

# 小口径冷拔无缝钢管生产现状及技改方案<sup>\*</sup>

苏俊, 张铮

(江苏诚德钢管股份有限公司, 江苏 江都 225200)

**摘要:** 分析了国内小口径冷拔无缝钢管的现状和存在的问题, 提出了采用Mini型连轧技术生产小口径无缝钢管的技术方案, 通过其质量和成本的对比, 得出改造的技术可行性。

**关键词:** 小口径冷拔无缝钢管; Mini型MPM连轧管技术; 设备选型; 质量

**中图分类号:** TG356.52

## 引言

我国无缝钢管生产能力和产量已经连续几年排名世界第一, 国内几乎拥有全世界所有技术种类的无缝钢管轧管机组, 但因历史发展的原因, 技术布局参差不齐, 落后的冷拔机组及技术占有相当的比例, 尤其是小口径无缝钢管的生产比例更高, 这些落后技术的机组在未来的竞争中除少量特殊用途小口径钢管的生产可能生存下来以外, 大量机组将被淘汰。因此, 小口径无缝钢管生产的技术改造方向是决定其企业生命力的主要因素。

本文根据这一现状和当今的技术发展趋势, 探讨采用Mini型连轧技术替代自动轧管机和穿孔+冷拔等传统技术生产小口径无缝钢管的可行性。

## 1 我国小口径无缝钢管生产的现状及存在的问题

### 1.1 现状

经过多年的发展, 我国无缝钢管生产机组的装备水平有了明显的提高, 但是小口径无缝钢管生产装备水平还有待于提高。按不同装备水平对中小口径无缝钢管生产机组情况分析如下:

#### 1.1.1 国际先进水平轧管机组

到2006年底, 我国已拥有国际先进水平小口径无缝钢管生产轧管机组达到3套, 其中包括2套二辊连轧管机组和1套PQF三辊连轧管机组, 设计生产

能力约为70万t, 占中小口径无缝钢管生产总生产能力的10%左右。

#### 1.1.2 国内先进水平轧管机组

目前, 我国还拥有属国内先进水平的轧管机组10套, 包括改造的自动轧管机组Accu-Roll轧管机组、三辊轧管机组以及顶管机组, 实际生产能力可达140万t, 占中小口径无缝钢管生产总生产能力的20%左右。

#### 1.1.3 国内一般水平轧管机组

国内一般水平的轧管机组主要引进的二手设备, 如三辊轧管机组、顶管机组及狄塞尔轧管机组等, 生产能力达50万t左右, 占小口径无缝钢管生产总生产能力的7%左右。

#### 1.1.4 国内落后水平轧管机组

目前, 国内还有落后水平的轧管机组约250套, 主要为 $\Phi 50 \sim 100$  mm自动轧管机组等, 生产能力约为300万t, 占总小口径无缝钢管生产生产能力的43%左右, 其中, 属于国家钢铁产业发展政策规定需淘汰的 $\Phi 76$  mm及以下规格的机组约100套, 生产能力为200万t左右。

### 1.2 存在的问题

与发达国家相比, 我国无缝钢管生产还存在许多问题, 表现在以下几个方面:

#### 1.2.1 装备严重落后

我国无缝钢管生产发展不平衡, 先进装备虽在不断增加, 但是因各种原因, 属于国家钢铁产业发展政策要求淘汰的 $\Phi 76$  mm及以下的规格的自动轧管机组基本没有被淘汰, 反而生产能力还有所增加。到

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2008-02-18

作者简介: 苏俊(1967—), 男, 高级工程师。电话: 13952599808。

目前为止,  $\Phi 76$  mm 及以下规格的自动轧管机组的生产能力为 200 万 t 左右, 约占现有总生产能力的 20%。这些机组所需管坯全部为外购的轧坯, 采用落后的穿孔、酸洗、冷拔工艺生产小直径无缝钢管, 其能耗高, 成材率低, 污染环境严重。

