

方坯高效连铸关键技术优化设计与应用

牟桂梅

(秦皇岛首钢长白机械有限责任公司, 河北 秦皇岛 066311)

摘 要: 通过分析方坯连铸高拉速特点, 对方坯高效连铸关键技术进行优化设计, 成功实现了首钢等多家钢厂方坯连铸机的高效化改造。

关键词: 方坯; 高效连铸; 高拉速; 关键技术; 优化设计

中图分类号: TF777.2 文献标识码: B 文章编号: 1671-0711 (2014) 05-0061-02

近代连铸机以高拉速为重要特征, 高效连铸技术是以高拉速为核心, 以高质量为基础, 实现高作业率、高连浇率的连铸系统技术, 直接关系着钢材产品的质量、成本和产量。通过分析方坯连铸高拉速特点, 首钢等多家钢厂成功实现对方坯高效连铸关键技术的优化改造。

一、方坯高效连铸技术优化

1. 高效结晶器技术

在高速浇铸条件下, 由于拉速提高后使得结晶器铜壁内凝固坯壳厚度减薄, 坯壳与结晶器铜壁之间摩擦力增大, 引起漏钢事故增加。因此要求结晶器具有高冷却强度且导热均匀, 保证结晶器铜管出口坯壳具有足够强度且厚度均匀, 使其能够承受钢水静压力, 以避免漏钢。通过对结晶器铜管长度、结晶器冷却水强度、结晶器铜管倒锥度关键技术优化设计, 有效提高了结晶器传热效率。

(1) 适当延长结晶器铜管长度

在高速浇铸条件下, 拉速增加, 钢水在结晶器铜管内停留时间缩短, 单位重量钢水带走的潜热减少, 凝固坯壳厚度减薄。作为一次冷却, 在相同拉速下结晶器铜管越长, 出结晶器铜管坯壳越厚, 浇铸安全性越好。因此要求延长坯壳在结晶器铜壁内的有效冷却长度和时间, 设计上适当延长结晶器铜管长度, 增加坯壳凝固时间, 目前高效结晶器铜管长度一般设计在 900 ~ 1000mm。

(2) 提高结晶器冷却水强度

目前连铸生产普遍采用水缝管式结晶器结构, 为适应高拉速下结晶器铜壁内热流的增加, 改善结晶器传热效果, 确保结晶器铜管出口具有足够的坯壳厚度, 要求提高结晶器冷却水强度, 主要在水质、水温度、水流速、水缝基本参数方面优化设计。

①水质: 软水 pH=7 ~ 8, 硬度小于 1° Dh。如结晶器铜管冷面结水垢, 高热阻引起铜管温度升高, 导致

铜管变形。

②水温度: 进水温度低于 40℃, 进出水温差为 6 ~ 10℃, 最大也不能超过 12℃。进出水温差稳定, 利于坯壳均匀生长。

③水流速: 方坯结晶器冷却水流速在 9 ~ 12m/s, 水压必须控制在 0.5 ~ 0.66MPa, 提高水压可加大流速, 利于高拉速, 防止铜管变形。

④水缝: 高效连铸采用高精度窄水缝设计, 水缝宽度一般取 3.5 ~ 4mm, 窄水缝能提高冷却水的流速, 高精度水缝可改善水流的均匀性。

为保证结晶器水缝精度, 采用挤压成型铜水套、爆炸成型水套, 其内腔尺寸和形状精度高, 保证冷却水流速均匀。另外结晶器水套的制造和安装精度直接影响水缝均匀性, 避免由此导致的水缝尺寸不一致, 造成结晶器铜管周边冷却不均, 影响铸坯质量。

(3) 设计合理的结晶器铜管倒锥度, 减少气隙热阻影响

拉速提高后, 结晶器铜管内腔几何形状应适应铸坯的凝固收缩规律, 使铸坯与结晶器铜壁始终尽可能良好接触, 抑制气隙产生, 传热增加且均匀稳定, 角部坯壳能和中部坯壳一样均匀生长。设计连续锥度或多锥度结晶器铜管能满足这些要求, 如抛物线型锥度结晶器、钻石型结晶器、凸型结晶器、曲面结晶器等高效结晶器, 均能减小坯壳与结晶器铜壁之间的气隙热阻, 尤其是减小角部气隙热阻, 增加传热效率, 显著提高拉速。倒锥度根据浇铸钢种的收缩系数确定, 对于不同钢种、不同断面, 应有不同的倒锥度。

2. 高精度结晶器振动技术

高效连铸振动装置通过提高振动精度实现高效率, 其优化设计主要包括振动机构硬件及振动形式、振动工

艺参数软件两方面。

板簧式结晶器振动机构有半板簧、全板簧类型, 由于是无轴承的振动机构, 基本无磨损, 具有使用性能稳定、运动精度高、寿命长等优点, 适于高效连铸生产使用。

在高速浇铸条件下, 为了保证结晶器铜壁内初生坯壳不因摩擦力增大而破坏以及保证保护渣的良好填充性和足够消耗量, 要求结晶器振动形式具备的条件是: 正滑脱时间稍长些及结晶器上升时, 坯壳与结晶器铜壁之间的相对速度小些, 即上升速度稍慢些。对于非正弦波振动方式, 在结晶器振动过程中, 上升运动比下降运动时间长, 即具有较长的正滑脱时间, 结晶器振动速度与拉速之差较小, 坯壳与结晶器铜壁的摩擦有所减轻, 并且可使液态保护渣膜向出口方向扩展, 有利于保护渣向结晶器铜壁与凝固坯壳之间缝隙的渗透, 从而改善润滑效果, 提高铸坯质量, 因此非正弦波振动更适合高拉速连铸。

