

# 浅析 SMS-20 火焰清理机的作用

## Analysis of the Impact of SMS-20 Scarfing Machine

供稿|姜学锋, 王威, 石凤丽, 王鹏飞 / JIANG Xuefeng, WANG Wei, SHI Fengli, WANG Pengfei

内  
容  
导  
读

对火焰清理技术的工艺原理和 SMS-20 火焰清理机的适用范围、关键部位的介质压力、清理深度的确定因素以及实践应用做了简要的介绍。分析了表面缺陷对产品质量的影响, 火焰清理对去除表面缺陷的作用。根据实际生产的中低碳钢、超低碳钢清理以及冷轧反馈情况, 对清理深度进行优化, 使板坯表面质量得到了较大的改善。

### 火焰清理定义

火焰清理是板坯表面清理的一道工序, 主要用于去除板坯容易出现表面缺陷的金属层。SMS-20 火焰清理机作业时, 利用氧气、燃气形成燃烧火焰, 预热板坯头部的局部区域, 在其表面形成稳定的预热熔池, 板坯以一定的速度向前移动, 烧嘴喷出的高压氧气流使板坯表面金属氧化, 并推动熔池向前

移动, 产生的氧化溶渣在高压水作用下粒化清除, 从而将板坯表面下 1.5~4.5 mm 金属层剥除。清理后的板坯表面平整、光洁, 表面质量得到极大提高。

### 火焰清理机的板坯适用范围

适用 SMS-20 火焰清理机的板坯范围 (包括尺寸和成份), 具体见表 1。按 230 mm 厚的板坯规格计算, 设计产能可以达到 110 万 t/a。

表 1 火焰清理机清理的板坯规格

| 厚度/mm   | 宽度/mm    | 长度/mm      | 重量/t        | 碳质量分数/%   | 温度/°C   | 产量/h <sup>-1</sup> * |
|---------|----------|------------|-------------|-----------|---------|----------------------|
| 230、250 | 900~2200 | 9000~11000 | 16.15~47.19 | 0.10~0.80 | 室温~1092 | 8                    |

注: \*表示清理机每小时清理能力为8块板坯。

### 火焰清理工艺流程

本钢炼钢厂改造的 SMS-20 火焰清理机可以双面清理, 清理完上面和侧面后通过翻钢机进行翻面后清理下表面和另一个侧面, 即呈现直角的方式进行清理。具体流程见图 1。

根据需要清理板坯宽度选择不同数量的烧嘴以减少介质浪费, 火焰清理烧嘴的数量: 宽边为 8 组, 侧面为 1 组。表 2 反映的是火焰清理模式下, 满足火焰清理机的各模块的压力参数。火焰清理烧嘴由上预热块、下预热块及氧气槽组成。在板坯的火焰清理的预热阶段, 下预热块喷高压燃气, 上预

作者单位: 本钢板材股份有限公司炼钢厂, 辽宁 本溪 117000

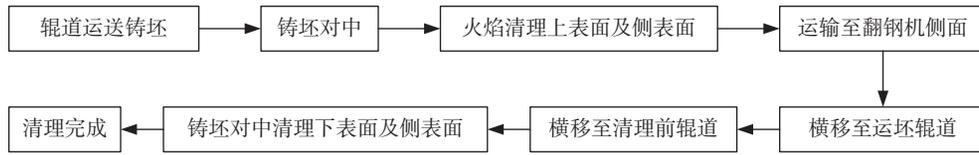


图1 工艺流程图

表2 清理模式上下预热块压力参数

| 板坯 | 位置    | kPa    |     |        |    |        |     |       |     |
|----|-------|--------|-----|--------|----|--------|-----|-------|-----|
|    |       | 下预热块燃气 |     | 上预热块燃气 |    | 上预热块氧气 |     | 氧气槽氧气 |     |
|    |       | 低压     | 高压  | 低压     | 高压 | 低压     | 高压  | 低压    | 高压  |
| 热坯 | 上表面烧嘴 | 10     | 110 | 10     | 15 | 50     | 200 | 2~15  | 210 |
|    | 侧面烧嘴  | 10     | 110 | 10     | 15 | 50     | 220 | 2~15  | 210 |
| 温坯 | 上表面烧嘴 | 13     | 190 | 12     | 15 | 50     | 260 | 2~15  | 220 |
|    | 侧面烧嘴  | 13     | 190 | 12     | 15 | 50     | 280 | 2~15  | 220 |
| 冷坯 | 上表面烧嘴 | 15     | 190 | 15     | 30 | 50     | 300 | 2~15  | 230 |
|    | 侧面烧嘴  | 15     | 190 | 15     | 30 | 50     | 320 | 2~15  | 230 |