### 1.2.2 企业集中度不高

目前无缝钢管生产企业有几百家, 其中生产规模较大、有两套以上可以生产热轧产品无缝钢管机组的企业只有 7 家, 产量只占全国总产量的 57%, 其余约 43% 的产品是由分布很散的无缝钢管小企业生产。

### 1.2.3 轧管机装备水平发展不平衡

小直径无缝钢管机组的总体装备水平不高, 约 50% 的生产能力为一般水平和落后机组。这反映出我国无缝钢管轧机装备水平发展不平衡, 小直径管的总体装备水平还有待提高。

### 1.2.4 国家钢铁产业发展政策的出台, 对钢铁行业提出了更高的要求

新的钢铁产业发展政策明确提出, 今后的发展重点要强调结构调整, 提高产品竞争力, 并以发展循环经济为理念, 节能降耗, 降低生产成本; 加快淘汰并禁止建设包括  $\Phi 76$  mm 及以下规格的自动轧管机组等落后装备, 今后无缝钢管的发展也必须符合产业政策的各种要求。

## 2 改造思路及方案

### 2.1 基本原则

小口径无缝钢管技术改造是基于其自身存在的不足和产品发展的主要方向, 并结合国内外小口径无缝钢管生产技术的发展趋势这一基本原则。主要有以下几个方面:

- (1) 提高现有小口径无缝钢管的产品尺寸精度;
- (2) 双倍尺出成品, 轧出单支钢管最大长度 24 m 以上, 提高产品的成材率;
- (3) 在生产工艺方式的选择上必须以一火成材(含张力减径前的再加热) 和热轧成材为准;
- (4) 品种结构要多元化, 能适应各种高要求无缝钢管的生产;
- (5) 产品的表面质量要优于具备目前国内先进水平机组的产品质量;
- (6) 所采用的技术必须成熟可靠; 生产线的投资规模、生产能力与企业自身承受力相匹配; 生产规模控制在 10~15 万 t/年的范围内;

(7) 技术水平必须符合国家的现行产业政策关于节能减排、环保和产业政策调整的相关要求。

### 2.2 工艺流程的确定

根据以上技改原则, 可以确定总体工艺流程, 见图 1。

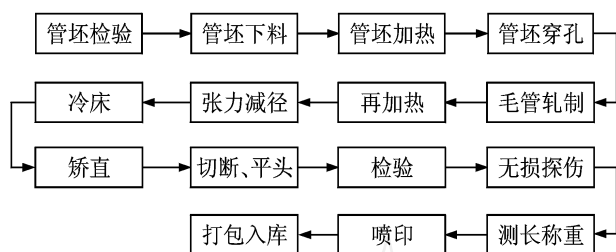


图1 小口径冷拔无缝钢管技改工艺流程图

### 2.3 主要设备选型

主要设备选型是决定生产线技术水平和工艺特色的关键一环, 在工艺方案确定以后, 选择不同的生产设备可能对项目的最终发展方向起到决定性的作用。本文将就不同工序的设备配备进行对比, 找出一个最佳的配置, 以供小口径无缝钢管生产技改时参考。

#### 2.3.1 管坯的切断

管坯切断的主要目的是为生产提供计算好长度的单支原料, 国内现阶段比较好的方法是采用带锯床切断。

带锯床切断可以得到平整垂直的切口, 同时原料切口宽度小, 原料的切口损失低; 同时, 平整垂直的切口会得到规范圆滑的毛管管端形状, 有利于后道轧制工序的生产, 对提高产品的成材率有好处, 因而相对火焰切割和剪断机及其他方式在节约材料和提高产品质量方面是比较有优势的。

