

## 球墨铸铁管退火炉设备的改进

王钰龙 马磊 张研 金建军 陈强

安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司, 河南 安阳 455000

**[摘要]**球墨铸铁管作为一种重要的管材, 具有优异的使用性能以及较高的耐久性、抗氧化性、易控制等优点, 使其成为传统灰口铸铁管的有力补充, 在全球范围内得到普遍应用, 尤其在给排水系统、燃煤管等领域。由于我国城市化进程的不断推进, 建筑工程的完善以及给排水体系的持续升级, 使得球墨铸铁管的退火炉急冷段温度越来越高。为解决这一问题, 文章就针对现象, 采取改进措施: 首先, 确保退火炉冷却段达到规定的降温标准; 其次, 利用这些热量, 可以转换为可再利用的蒸汽, 以便在铸造、维护等方面, 取代传统的锅炉, 降低能量的耗费, 节约运行效率, 同时也有助于提升钢材的退火品质, 实现可持续发展。

**[关键词]**球墨铸铁管; 退火炉设备; 设备改进

DOI: 10.33142/ect.v1i5.10117

中图分类号: TQ111.16

文献标识码: A

### Improvement of Annealing Furnace Equipment for Ductile Iron Pipes

WANG Yulong, MA Lei, ZHANG Yan, JIN Jianjun, CHEN Qiang

Angang Group Yongtong Ductile Cast Iron Pipe Co., Ltd, Anyang, He'nan, 455000, China

**Abstract:** Ductile iron pipes, as an important type of pipe material, have excellent performance, high durability, oxidation resistance, and easy control, making them a powerful supplement to traditional gray cast iron pipes and widely used worldwide, especially in fields such as water supply and drainage systems and coal-fired pipes. Due to the continuous advancement of urbanization in China, the improvement of construction projects, and the continuous upgrading of water supply and drainage systems, the temperature of the annealing furnace quenching section of ductile iron pipes is becoming higher and higher. In order to solve this problem, the article takes improvement measures to address the phenomenon: Firstly, ensure that the cooling section of the annealing furnace meets the specified cooling standards; Secondly, by utilizing this heat, it can be converted into reusable steam to replace traditional boilers in casting, maintenance, and other aspects, reduce energy consumption, save operating efficiency, and also help improve the annealing quality of steel to achieve sustainable development.

**Keywords:** ductile iron pipes; annealing furnace equipment; equipment improvement

热处理球墨铸铁管旨在改善其物理化学特征, 以满足应用需求。其中, 高温石墨化退火可以将铸铁管内的自由渗碳体完整地改造成铁质结构, 并形成高坚硬、高抗磨、高抗热、高耐腐蚀性等特征。而低温石墨化退火则可以将铸铁管内的珠光体完整地改造成铁质结构, 并形成高坚硬、高抗磨、高抗热等特征。水冷离心球墨铸铁管的冷却效果十分显著, 可以迅速凝固, 从而导致 15%~25%的共晶渗碳体形成, 管壁的断口处于“白口化”的状态, 从而降低了管材的伸长率。为改善这一情况, 水冷离心球墨铸铁管需要先通过 $>920^{\circ}\text{C}$ 的高温退火处理, 以完成所有的共晶渗碳体的分离, 然后通过 $720^{\circ}\text{C}\sim 760^{\circ}\text{C}$ 的低温共析退火, 从而获取 90%~95%的铁素体以及 5%~10%伪珠光体, 从而大大增加了管材的延展性。

#### 1 铸管退火炉主要技术特点分析

##### 1.1 铸管热处理目的及热处理曲线

通过冷浸法制造的球墨铸铁管, 需要经过热处理, 以改变其原有的硬而脆的渗碳体结构, 使之变得更加坚固, 并

且具有更高的铁素体含量, 从而达到 ISO2531 技术标准<sup>[1]</sup>。

在铸管退火炉中, 热处理过程包括四个步骤: 加热、保持恒定温度、迅速降温和控制冷却。对于各种尺寸的铸管, 其热处理时间的差异并不明显, 一般在 1h 以内完成, 而 DN100~1000 的铸管, 其滚动速度则在 0.5~0.8m/min 之间。球墨铸管的特点是其厚实的外壳, 使得“薄料”的加工过程更为容易, 只需 5~20min 的时间, 就可以把铸管的温度提升至  $900\sim 930^{\circ}\text{C}$  的要求。保温的持续时间在 15~20min 之间, 具体的持续时间受到铁液的成分影响。当 Mn、Cu、Cr 的浓度较大时, 需要提供更多的加热量, 以便延长保温的持续时间。在这个阶段, 渗碳体的结构将会得到彻底的改善, 从而使得整个生产流程更顺利。

