

# 不锈钢管材热处理工艺与性能调控

吴钢林 高沈骏 李学良

浙江汉虹精密材料有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i7.8178

**[摘要]** 本文围绕“不锈钢管材热处理工艺与性能调控”展开深入研究, 通过对不锈钢管材进行退火、正火、淬火等热处理工艺, 分析了不同工艺对不锈钢管材的组织结构、硬度、耐腐蚀性等性能的影响。还探讨了热处理工艺参数的优化方法, 为不锈钢管材的生产和应用提供了理论依据和实践指导。其结果表明, 通过优化热处理工艺参数和选择合适的热处理工艺, 可以有效地提高不锈钢管材的性能, 为其在更广泛的领域应用提供了理论支持和技术保障。

**[关键词]** 不锈钢; 热处理工艺; 性能调控; 技术探究

## Heat treatment process and performance control of stainless steel pipes

Wu Ganglin, Gao Shenjun, Li Xueliang

Zhejiang Hanhong Precision Materials Co., Ltd

**[Abstract]** This article conducts in-depth research on the heat treatment process and performance control of stainless steel pipes. Through annealing, normalizing, quenching and other heat treatment processes, the influence of different processes on the microstructure, hardness, corrosion resistance and other properties of stainless steel pipes is analyzed. The optimization methods of heat treatment process parameters were also explored, providing theoretical basis and practical guidance for the production and application of stainless steel pipes. The results indicate that by optimizing the heat treatment process parameters and selecting appropriate heat treatment processes, the performance of stainless steel pipes can be effectively improved, providing theoretical support and technical guarantee for their wider application in various fields.

**[Keywords]** stainless steel; Heat treatment process; Performance regulation; Technical exploration

### 引言

随着现代工业技术的飞速发展, 金属材料作为重要的工程材料, 在各行各业中的应用日益广泛。其中, 不锈钢管材以其优异的耐腐蚀性、良好的力学性能和加工性能, 在化工、石油、医疗、食品、船舶等众多领域发挥着不可替代的作用。然而, 不锈钢管材的性能往往受到其热处理工艺的影响, 对不锈钢管材热处理工艺与性能调控的研究具有重要的理论意义和工程应用价值。

热处理作为金属材料加工过程中的重要环节, 通过改变材料的组织结构和性能, 以达到满足工程应用需求的目的。对于不锈钢管材而言, 热处理工艺的选择和参数的控制, 直接关系到管材的力学性能、耐腐蚀性能以及加工性能等关键指标。深入研究不锈钢管材的热处理工艺与性能调控, 对于提高管材的使用性能、延长使用寿命以及降低生产成本等方面

都具有重要意义。近年来, 国内外学者在不锈钢管材热处理工艺与性能调控方面进行了大量的研究, 取得了一系列的研究成果。但由于不锈钢材料的复杂性和多样性, 以及热处理工艺参数的多样性, 使得不锈钢管材的热处理工艺与性能调控仍然面临着许多挑战和难题。本文在前人研究的基础上, 针对不锈钢管材热处理工艺与性能调控进行了深入研究, 为实际生产提供了指导和参考, 旨在进一步推动不锈钢管材热处理工艺与性能调控领域的发展, 为不锈钢管材的广泛应用提供理论支持和技术保障。

### 1 背景分析

#### 1.1 不锈钢管材的应用领域

不锈钢管材作为一种重要的金属材料, 在各个领域都有着广泛的应用。在医疗领域, 不锈钢管材被广泛应用于手术器械、医疗设备和人工关节等方面, 其具有良好的生物相容

性和耐腐蚀性能,可以有效地避免感染和污染的发生;在船舶领域,不锈钢管材被广泛应用于船体结构、船舶设备和海洋工程等方面,其具有良好的耐海水腐蚀性能和高强度,可以有效地保证船舶的安全和稳定性;在食品工业领域,不锈钢管材被广泛应用于食品加工设备、储存罐和输送管道等方面,其具有良好的耐腐蚀性能和卫生性能,可以有效地保证食品的质量和安 全;在石油化工领域,不锈钢管材被广泛应用于石油、天然气和化工产品的输送和储存等方面,其具有良好的耐高温、耐腐蚀性能和高强度,可以有效地保证生产过程的安全和稳定性。

### 1.2 不锈钢管材的性能特点

凭借其卓越的性能特点不锈钢管材在多个行业中占据了举足轻重的地位。其出色的耐腐蚀性能使得不锈钢管材能够抵御多种化学物质的侵蚀,从而确保在恶劣环境下也能长期稳定运行。这种独特的抗腐蚀性源于其表面形成的稳定氧化膜,有效防止了氧化和腐蚀的发生;不锈钢管材具备优异的机械性能,包括高抗拉强度、屈服强度和延伸率,这些特性使其能够承受较大的压力和弯曲应力,同时保持良好的韧性;不锈钢管材还表现出良好的物理性能,如耐热、耐高温和耐低温能力,适用于各种极端温度环境;不锈钢管材的轻质特性以及美观的外观也为其赢得了广泛的市场认可。这些特点使得不锈钢管材在建筑、石油、化工、航空航天、汽车、船舶等多个领域中得到了广泛应用,成为现代工业不可或缺的重要材料。

