

金属材料焊接成型中的主要缺陷及控制方法分析

陈思超

浙江吉润汽车有限公司宁波杭州湾分公司 浙江 宁波 315336

摘要: 金属焊接成型技术在工业制造领域扮演着至关重要的角色。然而,由于多种内外因素,如材料性质、焊接工艺和作业环境等,焊接过程中可能会产生一系列缺陷,严重影响金属结构件的力学性能、耐腐蚀性以及使用寿命。因此,系统研究和总结这些焊接缺陷的成因及其相应的控制措施,对于提高金属焊接结构件的整体质量和安全性能具有重要的理论和实践意义。本文将对金属材料焊接成型中常见的主要缺陷进行详尽的探讨,并针对性地提出一系列有效的控制方法。

关键词: 金属材料; 焊接成型; 缺陷分析; 质量控制

引言

在制造业的飞速发展,金属材料的焊接成型技术因其实用性和经济性而被广泛应用。但与此同时,焊接成型技术也面临着系列质量控制的挑战,特别是焊接过程中出现的各类缺陷,如焊接夹渣、凹坑、裂纹以及气孔等,已成为制约金属焊接件质量和性能提升的关键因素。为此,本文将首先深入分析这些主要缺陷的形成机制,然后基于理论和实践经验,探讨并提出针对性的控制措施和方法,以期对焊接技术的进一步改进和应用提供参考和借鉴。

1 金属材料焊接成型中的主要缺陷及成因分析

1.1 焊接夹渣

焊接夹渣,作为金属焊接中常见的缺陷,严重影响了焊接件的整体质量和性能。这种缺陷形成的主要原因是,在焊接过程中,未能将熔渣或其他非金属夹杂物完全排除,使其在焊缝金属中残留并封闭。这种残留物的存在,不仅严重损害了焊缝的致密性和均匀性,更直接降低了焊缝的有效截面积和力学性能,从而削弱了焊接结构的整体强度和耐久性。深入分析焊接夹渣的成因,我们可以发现多个方面的因素共同作用。首先,焊接参数的选择不当是一个重要原因。焊接电流、电压和焊接速度等关键参数的设置,直接影响到焊接过程的稳定性和熔池的形成。当参数设置不合理时,熔池的流动性和排出夹杂物的能力会受到限制,从而增加夹渣的产生概率。其次,焊剂质量的问题也不容忽视。焊剂在焊接过程中起着清洁和保护熔池的重要作用^[1]。然而,当焊剂质量较差时,其含有的杂质和有害元素可能增加,导致在焊接过程中形成更多的夹杂物,进而引发夹渣缺陷。此外,母材或填充金属的表面污染也是夹渣产生的一个原因。在焊接前,如果未能对母材和填充金属进行充分的

清理和预处理,其表面的油污、锈蚀和其他杂质可能随焊接过程进入熔池,最终形成夹渣。最后,保护气体的纯度对焊接质量也有着至关重要的影响。在气体保护焊接中,保护气体的纯度直接影响到熔池的保护效果。如果保护气体中混入了其他气体或杂质,可能会与熔池中的金属发生化学反应,生成不稳定的化合物或夹杂物,从而导致夹渣的产生。

1.2 焊接凹坑

焊接凹坑,作为焊接过程中常见的表面缺陷,对焊接结构的质量和性能产生不可忽视的影响。这种缺陷通常表现为焊缝表面的局部下凹,破坏了焊缝的平整度和连续性。凹坑的存在不仅显著减少了焊缝的有效承载面积,降低了其整体的强度和稳定性,而且还可能导致应力集中现象,使结构在承受载荷时更容易发生疲劳破坏。焊接凹坑的形成与多种因素密切相关。一是焊接速度过快是导致凹坑产生的一个重要原因。在焊接过程中,如果焊接速度过快,熔池的形成和凝固时间将大大缩短,熔池中的金属液体可能无法充分填充焊缝,从而形成凹坑。二是焊接电流过小也可能引发凹坑缺陷。电流是焊接过程中的重要参数,它直接影响熔池的深度和宽度。当电流过小时,熔池的深度和宽度可能不足,导致焊缝金属无法充分铺展,进而形成凹坑。三是焊条或焊丝的直径选择不当也是凹坑产生的一个原因。如果焊条或焊丝的直径过小,其熔化后形成的熔池体积可能不足,无法完全填满焊缝,从而形成凹坑。相反,如果直径过大,则可能导致焊接过程中的热输入过大,增加焊接变形的风险。四是操作技术的不熟练也可能导致凹坑的产生。焊接是一项技术性很强的工作,需要操作人员具备丰富的经验和熟练的技能。如果操作人员在焊接过程中不能准确控制焊接速度、电流和焊条角度等关键参