#### 2.3.2 管坯的加热

管坯的加热的目的是将钢坯加热到一定的温度, 处于良好的热加工状态, 加热务求均匀, 断面及长度方向温度偏差小, 保证管坯在穿孔过程中不产生严重的壁厚不均现象。

比较先进的加热炉有环形炉和步进炉, 相比较而言, 后者的加热过程中管坯可以边加热边旋转, 加热效果要优越一些, 而前者的生产效率要高于后者, 另外, 步进炉的占地面积要小于环形炉, 投资也相对小一些; 对于小口径无缝钢管的生产来说, 选择步进炉比较切合生产实际。步进炉已完全能实现国产化。步进炉的加热推荐采用目前国内外流行的蓄热式加热器, 可以达到更均匀的加热和节能环保的效果。

2.3.3 管坯的穿孔

管坯的穿孔技术经过 100 多年的发展, 已经成为绝大多数无缝钢管生产线的最主要工序之一, 穿孔机的选择要充分考虑整套生产线的变形分配。国内外主要有曼式穿孔机和菌式穿孔机; 后者是上世纪 80 年代后期的产物, 许多技术文献都对二者进行了工艺优越性的对比, 基本公认菌式穿孔机较曼式穿孔机有更大的变形能力, 而且能抑制曼内斯曼效应, 减少穿孔毛管的扭转变形, 提高穿孔毛管的内在质量, 更适合合金无缝钢管的生产; 从近年国内外的新机组配备情况看, 现代化无缝钢管生产线都采用了菌式穿孔机, 为了进一步提高变形量, 大量采用导板式立式穿孔机, 在导板的安装方式上作了很多工作, 以提高设备的生产效率, 更为了加强导板的冷却效果, 提高导板的使用寿命。

我国的菌式穿孔机设计制造水平已经非常成熟。

2.3.4 荒管的轧制(轧管工序)

轧管机作为轧管工序的主要设备, 它的机型也就决定了整个生产线的特点, 因此, 轧管机实际上就是整条热轧生产线的核心。

国内外现有的先进技术小口径无缝钢管轧管机有两大类: 一类是以斜轧为变形方式, 如 Accu-Roll 轧管机、A ssel 轧管机、狄塞尔轧管机 D iescher(限动芯棒二辊斜轧延伸机); 另一类以纵向轧制为变形方式, 如顶管机(CPE)、二辊连轧机(M PM)、M ini 二辊连轧机(M PM)、三辊连轧管机(PQ F)。各种类型轧管机组的特性和相关技术参数见表 1 (Φ114 mm 以下机组)。

通过表 1 中各项技术指标的对比, 结合本文所述的小口径无缝钢管生产技术改造的基本原则, 笔者认为 M ini 型 M PM 连轧管机是一种比较合适的选择, 它兼顾了产品的壁厚精度、表面质量的优越性, 延伸系数大、荒管长度长、D /S (径壁比) 大的变形能

力, 规模适中, 适合中小企业的生产经营能力。技术来源要靠引进, 包括核心设备和相关的工艺及控制软件, 相关配套设备国内已完全具备设计生产能力, 引进的费用相对来说较低。

2.3.5 再加热和减径设备

小口径无缝钢管在轧制过程中虽然具有节奏快的优点, 但其管体自身相对大口径无缝钢管单位质量的表面积要大许多, 蓄热能力小, 因此在生产过程中热量散发快, 两道工序之间温降比较大。所以必须在连轧后配备再加热炉, 才能确保钢管的进一步变形条件。

考虑到加热过程的自动化和生产的节奏, 国内外普遍采用步进式再加热炉, 目前我国已经完全具备设计和制造优良的再加热炉能力。再加热炉的尺寸要兼顾最大最长的荒管的生产, 连轧管机后的再加热炉宽度达到 26 m 以上, 长度则根据生产量 and 生产节奏来确定。

M ini 型 M PM 连轧管机的孔型规格少, 尤其是小口径无缝钢管机组, 为了整条生产线的产品规格的扩展, 光靠小范围的减径是不充分的, 因此, 在连轧后至少要配备微张力减径机, 最好是配备 24~ 28 架的三辊张力减径机, 也可以分步实施, 先配备微张力减径机, 确保一部分产品的生产, 有条件的情况下再配备 24~ 28 架的三辊张力减径机以扩展产品的组矩。

