

无缝不锈钢管的生产工艺初探

李广 唐德庆 王泽锋 吴煌辉

隆达铝业集团有限公司 323000

DOI: 10.12238/ems.v7i3.12270

[摘要] 无缝不锈钢管是一种广泛应用于工业领域的管材,因其优异的耐腐蚀性和高强度备受青睐。本文旨在探讨无缝不锈钢管的生产工艺,从原料准备到成品出厂的全过程进行详细解析,为相关行业的生产实践提供参考。

[关键词] 无缝; 不锈钢; 生产; 工艺

引言:

随着世界经济的发展,对不锈钢耐腐蚀性能的要求逐渐提高,不锈钢的冶炼和加工技术也在不断进步。无缝不锈钢管作为不锈钢材料的重要应用形式,其生产工艺的优劣直接影响产品的质量和性能,需要从无缝不锈钢管的生产工艺出发,探讨其生产过程中的关键环节和技术要点^[1]。

一、无缝不锈钢管的生产设备的选型与分析

(一) 穿孔设备的选择与分析

在无缝钢管的生产过程中,穿孔设备是关键的一环,关乎钢管的初始质量和后续加工效率。目前,国内无缝钢管生产企业主要采用的压力冲床、PPM推轧机和斜轧冲床等穿孔设备,各自具有不同的特点和适用性。压力冲床作为早期的穿孔设备,工艺相对简单,但伸长率较大、穿孔后需增加延长线等问题,导致生产效率较低且设备投资较大。随着技术的不断进步,压力冲床已逐渐退出主流市场,仅在特定领域或小规模生产中仍有应用。PPM推轧机在一定程度上改进了压力冲床的不足,适用于特定形状和尺寸的坯料,对于不同规格的无缝钢管生产,要频繁更换模具和调整设备参数,增加了生产成本和操作复杂性。因此,PPM推轧机在市场上的应用也逐渐减少。相比之下,斜轧冲床以独特的工艺优势和适用性,成为当前无缝钢管生产中的主流穿孔设备。斜轧冲床采用连铸圆坯为原料,通过斜轧工艺实现穿孔过程。降低刀具磨损程度,减少不均匀变形,提高了生产效率和产品质量。此外,斜轧冲床具有广泛的适用性,能够处理不同规格和材质的坯料,满足多样化生产需求。连铸坯在斜轧穿孔工艺中的优势尤为明显。与连铸方坯相比,连铸圆坯在穿孔过程中更容易实现均匀变形,减少因坯料形状不规则而导致的质量问题。同时,连铸圆坯的原料利用率更高,降低了生产成本^[2]。

(二) 轧管机的选择与分析

在国内无缝钢管的生产领域,市场上主流的轧管机包括皮尔格轧管机、全自动轧管机、CPE机组、新型三辊轧机、Accu Roll轧机、MPM轧机以及PQF轧机等。(1)皮尔格轧管机以其独特的工艺特点,成为生产大口径厚壁无缝钢管的首选。利用钢锭作为原料,通过热轧工艺,能够高效地生产出符合标准要求的厚壁钢管。全自动轧管机则主要用于将厚壁钢管进一步轧制成薄壁管,工艺简单,道次少,可以快速获得理想的壁厚,是热轧厚壁管生产中的重要设备。(2)CPE机组采用较大的管坯和较长的管坯进行生产,虽然收得率相对较高,但与其他工艺相比,整体得率仍有提升空间。因此,CPE机组更适合用于薄壁钢管的生产,满足市场对薄壁钢管的多样化需求。(3)新型三辊轧机以高精度和低刀具消耗而著称,但生产效率相对较低,且对原材料的要求较高,需要采用优质钢坯。使得三辊轧机在薄壁管生产方面面临一定的挑战,尤其是在保证产品质量的同时提高生产效率。(4)Accu Roll轧机与双辊斜轧穿孔机在结构上相似,采用主动导向盘

替代固定导向板。由于其生产成本较高,毛管长度有限,在国内市场上的应用并不广泛。(5)连轧管机组以高技术水平、多规格型号和广泛的应用范围,能够高效地生产中、薄壁无缝钢管,成材率高,适用于大规模生产。因此,连轧管机组被认为是最具发展潜力的管轧机之一。(6)PQF轧管机作为三辊连轧设备的代表,能够轧制薄壁管件及难变形钢种,在国内无缝钢管生产中,PQF轧管机的应用前景广阔,特别是在高端市场的竞争中,其技术优势更加明显^[3]。

(三) 张力减径机的型式及分析

在无缝不锈钢管的生产流程中,张力减径机主要负责精确调整钢管的直径和壁厚,满足客户的多样化需求。根据结构和工作原理的不同,张力减径机主要分为二辊式和三辊式两种类型。二辊式张力减径机是传统机型,其设计简单,易于操作和维护。在生产实践中,二辊式机型暴露出了一些局限性。机架间隔相对较大,钢管在减径过程中容易产生较大的滑动,影响了钢管的表面质量,可能导致壁厚不均等问题。此外,为弥补这些缺陷,往往需要对钢管进行额外的切割和修整,增加生产成本和废料率。相比之下,三辊式张力减径机在设计上进行了诸多优化。其机架间隔较小,使得钢管在减径过程中能够更稳定地通过,减少了滑动现象。这一改进显著提升钢管的表面质量,有效减少壁厚不均等问题^[4]。