数, 就可能导致凹坑等缺陷的产生。

1.3 焊接裂纹

焊接裂纹无疑是所有焊接缺陷中最为严重且危险性极高的一种。这种裂纹的存在不仅削弱了焊接结构的整体强度和稳定性, 更严重威胁着其安全性和使用寿命。在焊接过程中, 一旦裂纹形成并扩展, 就可能导致焊接结构的突然失效或灾难性事故。根据裂纹的形态和产生时机, 焊接裂纹可分为多种类型, 包括热裂纹、冷裂纹、再热裂纹和层状撕裂等。热裂纹主要出现在焊接过程中或焊后不久, 是由于熔池冷却凝固时受到拉应力作用而形成的。冷裂纹则是在焊接完成后较长时间内, 由于接头处的拘束应力和氢的作用而逐渐产生的。再热裂纹则是焊接接头在焊后热处理或高温使用过程中, 由于热影响区的脆化和应力集中而引发的。层状撕裂则主要发生在厚板焊接中, 由于板材的分层和层间应力的作用而产生的^[2]。焊接裂纹的形成是一个复杂的过程, 受多种因素的影响。(1) 焊接接头的拘束应力是裂纹产生的重要驱动力。当接头处存在较大的拘束应力时, 焊接过程中产生的热应力和变形可能导致裂纹的形成。(2) 热影响区的脆化也是裂纹产生的一个重要原因。在焊接热循环的作用下, 热影响区的组织和性能发生变化, 可能导致脆性增加和韧性降低, 从而引发裂纹。(3) 焊接材料中的有害元素以及氢的作用也是裂纹产生的重要因素。有害元素如硫、磷等可能降低焊缝金属的韧性和抗裂性, 而氢则可能在焊接过程中扩散到接头中, 导致氢致裂纹的产生。

1.4 焊接气孔

焊接气孔, 作为焊接过程中常见的内部缺陷, 对焊缝的质量和性能具有不可忽视的负面影响。这些气孔是在焊接过程中, 由于熔池中的气体未能及时逸出, 在焊缝凝固后所形成的孔洞。它们的存在不仅严重破坏了焊缝的致密性和连续性, 降低了焊缝的整体强度和韧性, 而且还可能导致应力集中现象, 使焊缝在承受载荷时更容易发生破坏。

焊接气孔的产生原因多种多样, 涉及焊接材料、焊接工艺和焊接环境等多个方面。第一, 焊材表面的水分、油污等杂质是引发气孔的主要原因之一。这些杂质在焊接过程中可能受热蒸发或燃烧, 产生大量气体, 如果未能及时从熔池中排出, 就会形成气孔。第二, 焊接区的保护不良也可能导致气孔的产生。在焊接过程中, 如果保护气体流量不足或保护效果不佳, 空气中的氮气、氧气等可能侵入熔池, 与熔池中的金属发生化学反应, 生成不稳定的气体, 从而形成气孔。第三, 熔池存

在时间过短也是气孔产生的一个重要原因。在焊接速度过快或焊接电流过小的情况下, 熔池的存在时间可能过短, 使熔池中的气体没有足够的时间逸出, 进而形成气孔。

2 金属材料焊接成型中的缺陷控制措施

2.1 优化焊接工艺参数

在金属材料焊接成型过程中, 优化焊接工艺参数是控制焊接缺陷的关键措施之一。通过精确调整焊接电流、电压和焊接速度等核心工艺参数, 可以确保焊接过程中的热输入和热循环得到合理控制, 从而显著降低焊接缺陷的产生概率。具体而言, 适当增加焊接电流和电压是提高焊接质量的有效手段。增大电流和电压可以增强电弧的穿透力, 提高熔池的流动性。这样一来, 熔渣和气体在熔池中的浮出变得更加容易, 有效减少了夹渣和气孔等缺陷的产生。同时, 流动性增强的熔池还能更好地填充焊缝, 减少凹坑和未熔合等表面缺陷^[3]。另一方面, 适当降低焊接速度也是优化焊接工艺的重要方面。焊接速度过快会导致熔池存在时间过短, 气体和熔渣没有足够的时间逸出, 从而增加气孔和夹渣的风险。因此, 通过合理降低焊接速度, 可以延长熔池的存在时间, 为气体和熔渣的充分逸出提供有利条件。这样不仅能减少内部缺陷, 还能改善焊缝的成形和外观质量。此外, 在优化焊接工艺参数的过程中, 还需要综合考虑母材的材质、厚度以及焊接接头的形式等因素。不同的材料和接头形式对焊接参数的要求各不相同, 因此需要根据实际情况进行灵活调整。通过不断试验和优化, 可以找到最佳的焊接参数组合, 从而实现焊接质量的最大化。

