

钢结构件制作焊接变形的控制与分析

管 芳

内蒙古广厦建安工程有限责任公司, 内蒙古 包头 014010

[摘要]我国制造业正迎来新的发展机遇,大型工程和高端制造需求不断涌现,对焊接技术提出了更高的要求。然而,传统的焊接变形控制手段在面对复杂结构和特殊材料时显得力不从心。文中旨在系统研究焊接变形的结构、工艺和材料方面的影响因素,探讨传统和先进的控制技术,并结合智能焊接机器人、材料与结构的优化设计等先进手段,为我国焊接工艺的创新与升级提供深入的理论支持和实践指导。

[关键词] 钢结构; 焊接; 控制

DOI: 10.33142/aem.v6i1.10755

中图分类号: TU758.16

文献标识码: A

Control and Analysis of Welding Deformation in the Production of Steel Structural Components

JIAN Fang

Inner Mongolia Guangsha Jian'an Engineering Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia, 014010, China

Abstract: Chinese manufacturing industry is facing new development opportunities, with the continuous emergence of large-scale engineering and high-end manufacturing demands, which have put forward higher requirements for welding technology. However, traditional welding deformation control methods are inadequate when facing complex structures and special materials. The purpose of this article is to systematically study the influencing factors of welding deformation in terms of structure, process, and materials, explore traditional and advanced control technologies, and combine advanced methods such as intelligent welding robots and optimized design of materials and structures to provide deep theoretical support and practical guidance for the innovation and upgrading of welding processes in China.

Keywords: steel structure; welding; control

引言

我国制造业正处于高速发展的阶段,对于大型结构、精密零部件以及特殊材料的焊接需求不断增加。然而,随着焊接对象的多样化和复杂化,焊接变形引起的问题日益凸显。大规模的工程结构和先进的材料要求焊接变形控制手段更加精细、高效。因此,深入了解焊接变形的各个方面,寻找先进的控制技术,对我国焊接工业提升竞争力和技术水平具有重要意义。

1 导致现阶段我国钢结构件焊接变形的原因分析

1.1 结构方面的影响

结构设计在钢结构件制作焊接过程中对变形产生直接而显著的影响。不同结构形式的钢构件在焊接时会受到不同的热影响,因而导致不同程度的焊接变形。例如,对于大跨度的结构,其焊接变形更容易受到支撑约束,从而引起焊接变形增大。在结构设计中,横梁、纵梁等构件的布局 and 连接方式也会影响焊接变形的分布。结构的几何形状对于焊接变形具有直接的影响。形状复杂的构件在焊接过程中更容易发生变形,因为焊接会引入局部的温度梯度,导致结构内部的不均匀膨胀和收缩。尤其是对于工字梁等形状特殊的构件,其截面分布不均匀,因此焊接变形的发生更为显著。此外,连接节点的设计也是影响结构焊接变

形的一个关键因素。连接节点的几何形状和焊接方式会直接影响焊接过程中的热影响区域和残余应力的分布。例如,如果连接节点设计不当,可能导致焊接应力无法有效释放,从而引发焊接变形。

1.2 工艺方面的影响

工艺方面在钢结构件制作焊接中起着至关重要的作用,其影响涵盖了焊接参数的选择、预热和冷却控制,以及焊接顺序等多个方面^[1]。焊接参数的选择对于焊接变形具有直接的影响。电流、电压、焊接速度等参数的不同组合会导致焊接区域的温度分布产生变化,从而影响热应变和残余应力的分布。合理的参数选择能够减小焊接区域的温度梯度,降低热应变,从而减小焊接变形的程度。适度的预热可以提高材料的延展性,减小焊接过程中的热应变。冷却速率的控制则能够影响焊接区域的残余应力。通过合理控制焊接过程中的预热和冷却,可以减缓热应变的产生,有效降低焊接变形的风险。不同的焊接顺序可能导致不同的温度梯度分布,进而影响结构的变形。通过合理安排焊接的顺序,可以减小相邻焊缝之间的温度差异,减缓结构的热变形。总之,工艺方面的影响主要体现在焊接参数的选择、预热和冷却的控制,以及焊接顺序的规划上。通过精心设计和控制这些工艺参数,可以最大程度地减小焊接

变形的发生,提高焊接质量和结构稳定性。

1.3 焊接材料方面的影响

焊接材料的选择和性质直接影响着焊接过程中的变形特性。不同材料的热膨胀系数不同,焊接时可能导致不同程度的热膨胀,进而引起结构的形变^[2]。通过选择热膨胀系数较小的材料,可以减小焊接变形的潜在影响。高导热性的材料传导热量更为迅速,可能导致焊接区域的温度梯度更大,从而增加结构的变形风险。通过选择导热性适中的焊接材料,可以有效降低焊接区域的温度梯度,减小变形的程度。高塑性的材料在焊接过程中更容易发生塑性变形,而低塑性的材料可能在焊接时更易发生裂纹。因此,在选择焊接材料时需要综合考虑材料的塑性特性,以保证焊接过程中的变形控制。不同质量的焊接材料可能含有不同程度的杂质,这些杂质可能影响材料的焊接性能,进而影响结构的变形。因此,在实际应用中,选择高质量的焊接材料对于降低焊接变形具有积极作用。总之,焊接材料方面的影响主要包括热膨胀系数、导热性、塑性特性和材料质量等因素。通过合理选择和控制焊接材料,可以有效降低焊接变形的风险,提高焊接质量和结构的稳定性。