二、无缝不锈钢管的生产工艺分析

(一) 原材料选择

1. 不锈钢坯料的选择

在无缝不锈钢管的生产中,不同的应用需求,对应着不同牌号的不锈钢,如304、316L等,这些牌号的选择,决定了产品的耐腐蚀性、强度等关键性能。(1)化学成分:选择坯料时,首要考虑的是其化学成分是否符合相关标准规定。这不仅关乎产品的基本性能,更是确保产品符合行业规范、满足客户需求的前提。(2)表面质量:坯料的表面质量同样不容忽视。光滑平整、无裂纹、无氧化皮等缺陷的表面,是后续加工得以顺利进行的基础,保证最终产品品质的关键。(3)尺寸精度:坯料的直径和长度需严格满足生产工艺的要求。尺寸的精准匹配,影响生产效率,以及产品的尺寸精度和整体性能^[5]。

2. 坯料预处理

坯料预处理是无缝不锈钢管生产流程中不可或缺的一部分,为后续加工提供了高质量的基础材料。预处理的主要目标是去除坯料表面的杂质和氧化层,确保坯料表面洁净、平整。(1)酸洗:酸洗是坯料预处理的关键步骤之一,主要用于清除坯料表面的氧化皮和锈迹等杂质。这些杂质如果不被有效去除,可能会在后续加工过程中影响钢管的质量,导致产品表面出现瑕疵或机械性能下降。酸洗通常使用酸性溶液,如硫酸、盐酸或硝酸等,根据坯料材质的不同选择适当的酸液种类和浓度。在酸洗过程中,酸液与坯料表面的氧化物发

生化学反应, 溶解并去除这些不需要的物质, 露出干净的金属基体。为了保护环境和操作人员的安全, 现代酸洗工艺还会配备有效的废气处理系统和废水回收装置, 减少对环境的影响。(2) 打磨: 打磨工序紧随酸洗之后, 进一步改善坯料表面的品质, 确保其平整度和平滑度。通过打磨可以消除酸洗后可能残留的微小缺陷, 如凹凸不平的地方或细小的划痕, 保证后续加工时钢管壁厚的均匀性和尺寸精度。打磨可以通过手动工具或自动化设备进行, 具体取决于生产规模和效率要求。对于大批量生产的工厂来说, 自动化的打磨设备能够提供更高效、更一致的处理效果, 并且可以更好地控制打磨力度, 避免过度打磨造成材料浪费。

(二) 热轧穿孔

在无缝不锈钢管的生产流程中, 热轧穿是整个制造过程的起点, 这一步骤通过精密的穿孔机操作, 将原料转化为初步的无缝钢管形态, 为后续加工奠定了坚实的基础。在热轧穿孔之前, 原料(通常是圆坯)需要被加热到一个特定的高温, 大约为1200摄氏度左右。这个温度的选择是为了确保材料具有足够的塑性和流动性, 便于后续加工。在这个温度下, 金属内部的原子活动增加, 分子间的结合力减弱, 使得金属变得更加柔软, 易于变形而不易破裂。此外, 合适的加热可以减少穿孔过程中产生的内应力, 降低裂纹和其他缺陷的风险。为了保证均匀加热, 通常会使用连续式加热炉, 并配备有精确的温度控制系统。原料被充分加热后, 会被送入穿孔机中。在无缝钢管的制造中, 最常用的穿孔设备是锥形辊穿孔机。这种机器的设计特点在于它的锥形辊子, 这些辊子在旋转的同时也向前推进, 随着原料的前进逐渐扩大孔洞的直径, 形成均匀的壁厚, 提高产品的尺寸精度和机械性能。锥形辊穿孔机能够承受极高的工作温度和压力, 保持稳定的生产条件。此外, 通过调节穿孔扩径量, 制造商可以优化钢管的几何形状, 满足不同应用的需求, 并为接下来的冷拔或冷轧工序做好准备。

(三) 冷轧延伸: 精度与质量的双重提升

无缝钢管在热轧穿孔后, 其初步形态已经确立, 但为了满足更为严格的尺寸精度和表面质量要求, 以及进一步消除内部的残余应力, 冷轧延伸处理成为重要的一环。冷轧延伸, 顾名思义, 是在较低的温度下, 通过冷轧机对钢管进行多道次的轧制, 精确控制直径和壁厚。

1 多道次轧制

在冷轧延伸过程中, 钢管需要经过一系列精心设计的轧制道次。每一道次的轧制量都经过严格计算和控制, 保证钢管的尺寸逐渐逼近预定的要求, 保持良好的圆度和直线度。这种多道次轧制的方式, 提高了钢管的尺寸精度, 使其表面光滑, 减少缺陷, 提升产品整体质量。此外, 多道次轧制有助于均匀分布钢管内部的金属流动, 进一步消除热轧穿孔过程中可能产生的内部缺陷。

