

钢结构焊接施工质量缺陷与防治措施

孙 凯

京兴国际工程管理有限公司 北京 100000

摘 要：本文聚焦钢结构焊接施工质量缺陷，概述其是焊接接头受多因素影响致实际质量偏离要求的情况，分外部与内部缺陷阐述特征、检测及影响。分析常见外部缺陷如焊缝成形不良、咬边等及内部缺陷如未焊透、裂纹等的成因。提出防治措施，焊接前做好材料、坡口等管控；焊接中规范工艺参数、操作手法与顺序；焊接后清理焊缝、检测并处理缺陷。旨在为钢结构焊接施工质量控制提供参考。

关键词：钢结构；焊接施工；质量缺陷；防治措施

引言：钢结构焊接施工在建筑工程领域占据关键地位，其质量直接关乎整个结构的安全性及稳定性。然而，在实际焊接过程中，受材料、工艺、环境等多方面因素影响，焊接质量缺陷难以完全避免。这些缺陷形式多样，按空间分布可分为外部缺陷与内部缺陷，不同类型缺陷成因复杂，对结构性能影响各异。外部缺陷直观可见，但若未及时处理会加速扩展；内部缺陷隐蔽性强，易引发突发性失效。深入剖析钢结构焊接施工质量缺陷，探究其成因，并制定切实有效的防治措施，对于提升钢结构焊接质量、保障工程安全具有重要意义。

1 钢结构焊接施工质量缺陷概述

钢结构焊接施工质量缺陷是钢结构建造过程中需严格管控的关键质量问题，指在焊接接头形成过程中，受材料、工艺、环境等多因素综合作用，导致接头实际质量偏离设计技术要求或施工规范规定的异常状况。这类缺陷按其空间分布特征可分为外部缺陷与内部缺陷两大类，其形成机理、检测方式及对结构性能的影响机制存在本质差异。（1）外部缺陷主要存在于焊缝表面或近表面区域，具有明显的直观性，可通过目视检查或借助放大镜、焊缝量规等常规工具直接识别。典型外部缺陷包括焊缝成形不良（如余高过大、咬边、焊瘤等）、表面裂纹、气孔、夹渣以及未熔合等。这些缺陷直接破坏焊缝的几何连续性，导致有效承载截面减小，同时可能形成应力集中区，在动态载荷或复杂应力状态下加速裂纹萌生与扩展，降低结构的疲劳寿命。（2）内部缺陷则隐藏于焊缝金属或热影响区内部，需通过无损检测技术进行识别。常用的检测方法包括超声波检测、射线检测及磁粉检测等，可有效发现未焊透、层间未熔合、内部裂纹及非金属夹杂物等隐蔽性缺陷。此类缺陷会显著削弱焊缝的静载强度与断裂韧性，尤其在低温或冲击载荷工况下，可能引发脆性断裂，对结构安全构成潜在

威胁。（3）两类缺陷的危害性均不容忽视。外部缺陷虽易于发现，但若未及时修复，可能随服役环境恶化加速扩展；内部缺陷因隐蔽性强，往往在结构承载后逐步显现，导致突发性失效风险增加。因此，钢结构焊接施工需建立系统化的质量控制体系，通过优化焊接工艺参数、强化焊工技能培训、严格过程监控等措施预防缺陷产生。对已发现的缺陷，应依据其类型、位置及严重程度制定针对性修复方案，确保焊接接头质量满足结构安全与使用功能要求^[1]。

2 钢结构焊接施工中常见的质量缺陷及成因

2.1 外部缺陷及成因

外部缺陷是焊接施工中最易出现的一类缺陷，主要表现为焊缝成形不良、咬边、未焊满、气孔、夹渣、焊瘤等，其产生与焊接工艺参数、操作手法、焊接材料状态等密切相关。（1）焊缝成形不良主要表现为焊缝宽窄不一、高低不平、过渡不圆滑，成因主要是焊接电流、电压不稳定，焊接速度过快或过慢，焊条或焊枪角度不当，导致熔池大小和形状无法控制，最终形成成形较差的焊缝。咬边是指焊缝与母材交界处出现的沟槽状缺陷，主要是由于焊接电流过大、焊条角度不合适、焊接速度过快，导致母材边缘被过度熔化且未得到熔敷金属的填充，进而形成咬边，咬边会削弱母材的有效截面积，降低接头的强度。（2）未焊满是指焊缝的高度或宽度未达到设计要求，存在局部凹陷或未填充的部位，成因主要是焊接材料用量不足、焊接速度过快、熔池温度过低，以及焊接人员收弧未多次填充使焊缝饱满，导致熔敷金属无法充分填充焊缝间隙，无法达到设计的焊缝尺寸。气孔是指焊缝内部或表面出现的圆形或椭圆形空穴，主要是由于焊接材料受潮、坡口清理不彻底，存在油污、铁锈等杂质，焊接过程中这些杂质燃烧产生气体，或熔池冷却速度过快，气体无法及时逸出，最终形

