多。控制电弧长度在合理范围内,避免电弧过长导致熔池温度分布不均。(2)改进操作手法:焊工应熟练掌握正确的操作手法,如采用合适的角度、较慢的速度、较短的电弧及较窄的运行法等。在运条过程中,应确保焊缝两侧停顿时间足够长,使熔池能够充分填满母材金属的凹陷处。在横焊时,应控制上面停顿时间不宜过长,避免熔敷金属过多而产生咬边。

结语

焊接缺陷的成因复杂多样,涉及焊接材料、焊接工艺、操作手法、结构设计等多个方面。为了有效预防焊接缺陷的产生,需要从这些方面入手,采取针对性的预防措施。通过严格控制焊接材料质量、优化焊接工艺参数、改进操作手法、加强焊接过程监控以及改进结构设计等措施,可以显著提高焊缝的质量和安全性。同时,针对不同类型的焊接缺陷和不同的焊接对象,需要采取不同的预防措施。在实际焊接过程中,应根据具体情况进行综合分析和判断,制定合理的预防措施,以确保焊接质量满足要求。

参考文献

- [1]范晓杰,沈月烽.钢结构焊接缺陷检测与防治研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(19):158-160.
- [2]曾鑫,雷安胜,胡鹏,等.异种钢焊接缺陷产生原因及控制措施分析研究[J].建筑技术,2023,54(S1):105-108.
- [3]王雨,黄桂超,袁佳辉,等.电阻点焊焊接缺陷分析及其预防措施[J].焊接技术,2023,52(05):174-177.
- [4]胡波,范延峰,王孟伟,等.焊材对焊接质量的影响及焊接缺陷分析[J].中国金属通报,2022,(09):210-212.