2.3.6 冷床和精整设备

冷床和精整设备的选择主要考虑的是与生产主线的产能匹配问题, 另外在冷床的类型选择时可以选择对钢管在冷却过程中外表面无损伤, 具备自动矫直能力的设计方式, 有厂房条件的情况下要充分考虑冷床的缓冲能力和专用管的再线热处理能力。管体切断最好是采用圆盘飞锯, 也可以采用其他形式的切断设备。

表 1 各种类型轧管机组的特性和相关技术参数

机组类型	A ccu-Roll 轧管机	A ssel 轧管机	D iescher 轧管机	CPE 轧管机	M PM 连轧管机	PQ F 轧管机	M ini/M PM
壁厚精度	± 6% ~ 8%	± 6% ~ 8%	± 6% ~ 8%	± 8%	± 6% ~ 8%	± 4% ~ 6%	± 6% ~ 8%
表面质量	轻微内螺旋	轻微内螺旋	轻微内螺旋	内外光滑	内外光滑	内外光滑	内外光滑
延伸系数	1.0~ 1.8	1.0~ 2.5	1.0~ 1.6	3.8(M ax)	5.0(M ax)	6.0(M ax)	3.0(M ax)
荒管长度/m	14.0	13.0	11.0	16.0	26.5	/	24.0
规模/(万 t/年)	5.0	7.0	5.0	8.0~ 10.0	20.0 以上	30.0	12.0~ 15.0
D /S (径壁比)	25	15	20	25	35	40	32
技术来源	国产化	国产化	国产化	德国、意大利 引进	德国、意大利 引进	德国、意大利 引进	德国、意大利 引进

注 1: 表中所列数据采集于国内生产企业实际使用过程中已确认的参数, 与国内外一些学术刊物所报道的数据略有出入。  
注 2: PQ F 轧管机目前国内外还没有 Φ114 mm 以下机组。

2.3.7 其他设备

由于本文所涉及的是原有小口径无缝钢管的改造,许多精整和探伤的辅助设备可以在改造的同时对其进行升级改造,减少投资。

但是,作为一条具有国内外先进水平的无缝钢管生产线,其质量检测设备的装备水平和完整性是不可忽视的,过去许多的企业不重视这些,应该引起注意。

为保证产品的表面质量,应该在穿孔机的来料方向和减径机的进料方向设置高压水除鳞设备。在穿孔机的前台设置热定心装置。

2.3.8 自动化及信息化

在现代市场竞争中,自动化和信息化能帮助企业更快更准确的把握生产信息和市场信息,生产线的建设必须考虑达到一定的自动化控制水平。

2.4 原料和变形分配

原料的选择是根据产品的组矩范围和生产线的变形能力来确定的(表2)。对于小口径无缝钢管生产线来说,选择的原料过大会使得轧管机组的负荷超

出设计要求,生产过程不稳定,产品的下限指标难以达到;选择的原料过小,则产品的倍尺要求难以实现,产能也会受到限制。根据穿孔机和轧管机的生产能力以及产品的组矩范围,Mini型MPM连轧管机组的主要坯料尺寸应该用Φ100 mm 或Φ110 mm。

根据设计原则,穿孔毛管的长度要达到8 m以上,连轧以后的荒管长度达到20 m,经过张力减径后钢管成品长度超过24 m。

2.5 金属消耗系数

根据各道工序的变形规律和变形量的大小,作出生产线的金属消耗系数,可以确定产品生产过程中的成材率为95.2%,详见表3。

2.6 相关设备重量及投资估算

相关设备估计重量见表4。

以设备的配置总重量作为估算依据,生产线的引进设备投资约1.0亿元人民币,国产设备的投资量在1.0亿元人民币左右,加上不可预见的投资额,总体投资在2.2亿元人民币左右。