通常情况下, 快冷的持续时间介乎 7~10min, 具体的持续时间要根据铸件的尺寸、冷却能力和最终的冷却温度来确定。最佳的冷却温度应该保持在  $780^{\circ}\text{C}$  附近。而慢冷的持续时间则通常介乎 20~30min, 最终的冷却温度也有很多种, 通常介乎  $650\sim 730^{\circ}\text{C}$  之间。通过慢慢地冷却,

已完成基础结构的变形的铸件能够迅速地从熔炼中脱离，并最终完成精炼。

### 1.2 炉型结构及方案选择

通过对邯郸鑫铸管厂的研究，结合铸管的尺寸、热处理特性和2001年投入使用的DN100~400球墨铸管炉子，可以达到每小时8吨的生产能力，而且其有效的铸管长度也可达到26m。此外，在选择退火炉子的时候，也要充分考量铸管的流动性、铁液的化学组成和其他相关的因素。随着邯郸鑫铸管厂铸管尺寸的不断改进，从DN100~800的球墨铸管退火炉子投入使用，使得它的生产效率提升到了25t/h。然而，由于俄罗斯铸管厂的Cr的含量较高，需要更大的炉长来满足需求，以延长它的保温时间，最终将炉长调整至58m。目前，退火炉已经开始生产，并且表现出了很高的性能。为更有效地处理大型铸钢件，建议将其设置得更加长一些。同样，为更有利于生产中的小型铸钢件，建议将其设置得更加短一些。不过，需结合其他一些因素，如生产数量、热处理曲线等，来决定最终的设置。

为保证铸造质量，要确保在加工过程中，保证熔化的材质能够得到充分的保护。因此，要确保熔化的材质能够得到充分的保护。此外，还需要确保熔化的材质能够得到充分的保护，从而确保熔化的材质能够得到充分的保护。通过改进技术，可以大幅改善俄罗斯生产的DN100~1000球墨铸铁管的性能。这种改进型的退火炉的砌砖长度可以达到58m，而且它的炉壁由硅钙板、轻质保温砖、黏土砖组成，可以实现更好的节能减排。

为确保铸管基体中的渗碳物质能够被充分地燃烧，需要使用多种不同的保温段烧嘴，包括炉顶和侧壁。这些烧嘴的使用能够确保整个保温区域的温度都能够被充分地燃烧。通过安装高速和亚高速的烧嘴，可以有效地改善炉膛的温度，从而达到均衡的效果。此外，由于保温部分的铸铁材料长期暴露于高温环境，可能会出现氧化现象，因此，需要将炉内的空气调节到中性或还原性的状态。

通过对缓冷段的精确控制，可有效地改善铸管的力学特性，其中，对于温度的精确调节至关重要。该段采取了先进的脉冲燃烧技术，通常会在炉壁的左右边缘安装煤气或者燃油的喷口，使管道的温度由780℃稳步降低至650℃，这样可以获得更优质的基础结构，并达到良好的力学效果。在生产较高尺寸的铸铁件时，如果退火炉的产能较高，则会导致铸铁件释放的热量超过了炉壁的散热能力。这时，可以通过向炉膛中吹入冷风来消耗这些过剩的能源。然而，在生产较小尺寸的铸铁件时，如果退火炉的产能较低，则会导致铸铁件释放的热量不足以满足炉壁的散热能力，这时就要打开烧嘴，以便提供足够的能源，保证铸铁件的温度。在慢速降温阶段，将温度降至最低。

### 1.3 退火炉机械传动系统分析

按照安全规范的要求，退火炉的前部结构包括：调节器、V型托辊、管道直径检测器、步进梁、液压系统以及

自我调节功能。它们被划分为调节器、调节器、自动进料器三个部件<sup>[2]</sup>。

当铸件抵达调整台阶时，PLC会检测出其直径，并通过液压传感器将其传递至调整台阶。DN100-300的铸件通常采用单缸调整，而DN400-1200的则采用双缸调整。当铸管被拨至V型托辊上时，PLC会发出指令，使得对中机能够自动朝前移动，在达到预定位置后，它会在3~5s内自动恢复原状。