成气孔,气孔会破坏焊缝的连续性,降低接头的致密性和强度。(3)夹渣是指焊缝中夹杂的熔渣或其他杂质,主要是由于坡口角度过小、焊接电流过小、焊接速度过快,导致熔渣无法充分上浮并排出,或焊条药皮脱落过多,未被及时清理,进而残留于焊缝中,夹渣会造成焊缝内部应力集中,降低接头的韧性和强度。焊瘤是指焊缝表面出现的多余凸起部分,主要是由于焊接电流过大、焊接速度过慢、熔池温度过高,导致熔敷金属过多溢出,堆积在焊缝表面,焊瘤会影响焊缝的外观质量,同时可能导致焊缝与母材过渡不圆滑,产生应力集中^[2]。

2.2 内部缺陷及成因

内部缺陷具有隐蔽性,不易被直接发现,主要包括未焊透、未熔合、裂纹等,这类缺陷对钢结构焊接接头的性能危害极大,甚至可能导致接头断裂,引发安全事故。(1)未焊透是指焊接接头根部未完全熔合,存在未熔化的间隙,主要是由于坡口角度过小、间隙过大或过小、焊接电流不足、焊接速度过快、焊条或焊枪未对准接头根部,导致根部母材未被充分熔化,无法形成有效的连接,未焊透会严重削弱接头的强度,是焊接施工中需重点防控的内部缺陷。(2)未熔合是指焊缝与母材之间、焊缝各层之间未完全熔合,存在明显的分层或分离现象,主要是由于焊接电流过小、焊接速度过快、熔池温度过低,或坡口清理不彻底,存在杂质,导致熔敷金属与母材、各层熔敷金属之间无法充分结合,未熔合会破坏焊缝的整体性,导致接头承载能力大幅下降。(3)裂纹是焊接缺陷中危害最严重的一种,分为热裂纹和冷裂纹两类。热裂纹主要产生于焊接过程中,熔池冷却凝固阶段,成因主要是焊接材料中硫、磷等杂质含量过高,焊缝结晶过程中形成低熔点共晶物,在焊接应力作用下产生裂纹;冷裂纹则产生于焊缝冷却至室温后,甚至在焊接完成一段时间后出现,成因主要是焊接接头存在较大的残余应力,母材或焊接材料的韧性不足,或焊接过程中氢含量过高,氢的析出导致裂纹产生,裂纹会直接导致焊接接头断裂,严重影响钢结构的安全性。

2.3 其他常见缺陷及成因

在钢结构焊接施工过程中,除常见的外部与内部缺陷外,还易出现焊缝尺寸偏差、错边以及变形等缺陷。(1)焊缝尺寸偏差表现为焊缝的高度、宽度、余高等超出了设计所规定的允许范围。这主要归因于焊接工艺参数控制缺乏精准度,例如焊接电流、电压不稳定,焊接速度过快或过慢等,同时操作人员未严格遵循规范要求,使得熔池的形态和尺寸难以精准控制,最终导致焊缝尺寸出现偏差。(2)错边是指对接接

头中,两母材的边缘未能处于同一平面,存在一定程度的偏移。其成因主要在于母材下料时精度不够,装配过程中定位不准确,或者在焊接过程中构件受到不均匀的力,进而引发错边现象。(3)变形则是焊接过程中产生的热应力与残余应力共同作用的结果,会使钢结构构件出现弯曲、扭曲、收缩等形态改变,这多是由于焊接顺序缺乏合理性、焊接工艺参数设置不当以及构件固定不牢固等因素造成的。

3 钢结构焊接施工质量缺陷的防治措施

3.1 焊接前的防治措施

焊接前的准备工作是预防焊接质量缺陷的基础,需从焊接材料、坡口处理、装配定位、施工环境等方面做好管控,消除缺陷产生的源头。(1)在焊接材料管控方面,需严格选用符合设计要求的焊条、焊丝、焊剂等焊接材料,确保焊接材料的材质、规格与母材匹配,焊接材料在使用前需进行烘干处理,去除水分和杂质,避免因焊接材料受潮或杂质过多产生气孔、夹渣等缺陷;同时,需妥善存放焊接材料,避免其受潮、生锈或变质。

(2)在坡口处理方面,需根据焊接接头类型和设计要求,精准加工坡口,确保坡口角度、间隙、钝边等尺寸符合规范要求,坡口加工完成后,需彻底清理坡口表面及两侧的油污、铁锈、氧化皮等杂质,清理范围一般不小于坡口两侧20mm,确保坡口表面干净、干燥,避免杂质影响焊接质量,减少气孔、夹渣、未熔合等缺陷的产生。(3)在装配定位方面,需提高母材下料和加工精度,确保对接接头的边缘对齐,减少错边现象;装配时需采用合理的定位方式,使用定位焊固定构件,定位焊的焊缝质量需与正式焊缝一致,避免定位焊缺陷影响正式焊缝;同时,需确保构件固定牢固,防止焊接过程中构件发生位移,导致焊缝成形不良或变形。(4)在施工环境管控方面,需避免在恶劣环境下进行焊接施工,当环境温度过低、过高,或存在大风、雨雪、潮湿等情况时,需采取相应的防护措施,如搭建防护棚、采取保温措施、控制施工环境湿度等,避免环境因素导致焊接缺陷,确保焊接过程的稳定性^[3]。

