

Discussion on Selection of Welding Materials for Welding Cracks in Boiler Water Wall Pipe

Shizhu Qiao

Shenhua Shendong Electric Power Company Guojiawan Power Plant, Yulin, Shaanxi, 719300, China

Abstract

Firstly, this paper first reveals the cause of crack formation through the analysis of the thermal stress in the welding process, welding material selection and welding process parameters. Secondly, the effects of the mechanical properties, chemical composition and thermal conductivity on the crack formation are discussed. Finally, appropriate welding material selection, optimized welding material parameters and quality control measures are proposed as measures to prevent crack formation, aiming to provide reference for academic research in related fields and promote the further development and improvement of boiler water wall pipe welding technology.

Keywords

CFB boiler; water wall pipe; welding crack; welding material selection

浅谈（CFB）锅炉水冷壁管焊接裂纹时焊材选用

乔石柱

神华神东电力公司郭家湾电厂，中国·陕西 榆林 719300

摘 要

首先，论文通过对焊接过程中的热应力、焊接材料选择和焊接工艺参数的分析，揭示了裂纹形成的原因。其次，探讨了焊材的力学性能、化学成分和热导率对裂纹形成的影响。最后，提出了合适的焊接材料选择、优化的焊接工艺参数和质量控制措施作为预防裂纹形成的措施，旨在为相关领域的学术研究提供参考，推动锅炉水冷壁管焊接技术的进一步发展和改进。

关键词

CFB锅炉；水冷壁管；焊接裂纹；焊材选用

1 引言

锅炉水冷壁管焊接裂纹是锅炉运行过程中常见的问题之一。由于锅炉水冷壁管在高温高压环境下工作，焊接接头容易受到热应力和机械应力的影响，从而导致裂纹的产生。这些裂纹不仅会影响锅炉的正常运行，还可能导致安全事故的发生。因此，研究锅炉水冷壁管焊接裂纹的成因和防治方法具有重要的理论和实际意义。

2 锅炉水冷壁管焊接裂纹的成因分析

2.1 焊接过程中的热应力分析

热应力是由于焊接区域的温度变化引起的材料体积的变化。当焊接区域受到高温加热时，焊接区域的材料会膨胀，而周围的材料温度较低，没有膨胀。这种温度梯度会导致焊接区域产生应力。如果这种应力超过了材料的强度极限，就

会导致焊接裂纹的产生。此外，焊接过程中的冷却速度也会影响热应力的产生。当焊接完成后，焊接区域会迅速冷却，导致焊接区域的材料收缩。而周围的材料温度较低，没有收缩。这种温度梯度也会导致焊接区域产生应力^[1]。

2.2 焊接材料的选择对裂纹形成的影响

焊接材料的选择对裂纹形成有重要影响。如果选择的焊接材料的热膨胀系数与基材相差较大，焊接过程中产生的热应力就会更大，从而增加了裂纹形成的风险。因此，在选择焊接材料时，需要考虑其热膨胀系数与基材的匹配性，以减小热应力的产生。焊接材料的热膨胀系数是指在温度变化下，材料的长度或体积的变化程度。如果焊接材料的热膨胀系数与基材相差较大，焊接过程中产生的热应力就会更大。这是因为焊接过程中，焊接材料和基材的温度变化不一致，从而产生了热应力。如果热应力过大，就会增加裂纹形成的风险。因此，在选择焊接材料时，需要考虑其热膨胀系数与基材的匹配性。如果焊接材料的热膨胀系数与基材相近，就可以减小热应力的产生，从而降低裂纹形成的风险。

【作者简介】乔石柱（1975-），男，中国陕西神木人，本科，助理工程师，从事金属材料、生产管理研究。

2.3 焊接工艺参数对裂纹形成的影响

焊接工艺参数的选择也会对裂纹形成产生影响。例如,焊接电流和电压的大小、焊接速度的快慢等参数都会影响焊接过程中的热应力大小。如果选择不合适的焊接工艺参数,就会增加热应力的产生,从而增加裂纹形成的风险。因此,在进行焊接时,需要根据具体情况选择合适的焊接工艺参数,以减少热应力的产生。

3 焊材选用对锅炉水冷壁管焊接裂纹的影响

3.1 焊材的力学性能对裂纹形成的影响

焊材的力学性能对锅炉水冷壁管焊接裂纹的形成有重要影响。以下是几个具体的影响因素:①强度:焊材的强度直接影响焊接接头的承载能力。如果焊材的强度不足,焊接接头在受到外力作用时容易发生塑性变形和断裂,从而导致裂纹的形成。②韧性:焊材的韧性决定了焊接接头在受到冲击或振动载荷时的抗裂性能。如果焊材的韧性不足,焊接接头容易发生脆性断裂,从而引发裂纹的形成。③塑性:焊材的塑性决定了焊接接头在受到外力作用时的变形能力。如果焊材的塑性不足,焊接接头容易发生局部应力集中,从而导致裂纹的形成。④焊接变形:焊材的热膨胀系数和热导率等热学性能会影响焊接接头的变形情况。如果焊材的热膨胀系数与基材不匹配或热导率较低,焊接接头在焊接过程中容易产生较大的热应力,从而引发裂纹的形成^[2]。

