

# 20g 高压锅炉用无缝管的质量控制

高秋艳, 刘亚平, 余梅枝

(安阳钢铁集团有限公司, 河南 安阳 455004)

**摘 要:** 简要介绍了 20g 高压锅炉用无缝钢管的生产工艺流程; 对 20g 钢成分控制、脱氧控制, 以及成品管热处理工艺控制进行了分析, 进而采取了合理的工艺措施, 从而保证了钢管质量。

**关键词:** 20g 钢; 高压锅炉用管; 热处理工艺; 质量控制

**中图分类号:** TG335.71 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-9996(2002)04-0020-03

## Quality control of seamless steel pipe for 20g high-duty boiler tube

GAO Qiu-yan, LIU Ya-ping, SHE Mei-zhi

(Anyang Iron & Steel Co., Ltd., Anyang 455004, China)

**Abstract:** The processing of producing seamless steel pipe for 20g high-duty boiler tube was briefly introduced. The composition and killing control of 20g steel and the heat treatment processing control of finishing product were analyzed. The reasonable control measures were obtained and the quality of steel pipe was assured.

**Key words:** 20g steel; high-duty boiler tube; heat treatment processing; quality control

部上辊孔型外宽从  $S_1$  到  $S_5$  递减, 腰部下辊孔型内宽从  $S_1$  到  $S_5$  递增。

### (3) 腿尖处高度 $H_3$ 的设计

由于腿尖部位处于孔型的缩口处, 主要应考虑如何避免出现耳子和充满不良。

①从  $S_1$  到  $S_5$ , 压下量逐步减小, 一般取 18~8mm。

②在闭口孔型中压下量可以取大些, 在半开半闭口孔型中压下量取值小些。

③根据本道次的压下量和腿腰延伸情况, 确定与缩口处对应的其上一道次孔型中对应部位的圆角大小。

## 5 轧制过程中的技术难点及解决办法

在轧制过程中出现的主要问题有尺寸超标、腿尖钝化、腿尖耳子、腿尖折叠等。

(1) 尺寸缺陷主要是指腰厚和总高超出国家标准。可以通过增减轧机辊缝来改善这两个尺寸, 其他尺寸主要靠孔型设计来保证。

(2) 腿尖钝化是由于轧件腿尖充满不良造成的。这可通过增加该道次的压下量来解决。

(3) 腿尖耳子是由于轧件过充满造成的。减小本道次的压下量或重车孔型时增加前一道次对应部位的圆弧半径, 可以有效消除此缺陷。

(4) 腿尖折叠是由于轧件在前部道次的轧制中出现耳子, 在下一道次的轧制中耳子被叠压形成的。根据轧件上折叠出现的位置可确定出现耳子的机架, 减小该机架的压下量, 而通过调整无法消除的应对孔型形状进行修改。

## 6 生产情况

1999 年 2 月~2000 年底, 共生产 25U 型钢近 2000t, 产品完全符合相应标准要求, 成材率达 95% 左右, 经用户使用得到了普遍的好评, 并于 2000 年底通过了省级鉴定。通过对中型 H 型钢生产线的设备、工艺和自动化控制系统的不断消化吸收及运用, 目前莱钢可以大批量生产矿山支护用热轧 25U 型钢。

随着我国电力及能源工业的迅猛发展，锅炉用管需求日益增加，为此，安阳钢铁集团有限公司研制开发了 20g 高压锅炉用管。

1 生产工艺及质量控制

1.1 生产工艺流程

安钢无缝钢管生产工艺流程：

2×10t 电弧炉冶炼—炉外吹 Ar、喂线处理—模铸 266mm×266mm/230mm×230mm 钢锭—Φ650mm×3 开坯机轧制 Φ75mm 管坯—Φ90mm 自动轧管机组轧制荒管—荒管拔制—酸洗、磷化、皂化—中间退火/成品正火—矫直—表面检查—涡流、超声波探伤—称重、包装—入库。

1.2 冶炼工艺与钢质控制

1.2.1 成分设计及控制

表 1 20g 管坯钢化学成分控制

| 质量百分数/% | C                 | Si                | Mn                | P                    | S                    | Al <sub>s</sub> |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| 实测值     | 0.17~0.22<br>0.20 | 0.17~0.35<br>0.25 | 0.40~0.54<br>0.47 | 0.005~0.020<br>0.013 | 0.007~0.020<br>0.012 | ≤0.005          |
| 设计值     | 0.17~0.22         | 0.17~0.65         | 0.35~0.65         | ≤0.020               | ≤0.020               | ≤0.010          |