PLC通过收集来自不同部门的反馈数据，并通过管径识别器进行精准地校准，从而使得铸管能够准确地进行熔炼。此外，PLC还会通过光电开关来控制步进梁装置，使得铸管能够被精准地运输到炉前的轨道上，并在达到预定的目标时，被自动地推进炉内。PLC控制的炉前设备可以实现自动化操作，而手动操作则可以用于设备的复位、故障诊断以及其他特殊情况的处理。

## 2 退火炉控制系统分析

采用一整套先进的PLC技术，控制系统可以实现温度、流量、压力、物料运输等多种控制，同时还具备保护功能。还利用Wincc编程语言，实现了人机交互界面，可以实时显示现场数据，并且可以根据需要调整工艺参数，实现整个系统的实时监控和可视化操作。

SimensS7-400plc作为其中的核心，可以有效地将其应用到实际的工程环境中，通过将其与现场的仪器设备、操作器械等有效的联动，实现对实际情况的实时监测、分析以及操作控制。监控站位于电脑屏幕前，它的主要用途是：①实时观察退火炉的工艺流程，并将相关的参数和结果展示给用户；②调整退火炉的工艺流动，并将调整结果传达给实际的操纵者；③收集和保留相关的报警记录。

### 2.1 温度控制

通过PID技术，将升温段和保温段的温度进行连续比率控制系统，将其划分为两段，以便将收集到的炉温信息反馈给PLC，PLC通过对其进行处理，将其转换为可以被操作的参数，以便对燃气进行合理的调整，以获得更优质、更稳定、更高效的燃料供应。尽管采用连续比率控制技术能够合理地调整烧嘴的输出功率，进而实现调整炉温的目的，但如果出口功率低于30%，就会导致比例阀处在失效状态，进而使得温度变化剧烈，进而严重影响到生产的品质和效率。在这里是一款高效的控制系统，它能够合理地限制输出功率的大小，同时考虑到不同的烧嘴的工作条件，能够高效地避免发生危险事故。此外，在这里还提供了一套完善的消防系统，包括火焰检测器和自动点火装置，以确保燃料的正常使用。这个设备能够实现对炉子的实时监控，包括将温度、压力等重要信息实时传输到电脑上，同时还能够实现上位机的远程监控，使得用户能够实现远程查看炉子的全部工作情况。

通过使用脉冲燃烧技术，能够实现快速、精确的加热/冷却。技术包括两个部分，它们的主要功能是控制火焰

的运行方向。通过使用脉冲燃烧技术,能够快速改变火焰的运行方向,从而达到更好的燃烧效率,并减少废气的产生。采用多个烧嘴协同运转,能够形成一个具有良好温度分布的环境,从而大大改善了受到的加热效果,并且能够保证温度的稳定,使得它成为冶金、机械等领域的首选技术。

为确保缓冲区域内的工作温度符合规定,可能会使用加热和冷却技术。在冷却阶段,会关闭燃料流量,并使用相似的技术来混合冷空气。如果冷却效果不足,会开始使用冷却风扇,从而实现温度的有效控制。通过安装专门的燃料喷射系统,可以实现对燃料喷射的自主调节,并具备熄火保护的功能<sup>[3]</sup>。