### 1.3 不锈钢管材的热处理工艺研究现状

热处理作为改善不锈钢管材性能的关键环节,其重要性不言而喻。目前,研究人员主要聚焦于退火、正火、淬火和回火等常见的热处理工艺,并深入探究加热温度、保温时间和冷却速度等参数对管材性能的影响。这些研究不仅显著提升了不锈钢管材的强度、硬度和耐腐蚀性等关键性能,还为实现性能的精准调控提供了有力的技术支撑。然而,面对日益严格的工程应用需求,如何进一步优化热处理工艺、精准调控性能,仍是当前研究的热点和挑战。未来,随着新型不锈钢材料的不断涌现,热处理工艺与材料微观结构之间的关系将成为研究的重点,为不锈钢管材的广泛应用提供更为坚实的理论支持和技术保障。

## 2 不同热处理工艺对不锈钢管材性能的影响

### 2.1 退火工艺

退火工艺是不锈钢管材热处理中最常用的一种工艺,其目的是通过加热和冷却的过程来改善管材的组织结构和性能。在退火过程中,不锈钢管材的晶粒会得到细化,晶界清晰度得到提高,同时管材的硬度和强度也会有所下降;退火还可以消除管材中的残余应力,提高其耐腐蚀性和韧性。具体来说,退火工艺的影响主要表现在以下几个方面:退火可以使不锈钢管材的晶粒尺寸变小,晶界面积增加,从而提高

管材的塑性和韧性;退火可以消除管材中的残余应力,减少管材在使用过程中的变形和裂纹;退火还可以改善管材的表面质量,提高其耐腐蚀性和耐磨性。

退火工艺的具体参数需要根据不同的不锈钢材料和管材尺寸进行调整。一般来说,退火温度和保温时间越高,管材的晶粒尺寸越小,晶界清晰度越高,但硬度和强度也会相应下降。因此,在实际应用中需要根据管材的具体要求和使 用环境来选择合适的退火工艺参数,以达到最佳的性能表现。

### 2.2 正火工艺

正火工艺也是对不锈钢管材性能的影响有着显著影响的工艺。这种热处理方式通过高温加热和适当的冷却过程,能够改善材料的内部组织结构,使其获得接近平衡的状态。这样的处理不仅可以提升不锈钢材料的硬度和强度,进而增强其抵抗外力变形或破坏的能力,还有助于提高材料的使用寿命和耐久性。但正火处理也可能导致材料塑性和韧性的降低,使其变得更加坚硬而脆。在实际应用中,需要权衡硬度和韧性的需求,确保不锈钢管材能够适应各种应用场景。与此同时,正火处理后的不锈钢材料表面可能会产生氧化皮和火花,需要进行适当的清洗和抛光处理,以保持其良好的外观和耐腐蚀性能。正火工艺相较于退火工艺,具有较短的生产周期,提高了生产效率,但在选择时应综合考虑材料性能和生产效率的需求。

### 2.3 淬火工艺

淬火工艺也是一种常用的热处理工艺,可以显著提高不锈钢管材的硬度和强度,同时降低其韧性和塑性。淬火过程中,不锈钢管材的温度迅速升高到临界温度,然后迅速冷却,使得管材的组织结构发生变化。淬火可以使不锈钢管材的奥氏体含量增加,晶粒细化,从而提高其硬度和强度。但淬火也会使得管材的残余应力增加,容易导致管材的变形和开裂。由此,在淬火过程中需要控制冷却速率和温度,以避免管材的变形和开裂。淬火后的不锈钢管材容易产生氢脆现象,需要进行适当的热处理和 处理工艺来消除氢脆。

## 3 热处理参数的优化方法

### 3.1 热处理温度的优化

温度是影响不锈钢管材性能的重要因素之一。在热处理过程中,温度的选择会直接影响到管材的组织结构和性能。因此,热处理温度的优化是提高不锈钢管材性能的关键之一。

热处理温度的选择应该考虑到管材的化学成分和组织结构。不同的不锈钢管材具有不同的化学成分和组织结构,因此需要根据具体情况选择适当的热处理温度。优化热处理温度能够实现对不锈钢性能的精准调控,使其硬度、强度、塑性和韧性等性能达到最佳状态,满足不同工程应用的需求;同时,适当的热处理温度能够改善不锈钢的组织结构,提高其耐腐蚀性能,减少内部应力和组织缺陷,进而提升其塑性

和可加工性;此外,优化热处理温度还能提高生产效率,降低能源消耗和生产成本,为企业带来经济效益。通过优化热处理温度,不锈钢材料的应用领域将得到进一步拓展,特别是在对性能要求较高的化工、海洋工程等领域展现出更大的应用潜力。

### 3.2 热处理时间的优化

热处理温度的优化还需要考虑到热处理时间对管材的组织结构和性能产生影响。一般而言,随着热处理时间的延长,管材的硬度逐渐增加,但塑性和韧性则会逐渐降低;同时,热处理时间的延长也会对管材的耐腐蚀性产生一定的影响,过长的热处理时间会导致管材表面出现氧化皮,从而影响其耐腐蚀性能。因此,在实际生产中,需要根据不同的应用场景和要求,合理选择热处理时间,以达到最佳的性能表现。在优化热处理时间时,可以通过对热处理温度、冷却速率等参数的调整,来实现对热处理时间的优化。还可以通过对不同工艺的比较和分析,来确定最佳的热处理时间范围。