非正弦波振动方式是通过液压或电动机械伺服驱动振动机构实现的, 液压振动驱动装置具有可在线调整振幅、振频、波形等功能, 振动精度高, 稳定性更好, 同时可提高铸坯的质量, 振动装置寿命长, 故障率低。电动机械伺服驱动采用电机变频来改变结晶器振动的频率, 成本较低, 均可实现高频、小振幅振动。

目前高效连铸中的高精度振动装置, 采用板簧式结晶器振动机构, 其驱动装置通过液压或电动机械伺服驱动实现非正弦波振动方式, 振动精度比较高, 生产实践中应用效果显著。

3. 结晶器钢水液面控制技术

在高速浇铸条件下, 拉速越高, 结晶器液面波动越大, 容易产生卷渣及夹杂物造成铸坯缺陷, 高拉速连铸要求结晶器钢水液面具有较高的稳定性。使用结晶器液面控制系统, 能保证结晶器内钢水液面稳定保持在预定高度上, 可有效避免结晶器溢流和漏钢, 同时提高连铸机作业率。

现连铸生产上的结晶器钢水液面控制通常使用同位素法, 铯同位素 137 和射线探测器安装在结晶器的两边, 直接测量钢水的高度值, 测量精确度高, 稳定性好, 目前结晶器钢水液面控制技术可使液面稳定在 $\pm 3\text{mm}$ 。

结晶器钢水液面高度设计原则: 液面距结晶器铜管顶端距离在 80 ~ 120mm 之间, 距离过小使结晶器铜管顶部应力较大, 距离过大使坯壳在结晶器铜壁内停留时间变短。

4. 高效结晶器保护渣技术

在高速浇铸条件下, 由于拉速提高使得结晶器保护渣用量相对减少, 使坯壳与结晶器铜壁之间发生粘结, 导致漏钢的可能性增加。因此要求使用新型保护渣, 即高效连铸结晶器选择的保护渣与高拉速相适应, 应具有低黏度、低熔点、高熔化速度和良好的吸收夹杂物性能,

具体特性以下。

(1) 在高拉速或拉速变化较大时, 能保持足够的消耗量, 避免发生粘结漏钢。

(2) 结晶器铜壁与坯壳之间渣膜厚度适宜、分布均匀, 以降低结晶器摩擦力, 且散热均匀。

(3) 具有适当的熔渣层厚度, 防止高拉速时熔渣供应不足。

(4) 要有良好的溶解、吸收夹杂物能力, 且吸收夹杂物后物理性能稳定。

选择高效连铸结晶器保护渣的关键是在高速浇铸时确保保护渣的消耗量, 提高结晶器铜壁润滑性能, 使凝固坯壳均匀生成, 保证高质量铸坯。

5. 高效结晶器电磁搅拌技术

在高效浇铸条件下, 高速的钢流干扰结晶器液面稳定性, 加剧保护渣卷入皮下, 又能将钢中夹杂物被钢流带入较深的液相穴内, 恶化钢的清洁性。高效连铸生产中普遍应用结晶器电磁搅拌技术, 有助于提高钢水的纯净度, 减少偏析、缩孔, 改善铸坯凝固结构, 提高铸坯的表面质量和内部质量, 利于提高拉速。其安装位置的设计原则是在保护浇铸方式条件下, 通常搅拌器铁芯上缘距离铜管上缘约 300 ~ 450mm。

6. 多点矫直技术

在高效连铸中, 高拉速铸坯的液芯长度很长, 需要采用带液芯矫直, 此时铸坯在两相区界面处坯壳的强度和允许的变形率极低。如采用低效浇铸的一点弯曲矫直容易产生裂纹, 采用多点矫直可以把集中一点的应变量分散到多个点完成, 将矫直点的变形率控制在允许范围之内, 消除了铸坯产生内裂的可能性, 提高铸坯质量。高效连铸普遍应用多点矫直技术, 采用多点矫直机实现连铸高效率。

通过对上述关键技术的优化设计与应用, 成功对首钢等多家钢厂方坯连铸机进行了高效化改造, 有效提高了连铸生产效率, 同时优化了连铸生产结构。

二、结论

第一, 方坯高效连铸关键技术包括高效结晶器、高精度结晶器振动装置、结晶器钢水液面控制、高效结晶器保护渣、结晶器电磁搅拌及多点矫直技术。其中高效结晶器是高效连铸的核心技术。

第二, 通过对方坯高效连铸关键技术的优化设计, 实现连铸高拉速, 成功实现方坯连铸机高效化改造。

参考文献:

- [1] 干勇. 现代连续铸钢实用手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010.
- [2] 中国冶金报社. 连续铸钢 500 问 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.
- [3] 史宸兴. 实用连铸冶金技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005.

(收稿日期: 2014-03-07)