2 针对现阶段我国钢结构件制作焊接变形的控制手段分析

2.1 不带加强筋工字梁焊接变形与分析

不带加强筋的工字梁在焊接过程中常常面临着焊接变形的挑战。这主要源于工字梁结构的特殊性,其截面形状和长宽比使得焊接过程中的温度分布不均匀,从而引起不同部位的热膨胀和收缩不一致,最终导致整体结构的变形。首先,工字梁的底部与顶部受到的焊接热影响不同,因为焊接过程中底部受到了较多的热输入。这导致底部的膨胀和变形更为显著,可能引起整个工字梁的弯曲或翘曲。为了解决这一问题,预热是一种有效的控制手段,通过提高整个工字梁的温度,可减小焊接时底部与顶部温度差异,从而减缓底部的变形。其次,由于工字梁的腰板与翼缘之间存在一定的连接结构,焊接时容易在这些连接处产生局部残余应力,导致工字梁整体变形。在焊接过程中,应特别注意这些连接结构的设计与施工,合理设置连接处的支撑点和夹持点,以限制局部残余应力的产生。为了更全面地分析工字梁焊接变形,可以借助数值模拟方法。有限元分析可以模拟焊接过程中的温度场和热应变分布,提供详细的数值结果。通过数值模拟,可以优化焊接参数,调整预热温度,设计合理的支撑结构,以减小工字梁的焊接变形^[3]。总之,不带加强筋的工字梁在焊接过程中容易发生变形,主要源于其结构的不均匀性。通过采用预热、合理设计连接结构、数值模拟等手段,可以有效控制工字梁的焊接变形,提高焊接质量与结构的整体稳定性。

2.2 大型钢板拼接梁的制作与焊接

大型钢板拼接梁由于其庞大的尺寸和结构复杂性,制

作和焊接过程中面临着独特的挑战。在这种结构中,焊接变形的控制尤为重要,因为变形不仅影响整体外观,还可能影响结构的稳定性和承载能力。首先,大型梁的制作通常采用分段制作的方式。将梁分割成相对较小的组件,分别进行焊接,最后再将这些组件拼接在一起。这种分段制作的方法有助于减小每个组件的焊接变形,提高焊接的精度。同时,对于大型梁的拼接,确保拼接接缝的准确性和牢固性也是焊接变形控制的重要方面。其次,大型梁的焊接过程中需要特别注意焊接顺序。不同的焊接顺序可能导致不同的温度梯度分布,从而引起结构的变形。通过合理安排焊接顺序,可以减小相邻焊缝之间的温度差异,降低整体结构的变形风险。在大型梁的制作过程中,还需要考虑钢板的平整性。由于大型梁的结构复杂,板材在制作过程中可能会受到弯曲或扭曲的影响。因此,在焊接之前,需要确保钢板的平整性,采取必要的修整措施,以减小焊接过程中的初始变形。对于大型梁的焊接变形的分析,除了实际制作和焊接过程中的经验总结外,还可以借助先进的数值模拟方法。有限元分析可以模拟大型梁焊接过程中的温度场、热应变分布以及残余应力,为优化焊接参数、调整焊接顺序提供科学的依据。总之,大型钢板拼接梁的制作与焊接过程需要综合考虑分段制作、拼接工艺、焊接顺序、板材平整性等因素。通过合理的制作和焊接措施,可以有效控制焊接变形,确保大型梁的质量和稳定性。

2.3 防止工字梁焊接变形的控制方法

2.3.1 传统的变形控制手段

预热与控制焊接参数是传统焊接中常用的手段,对于控制焊接变形具有重要作用。预热是在实际焊接之前对工件进行加热的过程。通过提高工件的整体温度,预热有助于降低焊接时的温度梯度,减缓热应变的产生。这对于大型或厚度较大的工件尤为重要,因为它们们在焊接时更容易受到热输入的影响^[4]。预热的温度和时间需要根据具体的材料和工件特性来确定。通常,适度的预热可以提高材料的塑性,使其更容易发生塑性变形而减小焊接变形的程度。

控制焊接参数涉及电流、电压、焊接速度等关键因素的选择。这些参数的合理调整可以影响焊接区域的温度分布,从而控制焊接变形。例如,降低焊接电流、提高焊接速度或者适度增加焊接电弧的长度,都可以减小焊接区域的温度梯度,降低热输入,有助于减小焊接变形。在具体应用中,焊接参数的选择需要考虑多方面因素,包括焊接材料的种类、厚度、结构设计以及实际工件的形状等。对于不同的工况和焊接要求,需要进行实验和经验总结,以找到最适合的参数组合。通过合理运用预热与控制焊接参数这两项传统的焊接变形控制手段,可以有效降低焊接过程中的热变形,提高焊接质量,确保工件满足设计要求。然而,需要在实践中灵活应用,根据具体情况进行调整和改进。