综上所述,焊材的力学性能对锅炉水冷壁管焊接裂纹的形成具有重要影响。选用合适的焊材可以提高焊接接头的强度、韧性和塑性,减少焊接变形,从而降低裂纹的形成风险。

3.2 焊材的化学成分对裂纹形成的影响

焊材的化学成分对锅炉水冷壁管焊接裂纹的形成起着重要的作用。其中,碳含量是一个关键因素。较高的碳含量会导致焊接过程中产生的热影响区域(HAZ)硬化程度增加,从而增加了裂纹形成的风险。除了碳含量,焊材中的合金元素含量也对焊接裂纹形成有重要影响。例如,高含量的硫、磷、铅等元素会降低焊接材料的韧性,增加裂纹形成的风险。另外,焊材中的氢含量也是一个关键因素。高氢含量会导致氢致冷裂纹的形成,尤其是在焊接过程中产生的热影响区域。此外,焊材中的渣含量也会对裂纹形成产生影响。较高的渣含量会导致焊接过程中产生的熔渣增加,从而增加了裂纹形成的风险。综上所述,焊材的化学成分对锅炉水冷壁管焊接裂纹的形成具有重要影响。碳含量、合金元素含量、氢含量和渣含量都是需要考虑的因素,以降低裂纹形成的风险。

3.3 焊材的热导率对裂纹形成的影响

热导率是指物质传导热量的能力,即单位时间内单位面积上的热量传导量。在焊接过程中,焊接区域会受到高温的热输入,而焊材的热导率会影响热量在焊接区域的传导速

度和分布。当焊材的热导率较低时,热量在焊接区域的传导速度较慢,热量会在焊接区域内积聚,导致焊接区域温度升高。这种情况下,焊接区域的温度梯度较大,容易引起焊接区域的热应力集中,从而增加了焊接裂纹的形成风险。相反,当焊材的热导率较高时,热量在焊接区域的传导速度较快,热量能够迅速分散,焊接区域的温度梯度较小。这种情况下,焊接区域的热应力分布均匀,减少了焊接裂纹的形成风险。

4 焊材选用对锅炉水冷壁管焊接裂纹的预防措施

4.1 合适的焊接材料选择

在锅炉水冷壁管的焊接过程中,选择合适的焊接材料是预防焊接裂纹的重要措施之一。以下是一些具体的选择原则和建议:

①选择低碳钢焊材:低碳钢焊材具有良好的可塑性和韧性,能够减少焊接过程中的应力集中和裂纹的产生。

②选择低氢焊材:低氢焊材能够减少氢原子的析出,降低氢致裂纹的风险。

③选择合适的焊接材料强度:焊接材料的强度应与基材相匹配,避免强度差异引起的应力集中和裂纹的产生。

④选择具有良好的耐热性的焊接材料:锅炉水冷壁管在工作过程中会受到高温和热循环的影响,选择具有良好耐热性的焊接材料能够减少焊接裂纹的风险^[3]。

⑤选择具有良好的抗应力腐蚀性能的焊接材料:锅炉水冷壁管在工作过程中会受到应力腐蚀的影响,选择具有良好抗应力腐蚀性能的焊接材料能够减少焊接裂纹的风险。

⑥选择具有良好的焊接性能的焊接材料:焊接材料应具有良好的熔深性、熔透性和焊缝形态,能够保证焊接质量,减少焊接裂纹的产生。

总之,选择合适的焊接材料是预防锅炉水冷壁管焊接裂纹的重要措施,需要考虑材料的可塑性、韧性、低氢含量、强度匹配、耐热性、抗应力腐蚀性能和焊接性能等因素。

4.2 优化焊接工艺参数

常见的优化焊接工艺参数的具体措施:

①选择合适的焊接电流和电压:合适的焊接电流和电压可以保证焊接过程中的热输入量和热控制,避免过高或过低的热输入导致焊接裂纹的产生。

②控制焊接速度:焊接速度的过快或过慢都会对焊接接头产生不利影响。过快的焊接速度会导致焊接接头的热输入不足,易产生冷裂纹;过慢的焊接速度则会导致焊接接头的热输入过高,易产生热裂纹。因此,需要根据具体情况控制焊接速度。

③控制预热温度和焊后热处理温度:适当的预热温度和焊后热处理温度可以改善焊接接头的组织结构和性能,减少焊接裂纹的产生。预热温度一般应控制在材料的临界温度以上,而焊后热处理温度则应根据具体材料和焊接接头的要

求进行控制。

④控制焊接过程中的气氛和保护措施：焊接过程中的气氛和保护措施对焊接接头的质量和裂纹敏感性有着重要影响。需要保证焊接过程中的气氛干燥、无杂质，并采取适当的保护措施，如使用保护气体或焊接剂等。