实际生产中，除个别炉次碳含量波动大外，波动基本控制在  $w(C) \leq 0.04\%$  范围，成分稳定。

1.2.2 脱氧控制

氧能使钢的塑性降低，产生气泡和疏松，特别是氧化物夹杂会使钢的疲劳极限降低，冷加工性能变坏。安钢采用 10t 电炉冶炼生产 20g 管坯钢，未经 LF 炉精炼，部分炉次的气体含量明显偏高。其中  $w[N] > 0.008\%$  的样本比例占 20%； $w[O] > 0.010\%$  的比例占 15%；管坯硅酸盐、硫化物夹杂指数大于 2.5 级的比例分别为 11.1%、9.09%，氧化物夹杂指数均小于 1.5 级。

研制期间严格脱氧制度，要求还原期预脱氧加入 1.2kg/t 的 Fe-Al-Si 合金，钢包采取 6m/t 钢的喂 Ca-Si 线强化脱氧，同时保证吹氩搅拌时间大于 5min，20g 钢质测试结果见表 2。

表 2 20g 管坯气体夹杂含量控制效果

| 样本  | 气体/×10 <sup>-6</sup> |                      | 夹杂/级 |       |       |
|-----|----------------------|----------------------|------|-------|-------|
|     | [O]                  | [N]                  | 硅酸盐  | 氧化物   | 硫化物   |
| 33  | 0.003~0.012<br>0.007 | 0.004~0.009<br>0.007 | 0~3  | 0~1.5 | 0~2.5 |
| 标准值 | -                    | -                    | ≤2.5 | ≤2.5  | ≤2.5  |

从终脱氧对比情况看，采用 Fe-Al-Si 合金，

20g 钢中化学成分的波动将导致产品的常温、高温性能波动，影响钢管的使用寿命。在实际冶炼过程中应尽可能地控制化学成分的波动，特别是碳含量的波动应控制在  $w(C) \leq 0.04\%$ 。

钢中的硫与铁形成低熔点化合物，使钢产生热脆；磷则使钢产生冷脆和回火脆性，同时硫和磷都将降低可焊性，促使焊接裂纹产生。试制阶段 20g 钢的内控标准要求  $w(P) \leq 0.020\%$ ， $w(S) \leq 0.020\%$ 。

为防止和避免碳钢和低碳钢的石墨化，以及钢中铝酸盐夹杂对产品冷加工性能的影响，应限制钢中的残 Al 含量， $w(Al_s) \leq 10 \times 10^{-5}$ 。在 20g 钢冶炼过程中采用喂 Ca-Si 线，实现钢包强脱氧精炼。化学成分控制见表 1。

吨钢加入量在 1.45~2.4kg（平均为 1.76kg/t）的炉次，管坯改判率为 24.38%；而同时采用吨钢加入量为 1.70~2.12kg 的 Ba-Al-Si 脱氧时，则管坯改判率仅为 9.1%。可见脱氧手段、合金料的加入量不同，管坯质量状况有明显的差异，其脱氧效果、内在质量直接反映在管坯表面缺陷的暴露程度上。

1.3 热处理工艺及其组织和性能控制

热处理工艺对钢热强性能的影响远大于对常温力学性能的影响，而持久强度又是锅炉设计的主要依据，因此，只有采取合理的热处理工艺获得优良的组织，才能保证持久强度和在高温、高压使用条件下的性能稳定。

1.3.1 加热温度对组织形态的影响

热轧荒管生产工艺的合理与否，对后序冷拔管组织、性能具有较大影响，采用不同的加热工艺时，荒管组织具有明显差异，见表 3。

表 3 数据表明，荒管组织中普遍存在魏氏组织。这是由于生产工艺恰处于具备生成魏氏组织的条件（1200℃ 以上长时间保温），若要彻底消除魏氏组织，具有一定的难度，因此应采用管坯低温加热制度，以减少魏氏组织的产生。

1.3.2 成品管热处理工艺及其组织、性能控制  
成品管正火工艺与组织、性能见表 4。

表 3 20g 荒管加热工艺及其组织

| 工艺方案 | 加热制度    |           |           |          | 穿后温度/     | 魏氏组织/ |
|------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|-------|
|      | 预热温度/℃  | 加热温度/℃    | 均热温度/℃    | 加热时间/min | ℃         | 级     |
| 工艺 1 | 680~720 | 1100~1150 | 1270~1300 | 120~140  | 1200~1220 | 2~2.5 |
| 工艺 2 | 680~720 | 1160~1200 | 1250~1280 | 100~130  | 1200~1240 | 1~1.5 |