支撑与夹持技术是传统焊接变形控制中至关重要的手段,通过合理设置支撑点和夹持点,能够有效限制工件在焊接过程中的变形,确保焊接后的结构符合设计要求。支撑技术主要通过设置支撑点,对工件进行固定,以减小焊接过程中的自由度,从而限制变形。支撑点的选择需要考虑工件的结构形状和焊接区域,以确保支撑的牢固性和有效性。对于大型结构或复杂形状的工件,合理设置多个支撑点,特别是在焊接过程中移动的部分,可以有效防止变形。

夹持技术主要通过夹具对工件进行固定,防止其在焊接过程中发生不受控制的移动。夹具的设计需要充分考虑工件的形状和焊接的需要。夹持点的选择应该均匀分布在工件上,以避免集中应力导致的不均匀变形。夹具的设计还应注意不要在焊接区域引入过多的应力,以免影响焊接质量。支撑与夹持技术的应用需要根据具体的焊接对象和焊接工艺进行调整。在实际操作中,工程师需要仔细分析工件的几何形状、结构特点以及焊接过程中可能出现的变形情况,以确定最佳的支撑和夹持策略。此外,对于大型工件,支撑和夹持的设置可能需要在焊接过程中进行调整。监测焊接过程中的变形情况,并及时调整支撑和夹持点的位置,有助于更精确地控制焊接变形。

2.3.2 先进的变形控制技术

智能焊接机器人的应用标志着焊接领域的先进技术演进,为制造业带来了更高效、更智能的焊接解决方案。智能焊接机器人在高精度焊接方面表现出色。配备先进的运动系统和精密传感器,这些机器人能够执行极为精准的焊接路径,确保焊接接头的准确性和一致性。其高精度的运动控制系统使得焊接过程中热输入更为均匀,减小焊接区域的热应变,极大地降低了变形风险。通过集成温度传感器、相机和其他传感器技术,机器人能够实时感知焊接区域的温度分布、形变情况等参数。这些数据通过高效的数据传输系统反馈至控制系统,从而实现实时的闭环反馈控制。机器人可以根据监测到的信息动态调整焊接参数,优化焊接过程,最大程度地减小热变形。采用机器学习和算法优化技术,这些机器人能够根据焊接任务的不同要求,自动调整焊接路径,适应不同的工件形状和结构。这使得它们能够灵活适应复杂的工件形状,提高生产效率和焊接质量。总之,智能焊接机器人的应用推动了焊接技术的现代化,为制造业带来了更高效、更可靠的焊接解决方案。这些机器人在提高焊接质量、降低成本、提高生产效率等方面发挥着关键作用,为未来制造业的发展提供了创新的

可能性。

在先进的变形控制技术中,材料与结构的优化设计也是至关重要的一环。通过采用先进的材料,如低热膨胀系数的合金或复合材料,可以减小焊接过程中的温度梯度,降低热应变的产生。同时,结构的优化设计可以考虑采用更符合焊接工艺的形状,减小结构的不均匀性,从而降低焊接变形的风险。计算机辅助设计(CAD)和有限元分析等先进工具的运用,使得工程师能够在设计阶段就预测和优化焊接过程中可能出现的变形问题。通过模拟不同的材料和结构设计方案,工程师可以选择最优的组合,以最小化焊接变形的发生。

3 结语

综合考虑材料与结构优化设计以及先进的焊接变形控制技术,对于现代焊接工艺的发展至关重要。通过精心选择适当的材料、优化工件结构,并借助先进的智能焊接机器人,我们能够在焊接过程中更好地控制热变形,提高焊接质量和效率。材料的选择不仅关乎其热膨胀系数、导热性、塑性特性,还需要考虑质量和纯度等方面,以降低热应变的发生。结构的合理设计,包括几何形状和连接结构,通过减小应力集中和采用分段制作等手段,有助于降低整体变形风险。先进的智能焊接机器人的应用则为焊接过程提供了高精度、实时监测与反馈控制、自适应路径规划等功能,为焊接工艺注入了更多智能化和自适应性。在现代制造业的背景下,材料与结构优化设计的综合应用为实现高质量、高效率的焊接工艺奠定了坚实基础。这不仅推动了焊接技术的不断创新,也为制造业的可持续发展提供了重要支持。随着科技的不断进步,我们可以期待焊接工艺在未来的持续优化和创新中,为各行各业带来更先进、更可靠的解决方案。

[参考文献]

- [1]胥军,孟新委,贺国清,等.动力电池箱底板搅拌摩擦焊数值模拟及焊接顺序优化[J].西安交通大学学报,2021,55(7):88-96.
 - [2]陈容容.钢构件焊接加工技术要点分析——以某工程为例[J].居业,2018(6):131-132.
 - [3]柴聪,韩星会,庄武豪.薄壁高筋框体多自由度摆动辗压塑性成形规律[J].锻压技术,2023,48(2):118-125.
- 作者简介:菅芳(1987.9—),毕业院校:沈阳大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:内蒙古广厦建安工程有限责任公司,职务:市场部部长,职称级别:中级工程师。