热块喷高压燃气和低压氧气，氧气槽喷低压氧气；清理阶段，下预热块喷低压燃气，上预热块喷低压燃气和高压氧气，氧气槽喷高压氧气。

### 板坯清理深度

SMS-20 火焰清理机在稳定的清理氧气压力下，通过调节清理速度控制板坯清理深度。另外待清理板坯的成分和温度也对清理过程产生影响。清理速度  $v$  的确定过程如下：

$$v = f(B, C, T, P) \quad (1)$$

式中： $B$  为清理深度，mm； $C$  为清理钢种碳质量分数，%； $T$  为清理板坯温度， $^{\circ}\text{C}$ ； $P$  为清理氧气压力，kPa。在实际的控制过程中，首先根据生产工艺确定的清理深度要求和烧嘴的清理速度和清理厚度对应曲线关系（图2），初步确定清理速度  $v_1$ 。如规范要求汽车板清理深度按照 3.0 mm 进行控制，则根

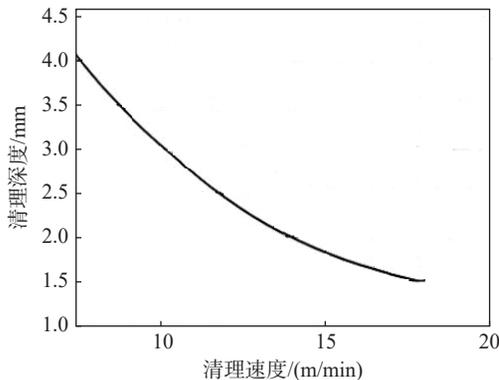


图2 清理速度和清理厚度曲线（冷坯）

据图2的曲线关系，当前的板坯温度下，清理速度就需要选择 10 m/min，如果要求 3.5 mm 的清理深度，需要选择 7.5 m/min 的清理速度。由于不同的钢种的含碳量所需要的清理氧气用量不同，因此，板坯的清理效率也会相应受到影响，含碳量越高，实际清理速度（ $v_2$ ）就得降低， $v_2$  与  $v_1$  之比为清理速度百分比，具体情况如图3所示。

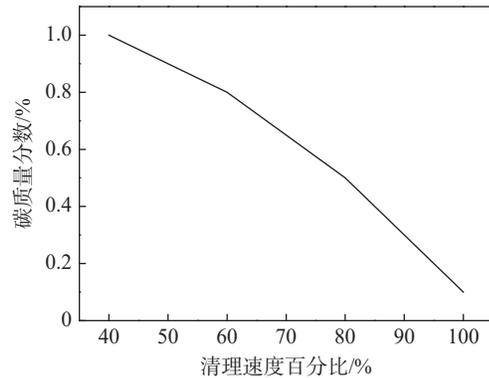


图3 钢种含碳量与清理速度百分比关系

由此得到考虑含碳量的影响后的速度：

$$v_2 = v_1 \cdot \eta_c \quad (2)$$

式中， $\eta_c$  为清理效率（根据长期生产获得的经验数据）。

由图2~3可知，清理同一钢种，其清理深度与速度呈负相关。在生产实践当中，对于同一钢种，其清理深度相同，相较于冷坯，热坯清理预热时间短，清理速度快，清理质量稳定，作业漏清率低。

此外 SMS-20 火焰清理机作业稳定, 如果能够热清热送, 缩短板坯在加热炉的停留时间, 将是节能降耗的有效途径。

### 板坯表面缺陷对产品质量的影响

板坯表面缺陷若不进行清理直接进行加热轧制, 会给轧制成品造成各种质量问题。板坯的表面气孔(气泡)、皮下气泡, 容易在冷轧品表面产生条痕缺陷; 板坯表面纵裂、横裂会在成材表面产生相应的表面裂纹和重皮<sup>[1]</sup>; 皮下夹杂会使得冷轧品产生“亮线”、孔洞、疤坑等缺陷。

#### 皮下气泡

板坯皮下气泡主要是钢液中的气体夹杂被树枝晶捕集或未能从板坯表面及时逸出, 在钢坯中富集、长大形成气泡缺陷。在加热炉内, 板坯皮下内表面被氧化而形成脱碳层, 轧制后不能焊合, 对应轧材表面呈现条痕状裂纹<sup>[2]</sup>。

#### 表面裂纹

表面裂纹根据在板坯出现的位置不同可分为表面纵裂、表面横裂、角部纵裂、边裂、角裂等。其形成受钢水成分和连铸工艺等复杂因素的影响。板坯表面裂纹在轧制过程中无法消除, 在成材表面产生相应的表面裂纹和重皮。

#### 皮下夹杂

在连铸过程中, 由于浇注时二次氧化, 在结晶

器钢水液面生成浮渣。结晶器液面波动, 浮渣可能卷入到初生坯壳表面, 残留后形成夹渣。此外, 钢包、中间包的污染, 中间包保护渣卷入、注流二次氧化以及精炼过程夹杂物带入亦将引起皮下夹杂。呈团絮聚集状夹杂物使得钢板在轧制过程中局部区域的强度下降, 金属流变不连续; 同时  $Al_2O_3$  夹杂硬度高, 轧制过程中不参与变形; 冷轧过程中随着加工硬化或加工应力不断增加, 钢中大尺寸夹杂物和集中分布的夹杂物周围产生的附加应力以及夹杂物对基体的分隔作用使得在冷轧板表面出现翘皮、孔洞、条带等宏观缺陷<sup>[3]</sup>。