2.2 选用合适的焊接材料和辅助剂

在金属材料焊接成型过程中, 选用合适的焊接材料和辅助剂对于减少焊接缺陷、提高焊接质量具有至关重要的作用。焊接材料, 如焊条、焊丝和焊剂等, 是构成焊缝金属的主要成分, 其化学成分和物理性能直接决定了焊缝的性能和质量。选择具有合适化学成分的焊接材料是关键。不同的金属材料对焊接材料的要求各不相同, 因此需要根据母材的材质、厚度以及焊接接头的形式等因素进行综合考虑。例如, 对于高强度钢材的焊接, 需要选择具有高强度和良好韧性的焊接材料, 以确保焊缝的强度和韧性与母材相匹配。物理性能也是选择焊接材料时需要考虑的重要因素。焊接材料的熔点、流动性、润湿性等物理性能对焊接过程的稳定性和焊缝的成形质量有着直接影响^[4]。因此, 需要根据具体的焊接工艺和要求, 选择具有合适物理性能的焊接材料。再者, 合理选用脱氧剂、脱硫剂以及其他合金元素也是控制焊接缺陷的重要措施。这些辅助剂在焊接过程中可以起到

净化熔池、改善焊缝组织和性能的作用。例如，脱氧剂可以去除熔池中的氧气，防止氧化夹杂物的产生；脱硫剂则可以去除硫元素，降低焊缝的热裂倾向。

2.3 加强焊接前的预处理工作

在金属材料焊接成型的过程中，焊接前的预处理工作是一个不可忽视的重要环节。这一步骤的细致与否，直接关系到后续焊接的质量与稳定性。焊接接头的母材和填充金属表面若存在油污、锈蚀和其他杂质，不仅会影响焊接时的热传导与电流流通，还可能导致焊接接头内部产生夹杂、气孔等缺陷。因此，在正式焊接之前，必须对焊接区域进行彻底的清理。这包括使用机械方法，如砂轮、钢丝刷等，去除表面的锈蚀和氧化皮；化学方法，如酸洗、碱洗等，清除油污和其他难以用机械方法去除的杂质。除了清理工作，根据金属材料的性质和厚度，可能还需要进行预热处理。预热可以有效地减缓焊接时的冷却速度，降低焊接接头的残余应力，从而减少裂纹、变形等缺陷的产生。同时，对于某些特殊材料或厚板焊接，后热处理也是必不可少的。后热处理能够进一步改善焊接接头的组织和性能，消除焊接过程中产生的残余应力，提高焊接接头的整体强度和韧性。此外，在预处理工作中，还应关注焊接环境的湿度、温度等条件。不适宜的环境条件可能会导致焊接过程中出现问题，如气体保护效果不佳、焊条受潮等。因此，在焊接前应对环境进行评估，必要时采取适当的措施，如使用暖风机、空调等设备调节环境温度和湿度，确保焊接过程的顺利进行。

2.4 采用先进的焊接技术和设备

在当今的工业生产领域，焊接技术的不断革新与进步为提升产品质量和效率提供了有力支撑。一些前沿的焊接方法，如激光焊接、电子束焊接和搅拌摩擦焊接等，正逐步成为工业焊接的新选择。激光焊接凭借其极高的能量密度和精确的焊接速度，在金属材料焊接中展现出显著优势。其精确的焊接能力可以大幅减少焊接接头的热影响区，从而显著降低焊接变形和残余应力的产

生。同时，激光焊接还能实现高速焊接，大大提高生产效率。电子束焊接则是另一种具有高能量密度的焊接方法。它在真空环境中进行，可以有效避免金属在焊接过程中与空气中的氧气、氮气等发生不良反应。这使得电子束焊接在焊接某些活泼金属或高熔点金属时具有无可比拟的优势^[5]。搅拌摩擦焊接则是一种固态焊接方法，它通过高速旋转的搅拌头在焊接接头处产生摩擦热，使金属达到塑性状态并实现连接。这种方法无需熔化母材，因此可以避免许多与熔化焊接相关的缺陷。这些先进的焊接技术和设备各具特色，能够在不同场景下有效减少焊接缺陷的产生，提高焊接质量和效率。因此，在条件允许的情况下，企业应优先考虑引入这些前沿的焊接技术和设备，以推动自身的技术进步和产业升级。

结语

通过对金属材料焊接成型中的主要缺陷进行深入分析，并针对性地提出了一系列有效的控制措施和方法，可以大大提高金属焊接结构件的质量和可靠性。然而，随着新型金属材料 and 新兴焊接技术的不断涌现，未来还需进一步研究和探索更加高效、精准的焊接质量控制方法和体系。希望本文的研究内容能够为相关领域的研究者和从业人员提供有益的参考和借鉴。

参考文献

- [1]陈禹臻,唐茂,郭子杨,曾健,吴柏强.探析金属材料焊接成型中主要缺陷及控制策略[J].南方农机,2022,(14):160-162.
- [2]陈涛.金属材料焊接成型中主要缺陷及控制策略思考[J].世界有色金属,2020,(19):178-179.
- [3]罗有华.刍议金属材料焊接成型过程中缺陷的控制措施[J].中国金属通报,2021(4):245-246.
- [4]丁肖.金属材料焊接成型中的主要缺陷及控制措施探讨[J].农业装备技术,2021(2):58-59.
- [5]朱加考.金属材料焊接成型中的主要缺陷及防治方法[J].中国金属通报,2020(18):112-113.