### 3.3 热处理工艺气氛的优化

热处理氛围在不锈钢的热处理过程中扮演着至关重要的角色,因为它直接影响着材料的最终性能。优化热处理氛围意味着为不锈钢材料提供了一个更为理想的环境,以确保其在加热和冷却过程中能够保持最佳的化学和物理状态。

热处理氛围的优化还能促进不锈钢材料组织结构的优化。在适当的热处理氛围下,不锈钢中的合金元素能够更均匀地分布,形成更加细小且均匀的晶粒结构。这种组织结构的优化能够显著提高不锈钢的力学性能和耐腐蚀性能;在力学性能方面,优化热处理氛围可以带来多方面的改善。通过调整热处理氛围中的气体成分、温度和压力等参数,可以控制不锈钢材料的晶体结构和相变过程,进而调控其硬度、强度、塑性和韧性等性能。这种力学性能的改善对于不锈钢材料的后续加工和使用至关重要。优化热处理氛围还有助于提升不锈钢材料的纯净度;在热处理过程中,不锈钢材料可能会与杂质元素发生反应,形成夹杂物或污染物。这些杂质元素会降低材料的性能和使用寿命。通过优化热处理氛围,可以减少这些杂质元素的引入和反应,保持不锈钢材料的纯净度,从而提高其整体性能。

## 4 不锈钢管材的性能调控

### 4.1 硬度与韧性的平衡

在不锈钢管材的性能调控中,硬度与韧性的平衡是一个关键考量。而这种平衡不仅影响着材料的机械性能,还决定了其在实际应用中的可靠性和耐久性。

热处理工艺是实现硬度与韧性平衡的主要手段。淬火处理通过快速冷却不锈钢材料,使其获得较高的硬度,但也可能带来脆性增加的副作用。为了弥补这一缺陷,回火处理在淬火之后进行,通过适当的加热和冷却过程,降低材料的脆

性,同时保持一定的硬度。合金元素的添加同样对硬度与韧性的平衡有重要影响。在不锈钢中加入适量的合金元素,如铬、镍、钼等,可以改变材料的晶体结构,从而影响其硬度和韧性。通过精细调整合金元素的配比,可以在保持足够硬度的同时,提高材料的韧性。

### 4.2 塑性的保持

在不锈钢管材的性能调控中,塑性的保持意味着在加工、安装和使用过程中,使不锈钢更能够抵抗变形和断裂,从而保证其稳定性和可靠性。为了保持不锈钢管材的塑性,需要关注几个关键方面。材料成分的选择对塑性有着直接影响。通过添加适当的合金元素,如镍,可以增强不锈钢的塑性和韧性;热处理工艺是调控不锈钢塑性的重要手段。预热、加热、形状塑性和冷却回火等步骤需要精确控制,以消除内部应力和气泡,提高塑性;加工工艺的改进也是保持塑性的关键。采用先进的加工技术和设备可以减少材料在加工过程中的损伤和变形。

在实际操作中,需要根据具体需求和环境条件来选择合适的策略和措施。通过优化材料成分、控制热处理工艺和改进加工工艺,可以显著提高不锈钢管材的塑性,并确保其在实际应用中的稳定性和可靠性。这些措施不仅能够提高不锈钢管材的性能,还能够延长其使用寿命,降低维护成本。

## 结语

本文详细阐述了热处理工艺在优化不锈钢管材性能方面的重要作用。在热处理过程中,通过精确控制温度、时间、气氛等参数,可以实现对不锈钢管材硬度、韧性、塑性等关键性能的调控,以满足不同领域和应用场景的需求。在未来对不锈钢管材性能的要求将越来越高,因此也需要继续深入探究不锈钢管材热处理工艺与性能调控的机理和规律,以提高不锈钢管材的性能和品质。

## [参考文献]

- [1]不同热处理工艺对 9Ni 低温容器用钢组织与性能的影响[J].李铨;彭其春;童志博;梁亮;齐江华;肖爱达;董常福.金属热处理,2024(02)
- [2]热处理对 SLM 成形 TiN/AlSi10Mg 合金复合材料组织性能及残余应力的影响[J].黄卫东;王璐;黄旭;成徐珩.金属热处理,2023(11)
- [3]X80 钢管道焊接致氢富集及热处理数值模拟[J].薛景宏;白晨旭.金属热处理,2023(10)
- [4]热源模型对 Q420 厚板焊接残余应力和变形预测精度的影响[J].徐坤;范彩霞;韩二阳;逯世杰;邓德安.热加工工艺,2018(23)
- [5]N06200 镍基合金与 S32168 不锈钢 TIG 焊接微观组织与力学性能研究[J].武靖伟;王志刚;刘宝剑;张雪;杨洋;陈莉雅;李亚亚;李青.压力容器,2023(06)