3.2 焊接过程中的防治措施

焊接过程是控制焊接质量缺陷的关键环节,需重点管控焊接工艺参数、操作手法、焊接顺序等,确保焊接过程规范、稳定,减少缺陷产生。(1)在焊接工艺参数管控方面,需根据母材材质、厚度、焊接接头类型,结合焊接材料的特性,合理确定焊接电流、电压、焊接速度、焊条或焊枪角度等工艺参数,在焊接前进行试焊,根据试焊结果调整工艺参数,确保参数合理;焊接过程

中需保持工艺参数稳定,避免电流、电压波动过大,焊接速度过快或过慢,确保熔池大小和形状稳定,减少焊缝成形不良、咬边、未焊满等缺陷。(2)在操作手法管控方面,焊接人员需具备熟练的操作技能,严格按照规范要求进行操作,控制好焊条或焊枪的角度和运条速度,运条过程中需保持均匀、平稳,避免出现断弧、偏弧等情况;对于厚板焊接,需采用分层焊接方式,每层焊接完成后需及时清理熔渣,再进行下一层焊接,确保各层焊缝充分熔合,减少夹渣、未熔合等缺陷;焊接过程中需注意观察熔池状态,及时调整操作手法,确保焊缝成形良好。(3)在焊接顺序管控方面,需根据钢结构构件的结构特点,制定合理的焊接顺序,避免焊接应力集中,减少构件变形和裂纹的产生。一般情况下,应遵循“先短后长、先浅后深、先对称后不对称、先次要后主要”的原则,对于复杂构件,需分段焊接,控制每段焊接长度,避免局部温度过高,减少残余应力;同时,焊接过程中可采用分段退焊、跳焊等方式,分散焊接热量,降低应力集中^[4]。

3.3 焊接后的防治措施

焊接完成后,需做好焊缝的清理、检测和缺陷处理工作,及时发现并消除已产生的焊接缺陷,确保焊接质量符合要求。(1)在焊缝清理方面,焊接完成后需及时清理焊缝表面的熔渣、飞溅物等杂质,检查焊缝的外观质量,对于焊缝成形不良、焊瘤、咬边等外部缺陷,需及时进行打磨、补焊处理,确保焊缝外观符合设计和规范要求;同时,需清理焊接接头周围的飞溅物和杂物,避免杂质影响后续检测和使用。(2)在焊缝检测方面,需采用合理的检测方法,对焊缝进行全面检测,及时发现内部缺陷。对于外部缺陷,可通过肉眼或放大镜进行观察检测;对于内部缺陷,可采用超声波检测、射线检测等专业检测手段,确保检测结果准确可靠。检测过程中,若发现缺陷,需记录缺陷的位置、大小、类型等信息,为缺陷处理提供依据。(3)在缺陷处理方面,对

于检测发现的焊接缺陷,需根据缺陷的类型、大小和严重程度,采取相应的处理措施。对于轻微的外部缺陷,如小范围咬边、未焊满等,可通过打磨、补焊等方式处理;对于较严重的内部缺陷,如未焊透、裂纹等,需先将缺陷部位彻底清除,然后进行补焊,补焊时需严格遵循焊接工艺要求,确保补焊焊缝质量;对于无法修复或修复后仍无法满足质量要求的焊接接头,需进行返工处理,直至焊接质量符合要求^[5]。

结束语

钢结构焊接施工质量缺陷的防治是一项系统且长期的工作,贯穿于焊接施工的全过程。从焊接前的精心准备,到焊接过程中的严格把控,再到焊接后的细致检测与妥善处理,每一个环节都紧密相连、缺一不可。只有建立完善的质量控制体系,强化各环节的管控力度,才能有效预防和减少焊接质量缺陷的产生。同时,随着建筑技术的不断发展,新的焊接材料和工艺不断涌现,对焊接质量提出了更高的要求。因此,相关人员需不断学习新知识、掌握新技能,持续提升焊接质量管控水平,确保钢结构工程的安全可靠,为建筑行业的健康发展贡献力量。

参考文献

- [1]张瑞,顾伟东,周炎生,李赞,刘菲.钢结构梁柱节点连接设计优化分析[J].城市建筑空间,2022,29(S2):627-628.
- [2]李冠东.高层建筑钢结构施工技术及钢结构体系梁柱的连接节点设计[J].中国建筑金属结构,2022,(11):139-141.
- [3]张富尧.钢结构焊接工艺及接头质量控制技术分析研究[J].进展,2025,(03):169-171.
- [4]张乾华.钢结构焊接工程技术的注意事项及实现质量控制的措施[J].中国金属通报,2023,(09):222-224.
- [5]阙荣,苏锐,雷志强,等.复杂工况条件下钢结构厚板焊接质量控制技术[J].工程建设与设计,2023,(16):125-127.