表2 原料和变形分配表

项目	指标	延伸	备注
上料管坯尺寸	Φ100 mm × (2.0~ 3.0) m	- -	
穿孔毛管尺寸	Φ104 mm × 8.0 m~ 18 mm × (6~ 8.5) m	2.5~ 4	
轧后荒管尺寸	Φ98 mm × 3.5 m~ 14 mm × (16~ 22.5) m	1.5~ 3	
减径后尺寸	Φ(32~ 89) mm × 3.0 m~ 12 mm × (20~ 32.5) m	1.0~ 1.5	
成品尺寸	Φ(32~ 89) mm × 3.0 m~ 12 mm × (6.0~ 12.0) m	- -	

表3 金属消耗系数表

工序	切断	加热	穿孔	轧制	定径	再加热	精整	切头	其他	合计
消耗量/%	0.001	1.0	-	-	-	0.5	-	3	0.3	4.8

表4 设备估计重量表

序号	设备名称	数量/(台/套)	估计总重量/t	备注
1	带锯床	4	10	
2	步进加热炉	1	200	
3	菌式穿孔机	1	150	
4	热定心机	1	20	
5	Mini型MPM连轧管机	1	300	含脱棒机及辅助装置(引进)
6	再加热炉	1	150	
7	除鳞装置	2	50	
8	张力减径机	1	200	
9	冷床	1	200	
10	切头	2	80	
11	质量控制设备		100	
12	辅助设备		800	含起重设备
	合计		2260	

考虑到设备引进的制造周期,估计生产线的建设周期为12个月左右。

### 3 综合分析

#### 3.1 产品质量分析

生产线采用立式菌式穿孔机+Mini-MPM+张力减径机的主变形工艺代替传统落后的穿孔+冷拔或自动轧管机工艺,使产品的质量达到了国际先进水平。

菌式穿孔有其独特的优越性,它利用锥型轧辊,在穿孔过程中能抑制曼内斯曼效应,减小金属的附加变形,减少毛管缺陷产生的条件,对合金钢管的生产效果十分明显,有利于企业提升产品的钢级。毛管的壁厚均匀性要比传统的曼式穿孔机高,另外菌式穿孔机轧制速度快,对提高产量比较有利。

连轧钢管的尺寸精度与自动轧管机相比,其尺寸精度有明显的提高,可以达到 $\pm 6\% \sim 8\%$ ,而传统的自动轧管机尺寸精度只能达到 $\pm 10\%$ 。

连轧钢管的主变形方向为纵向轧制,管体内表面不会产生内表螺旋缺陷,由于采用的芯棒润滑条件好,产品的内表面光滑。通过高压水除鳞后进入减径机,外表面的质量也得到改善。

三辊减径后的成品钢管,其外径精度达到 $\pm 0.3\% \sim 0.5\%$ ,减径后的钢管长度可以实现两倍尺甚至三倍尺,矫直后的直度可达 $1\text{ mm}/1\ 000\text{ mm}$ 。

#### 3.2 成本分析

连轧生产的产品实现了倍尺生产,产品的成材率有了大幅度的提高,达到95%以上,而一般的单倍尺生产的小口径钢管的综合成材率只能在83%~86%之间,相差9%~12%。综合考虑其生产固定成本,就一般管的生产对比,比传统工艺仍然有200~300元/t的成本空间。如果对专用管或合金管的生产时以终轧温度代替正火加热温度则其成本的节约则更大,市场竞争的优越性较强。

### 4 结束语

通过本文的探讨,可以认为,我国小口径无缝钢管走Mini-MPM连轧改造的路子,可以实现企业的技术提升,提高我国小口径无缝钢管的整体质量水平,符合国家的产业发展政策和结构调整的思路,使企业跳出低水平恶性竞争的怪圈。

#### 参考文献:

- [1] 成海涛,郭元蓉 我国电站锅炉用管的现状与发展对策[J] 钢管,2006,155(2): 6-9
- [2] 李晓红 我国无缝钢管供需市场分析与前景展望[J] 钢管 2006,155(2): 46-49
- [3] 殷国茂 中国钢管50年[M] 成都:四川科技出版社