2 消除残余应力

在热轧穿孔过程中, 由于高温和快速变形, 钢管内部会产生一定的残余应力。这些残余应力如果不消除, 会影响钢管的力学性能和使用寿命。而冷轧延伸过程, 正是通过多道次的轧制, 逐步释放和消除这些残余应力。在冷轧过程中, 钢管受到均匀而连续的压应力作用, 使内部的金属组织发生重新排列和致密化, 从而提高钢管的强度和韧性。同时, 冷轧延伸有助于改善钢管的微观组织结构, 提升钢管的力学性能和抗腐蚀能力。

(四) 矫直与检验

经过热处理的无缝不锈钢管, 其内部组织和性能得到了

优化, 但也可能因高温处理而产生一定的弯曲或变形。因此需要进行矫直处理, 矫直机作为这一环节的核心设备, 通过精确调整钢管的弯曲度, 保证直线度和弯曲度符合行业标准和客户要求。这一步骤提升了产品的外观质量, 为后续的加工和使用提供便利, 减少因钢管弯曲导致的安装困难和性能下降。矫直过程并非简单的物理拉伸或弯曲, 而是需要依据钢管的材质、规格以及热处理后的具体变形情况, 制定个性化的矫直方案。矫直机通过多组滚轮或压头的协同作用, 对钢管施加均匀而适度的力, 逐步矫正其弯曲部分, 直至达到理想的直线度。这一过程中, 对矫直力的控制、矫直速度的调整以及矫直次数的选择都十分重要, 直接影响矫直效果和钢管的最终质量。紧随矫直处理之后的是质量检验, 这是无缝不锈钢管生产流程中的最后一道防线, 质量检验涵盖了多个方面:(1) 外观检查: 利用肉眼或放大镜检查钢管表面是否存在裂纹、锈蚀、划痕等缺陷, 这些缺陷不仅影响美观, 还可能削弱钢管的耐腐蚀性和整体寿命。(2) 尺寸测量: 使用卡尺、千分尺等工具测量钢管的直径、壁厚等关键尺寸, 符合设计图纸和技术规范的要求, 保障钢管的机械强度和密封性能。(3) 化学成分分析: 采用光谱仪等设备检测钢管的化学成分, 使其符合相关标准规定的合金比例, 满足特定应用场景的需求。(4) 力学性能测试: 包括抗拉强度、屈服强度、延伸率、冲击韧性等测试, 评估钢管在实际应用中的承载能力和抵抗变形的能力。这类测试通常会参考国际或国家标准进行, 保证产品在全球市场上的竞争力。

(五) 环保与节能

在无缝不锈钢管的生产过程中, 环保和节能是企业社会责任的体现, 更是实现可持续发展的关键。生产厂家通过采用先进的环保设备和技术, 有效减少废气、废水和固体废弃物的排放, 降低对环境的负面影响。例如, 废气处理系统能够高效捕集并处理生产过程中产生的有害气体, 使其达标排放; 废水处理设施则通过物理、化学或生物方法, 将废水中的有害物质去除或转化为无害物质, 实现废水的循环利用或安全排放。同时, 优化生产工艺和采用节能设备也是实现绿色生产的重要途径。通过改进生产工艺, 减少不必要的能耗和物料消耗, 提高生产效率和资源利用率。节能设备的应用, 如高效节能电机、变频调速系统等, 能够显著降低生产过程中的能源消耗, 减少碳排放, 为企业的绿色发展贡献力量。

结语:

无缝不锈钢管的生产工艺是一个复杂而精细的过程, 需要严格遵循生产流程和质量控制标准。通过原料准备、热轧穿孔、冷轧延伸、热处理、矫直与检验等关键步骤, 可以生产出高质量的无缝不锈钢管。同时, 注重环保和节能也是现代无缝不锈钢管生产的重要方向。随着科技的不断进步和市场的不断发展, 无缝不锈钢管的生产工艺将不断优化和创新, 以满足更高层次的市场需求。

[参考文献]

- [1] 汤磊, 金加明, 吴汉民. 中国不锈钢无缝管的发展和前景分析[J]. 现代营销(信息版), 2020, (05): 92-93.
- [2] 付新彤, 管志杰. 我国不锈钢钢管发展情况[J]. 冶金经济与管理, 2018, (01): 32-35.
- [3] 严圣祥, 钟倩霞. 不锈钢管生产技术的发展[J]. 钢管, 2008, (02): 5-10.
- [4] 江永静, 钟倩霞. 不锈钢管的需求和生产技术发展概况[J]. 钢管, 2006, (05): 9-12.
- [5] 钟倩霞, 严圣祥. 我国不锈钢管市场需求及国内外不锈钢管生产技术发展趋势[J]. 钢管, 2002, (05): 1-8.