表 4 20g 成品管正火工艺及其组织、性能

| 正火 工艺 | 预热温度/℃        | 加热温度/℃   | 均热温度/℃  | 正火时间/min | 冷却 方式 | 魏氏组 织/级 | 晶粒 度/级     | 脱碳层内表 /外表/mm     | 力学性能            |                 |              |
|-------|---------------|----------|---------|----------|-------|---------|------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
|       |               |          |         |          |       |         |            |                  | $\sigma_s$ /MPa | $\sigma_b$ /MPa | $\delta_5$ % |
| 工艺 1  | 910~950       | 930~980  | 900~950 | 20~25    | 风冷    | 2.0~2.5 | 7.5~8.5    | 0.23/0.21        | 300~365/333     | 455~525/488     | 30~39/33     |
| 工艺 2  | 910~950       | 910~950  | 870~890 | 12~17    | 风冷    | -       | 8.5~9.0    | 0.20/0.26        | 290~380/335     | 445~545/480     | 30~38/34     |
| 工艺 3  | 1020~1050     | 960~1000 | 930~980 | 8~10     | 风冷    | -       | 9.0~9.5    | 0.08/0.00        | 330~355/340     | 475~540/489     | 32~38/34     |
| 标准值   | 正火钢温 900~930℃ |          |         | -        | -     | $F + P$ | $\geq 4.0$ | $\leq 0.40/0.30$ | $\geq 245$      | 410~550         | $\geq 24$    |

注：1. 按工艺 2 处理后，部分试样存在有 0.5~1.5 级的魏氏组织。2. 表中力学性能各指标值的“/”号前为范围值，“/”号后为平均值。

表 4 中各工艺条件下的组织状态差异在于魏氏组织的形成及其严重程度，这一异常组织的出现是制约 20g 成品钢管交货的主要原因。

魏氏组织在 0~2 级之间对钢的常温组织性能影响不明显，而 3~5 级的魏氏组织则对常温性能具有一定的影响，主要表现在钢的屈服和延伸特性上。魏氏组织对钢的高温性能具有一定的影响，其规律性及影响程度尚待进一步深入研究。

安阳钢铁公司连续式退火炉长度为 34.852m，其中均热段长度约为 20m，具有加热短、保温长，炉温控制困难的缺点，生产中要使均热段达到所需的加热温度以保证钢温要求，就必须依靠调整加热段温度和加快炉内辊道运行速度来实现，因此各段温度控制难以保证准确、均匀、稳定，给魏氏组织形成创造了条件。另外荒管中遗留的较严重魏氏组织在中间退火不充分的条件下，靠短时间的成品正火是难以彻底消除的。

从表 4 工艺 3 试验情况看，采用高温、快速的加热方式，即可保证钢管出炉温度、又不致产生组织缺陷。正火时间按 2~3.5min/mm 管壁控制，并尽可能缩短管料在均热段的停留时间。但这种工艺弊端是随正火时间的减少，组织晶粒变得很细，这是由于冷拔后钢材基体组织为细小

破碎的铁素体晶粒，内应力大且易开裂，在中间及成品退火（或正火）过程中，若退火（或正火）时间过短，晶粒来不及恢复长大，将形成细小铁素体晶粒组织。当这种极细组织的晶粒超过 10 级，将使钢材在强度大幅度提高的同时，塑性降低，伸长率下降，甚至导致屈服点不明显。因此热处理过程中，在尽可能避免魏氏组织产生的同时，应保证组织正常和各项力学性能指标。

成品正火处理的关键在于保证标准要求的正火温度，使组织得以充分的回复、再结晶，避免魏氏组织的出现。

2 结语

（1）冶炼还原期同时采用 Fe-Al-Si 和 Ba-Al-Si 脱氧，及钢包加 Ba-Al-Si 深脱氧，可保证残 Al 含量<0.010% 的情况下，脱氧效果好、管坯表面裂纹少、改判率低。研究过程中，有必要进一步稳定残 Al 含量，并控制在 0.006%~0.008% 范围内，改善管坯表面质量。

（2）合理、稳定控制成品正火及中间退火工艺。成品采用高温、快速处理工艺，加热段温度在 1000~1020℃ 时，按 2~3.5min/mm 管壁速度控制，可避免或减轻成品管异常组织产物的形成和影响。

中国金属学会轧钢学会  
青年工作委员会召开

2002 年 6 月 19~22 日中国金属学会轧钢学会青年工作委员会在南京钢铁集团公司召开。此次会议主要是给全国青年轧钢技术人员提供一个相互交流、相互促进、共同发展的基础平台。会上各代表交流了

所在企业或院所的科技进步、发展规划和存在的技术难题等情况，起到了很好的推广先进技术和经验的作用。

会议就今后的工作作了安排：

（1）继续搞好青委会的组织建设，吸引更多的专业人士参加，拓展学术交流的范围，支持青年科技人员多写、写好科技论文。

（2）进一步建设好由南京钢铁集团公司筹办的青委会网站，欢迎各单位在网站上交流，发布轧钢科技情况、本企业的技术难题和可提供的技术等。网址为 [www. ZGH-NG. com](http://www.ZGH-NG.com)。

（3）下一次会议将就轧钢节能新技术作专题交流，并将出版论文集。

本刊讯