### 火焰清理对去除表面缺陷的作用

表面缺陷在板坯中距离板坯表面的距离如图 4 所示, 板坯振痕和皮下气孔多数分布在皮下 0~1 mm, 角部裂纹分布在皮下 0~3 mm, 表面纵向或横向裂纹主要分布在皮下 0~6 mm, 夹杂可分布在板坯各个区域, 但以表皮浅层居多。3 种普通轧制工艺, 即冷装轧制(DR)、直过热装轧制(DHCR)、热装轧制(HCR), 仅依靠清除形成的氧化铁皮, 不足以去除深度大于 2 mm 的表面缺陷, 而火焰清理+热轧工艺(CCR)可以满足要求。SMS-20 火焰清理机清理深度在 1.5~4.5 mm, 加上加热炉形成的 0~2 mm 深度氧化铁皮, 可最大限度处理绝大部分表面缺陷。对于不同钢种, 其表面缺陷深度存在差异, 可灵活的调整火焰清理深度, 以减

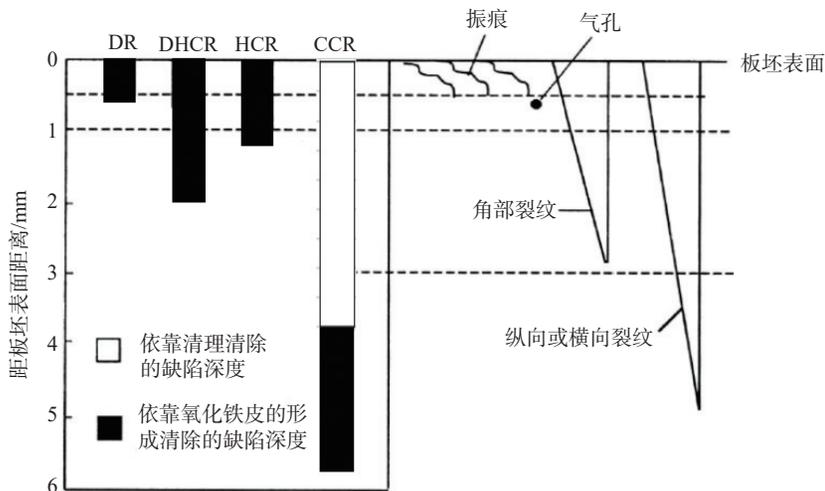


图 4 依靠火焰清理不同轧制工艺清理深度与板坯各缺陷的分布<sup>[4]</sup>

少清理带来的金属损耗。

SMS-20 火焰清理机上线以来，冷轧汽车 O5 板合格率、浇次头坯合格率呈稳步上升趋势。火焰清理机清理深度根据连轧反馈结果进行调整，冷轧汽车 O5 板、浇次头尾坯、换水口等表面缺陷较多的板坯清理深度控制在 3~4 mm，其他板坯控制在 2~3 mm。根据反馈结果来看，SMS-20 火焰清理机为产品质量提升具有积极作用。

## 结论

(1) 较于冷坯，热坯清理预热时间短，清理速度快，漏清率低，清理质量稳定，产能利用率高，建议作业时尽量保持热送热清。

(2) SMS-20 火焰清理机清理质量稳定，无需下线人工清理，如果板坯能够热清热送，缩短加热炉停留时间，将大幅降低能耗。

(3) SMS-20 火焰清理机清理深度在 1.5~4.5 mm，可最大限度处理绝大部分表面缺陷，是提

升产品质量有效途径。

(4) 不同材质的板坯表面缺陷问题不同，可根据生产现状灵活调整清理深度，在保证产品质量的前提下，降低清理金属损耗，寻求经济效益的最大化。

## 参考文献

- [1] 邱同榜, 蒋定文. 连铸坯表面缺陷的改善和热送热装工艺的实现. 武钢技术, 1992(7): 20
- [2] 范众维, 王艳林, 孙振忠, 等. 铸坯到轧材的表面缺陷演变行为研究. 失效分析与预防, 2017, 12(4): 6
- [3] 海超, 左海霞. 夹杂物引起冷轧板表面缺陷的成因与控制. 本钢技术, 2012(5): 4
- [4] 钟声. 冷轧薄板表面缺陷产生原因综述. 四川冶金, 2007(3): 23

**作者简介:** 姜学锋 (1973—), 男, 正高级工程师, 1995 年毕业于包头钢铁学院钢铁冶金专业, 就职于本钢集团北营炼钢厂, 主要研究方向: 炼钢技术。通信地址: 本溪市明山区地工路, 邮编: 117000; E-mail: [Jxfeng925@126.com](mailto:Jxfeng925@126.com)。