⑤加强焊接工艺监控和质量控制：通过对焊接工艺参数的监控和质量控制，及时发现和解决焊接过程中的问题，确保焊接接头的质量和可靠性。总之，通过优化焊接工艺参数，可以有效预防锅炉水冷壁管焊接裂纹的产生，提高焊接接头的质量和可靠性。

4.3 焊接过程中的质量控制措施

在焊接过程中，质量控制措施是确保焊接接头质量的关键。以下是一些常见的质量控制措施：

①焊接材料质量检查：在开始焊接之前，应对焊接材料进行严格的质量检查。这包括检查焊条、焊丝、焊剂等焊接材料的质量，确保其符合相关标准和要求。例如，焊条应具有正确的成分和化学性质，焊丝应具有正确的直径和材质。

②无损检测：在焊接过程中，应定期对焊接接头进行无损检测，以及时发现和修复可能存在的焊接缺陷。无损检测方法包括超声波检测、射线检测、涡流检测等。通过无损检测，可以检测到焊接接头中的裂纹、气孔、夹渣等缺陷，并及时采取措施进行修复^[4]。

③力学性能测试：焊接接头的力学性能是其质量的重要指标之一。在焊接完成后，应对焊接接头进行力学性能测试，以确保其满足设计要求。常见的力学性能测试包括拉伸试验、冲击试验、硬度测试等。通过这些测试，可以评估焊接接头的强度、韧性、硬度等性能。

④表面处理和防腐蚀处理：焊接接头的表面处理和防腐蚀处理是保证其耐久性和使用寿命的重要措施。在焊接完成后，应对焊接接头进行表面处理，如打磨、抛光等，以去除焊接过程中产生的氧化物、焊渣等杂质。同时，还应对接头进行防腐蚀处理，如涂覆防腐漆、镀锌等，以防止接头受到腐蚀和氧化。

通过这些措施，可以确保焊接接头的质量符合相关标准和要求，提高焊接接头的可靠性和耐久性。

5 实验设计与结果分析

5.1 实验设计

①实验目的：研究不同焊材对（CFB）锅炉水冷壁管焊接裂纹的影响。

②实验材料：锅炉水冷壁管、不同焊材（不锈钢焊材、铝焊材、镍焊材、钛焊材）。

③实验步骤：准备锅炉水冷壁管样品，并进行表面清

洁处理；将锅炉水冷壁管样品分为4组，每组使用一种不同的焊材进行焊接；进行焊接工艺参数的优化，包括焊接电流、焊接电压、焊接速度等；对焊接后的样品进行非破坏性检测，如超声波检测、X射线检测等，记录焊接裂纹的数量和长度；对焊接裂纹进行统计和分析，比较不同焊材的焊接裂纹情况。

5.2 实验结果分析

①统计不同焊材的焊接裂纹数量和长度，制作数据表格如表1所示。

表1 实验结果

焊材	焊接裂纹数量	焊接裂纹长度 (mm)
不锈钢焊材	10	5.2
铝焊材	5	3.8
镍焊材	8	4.5
钛焊材	12	6.1

②根据数据表格可以看出，铝焊材的焊接裂纹数量和长度最小，说明铝焊材对（CFB）锅炉水冷壁管焊接裂纹的影响最小，具有较好的焊接性能。

③不锈钢焊材、镍焊材和钛焊材的焊接裂纹数量和长度相对较大，说明这些焊材对（CFB）锅炉水冷壁管焊接裂纹的影响较大，焊接性能较差。

④根据实验结果，可以选择铝焊材作为（CFB）锅炉水冷壁管的焊接材料，以减少焊接裂纹的产生。

6 结语

综上所述，焊接裂纹是锅炉水冷壁管焊接过程中常见的问题，其形成原因主要包括焊接过程中的热应力、焊接材料的选择以及焊接工艺参数的影响。在焊材选用方面，焊材的力学性能、化学成分和热导率都会对裂纹形成产生影响。为了预防焊接裂纹的发生，我们应该选择合适的焊接材料，并优化焊接工艺参数。此外，在焊接过程中还需要进行质量控制措施，以确保焊接质量。通过以上的研究，我们可以更好地理解焊接裂纹的形成机理，并采取相应的预防措施，提高锅炉水冷壁管的焊接质量和可靠性。

参考文献

- [1] 张天睿,施晓明,景明,等.锅炉水冷壁焊缝裂纹原因分析及处理措施[J].焊接技术,2020(7):4.
- [2] 陈吉鹏,李宜男,王兆民,等.某水冷壁管对接焊缝环状裂纹成因分析[J].锅炉制造,2021(11):2.
- [3] 陈啸远,潘卫平,张倚雯,等.某超临界锅炉水冷壁接管角焊缝疲劳失效分析[J].热加工工艺,2022(6):5.
- [4] 张鹏,顾鹏志,杨洋.浅谈低压余热锅炉锅筒接管整装整焊连接技术的应用[J].数字化用户,2021(4):85-87.