## 2.2 压力控制

微差压变送器可用于收集炉内压差,将其转换为可用于控制炉压的数据。此外,PID技术可用于根据燃料消耗量和燃料流量对烟囱蝶阀进行调整,从而实现炉压的精确控制。

通过使用压力变送器来监测助燃风总管的压力,并通过调整多叶阀来控制冷却风总管的压力,从而确保助燃风管的压力保持稳定。

## 3 球墨铸铁管退火炉设备改进措施

### 3.1 对设备冷却段的改进

此次优化改进是对管子退火中的冷却效果影响较大的冷却段进行,其他手段暂时保持不变。目的是采用高温退火方式,以破坏共晶渗碳体,并经过高低温退火将其分裂为铁素体和石墨,从而控制金属基体的铁素体含量在85%—95%之间,同时保持适量的珠光体,使几乎所有渗碳体得到破坏。维修淬火炉时,应取下水冷梁上的快速冷却部分,但保留覆盖高温钢的部分。为均匀快速冷却,需布置20~40根 $\Phi 89 \times 4\text{mm}$ 或 $\Phi 108 \times 4\text{mm}$ 的高温无缝钢管,且管之间距离不超过280mm。汽包上的水管连接着一侧比另一侧低20~40mm的密闭系统,汽包底部设计有排污管道和阀门,整体重量约3~5t,压力达10~16kgf/cm<sup>2</sup>。该汽包放置于退火炉主厂房旁,高度约1~3m。 $\Phi 57 \times 3$ 毫米管道输送的软水进入厂房内的软水站,然后通过阀门和水表进行控制,进入汽包。汽包位于其周围,配备汽包操作岗位并设有高低水位报警系统、双色水位计、电接点三重保障水位监控系统。采暖季节,采取汽化冷却技术,将热水从冷水管中抽出,以实现快速冷却;而非采暖季节,则采取水冷技术,将热水从冷水管中抽出,并经由阀门控制,将热水从冷水管中抽出,以实现快速冷却。无论采取采暖季节或水冷技术,都应当根据退火炉内耐热钢遮蔽板完整竖直,以及管道数量,适当调整,以免出现热膨胀现象,从而影响热水管道的正常使用。为降低炉壳的变形,可以选择在水梁的两个头之间进行无缝连接,而在急冷段的窑壁顶部,则使用相同的耐火材料和砌筑技术<sup>[4]</sup>。

在制造钢铁制品的工厂里,会使用高压软水来处理钢

铁。首先,关闭高压软水的阀门,然后将它们输送到制造厂的汽车部件。接着,使用制造厂的下降管来将软水运到制造厂的最后部分,并将它们运到最后部分。最后,使用制造厂的最后部分来处理最后部分,并将最后部分的软水运到最后部分。因为压力的不平衡,热量被转移到了空调系统中。空调系统中的热量被转移到了空调机,并在空调机中经历了一个热量回收的阶段。空调机中的热量被转移到了空调机的热量回收阶段,并在空调机中经历了一个热量回收的阶段。最后,空调机中的热量被转移到了空调机的热量回收阶段。采用先进的技术,可以实时监测并分析气体的流量,并使用先进的设备进行系统监测。此外,还可以使用先进的技术来检测气体的流量,并采取必要的措施来确保气体的正常流动。如果发现汽车内部的空气压力太大,可以控制送风口的大小来控制空气压力。如果空气压力突然升到了安全阀的容许值,它就会自动启用,并在压力下降之前关掉。

### 3.2 改进效果分析

经过改造发现,在退火处理后,铸管的渗碳体含量降低到了1%以下。对于小口径管子,铁素体的含量达到了90%,珠光体的含量达到了10%。对于大口径管子,铁素体的含量达到了8%,珠光体的含量达到了12%。力学性能达到了420MPa,30MPa, $\geq 10\%$ 。经过退火处理,管子的硬度显著提升,达到了标准要求HBS160~170,大大减少了管子的变形。通过生产高质量的蒸汽,不仅可以满足铸管维护的需求,还可以取代传统的锅炉,大大降低能源消耗和运行成本。

## 4 结语

在此次研究中,通过对DN80~10铸管退火炉冷却段进行优化改造,不仅可以达到标准的结构特征,而且还可以有效地控制热处理的温度,从而确保铸管的热处理质量,并且还可以有效地减少铸管的热损失,从而极大地提升企业的经济效率,达到理想的结果。

### [参考文献]

- [1]冯鹏,陈国平,宗哲.大口径水冷金属型球墨铸铁管椭圆控制研究[J].山西冶金,2023,46(4):143-144.
- [2]刘波,张杰哲,薛纪二.球墨铸铁管连续式退火炉的设计与应用[C].中国铸造协会:第十届中国铸造协会年会会刊(论文篇),2012.
- [3]萧育青,鲁军生,崔亮,等.球墨铸铁管连续式退火炉温度控制[C].中国铸造协会(China Foundry Association):第十届中国铸造协会年会会刊(论文篇),2012.
- [4]邢国志.球墨铸铁管退火工艺的改进[J].河北冶金,2011(4):12-14.

作者简介:王钰龙(1991.6—),毕业院校:中央广播电视大学,所学专业:行政管理专业,当前工作单位:安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司铸管二车间退火炉,职务:组长,职称级别:助工。