

首钢板坯连铸机改造工程设计及投产

陈 韧¹,姚祥东¹,干 勇¹,邱世中²,王炳宽²,刘建辉²

(1. 中达连铸技术国家工程研究中心有限责任公司,北京 100081;

2. 首都钢铁(集团)总公司,北京 100041)

摘 要: 介绍了首钢第二炼钢厂双流大板坯连铸机高效化改造工程项目的设计及投产情况。重点介绍了连铸机改造机型的确定、为提高生产能力和产品质量而采取的主要技术措施、工艺设备改造主要内容、改造前后铸机主要技术参数对比以及工程项目施工投产情况等。

关键词: 连铸机;板坯;设计;改造

中图分类号: TF 341.02 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-1043(2004)04-0052-04

Design and Commissioning of Slab Continuous Caster in Capital Iron & Steel Group Corp.

CHEN Ren¹, YAO Xiang-dong¹, GAN Yong¹,

QIU Shi-zhong², WANG Bing-kuan², LIU Jian-hua²

(1. Zhong-da National Engineering & Research Center for Continuous

Casting Technology Ltd., Co., Beijing, 100081, China;

2. Capital Iron & Steel Group Corp., Beijing 100041, China)

Abstract: The present paper introduces the design and commissioning of the two-strand slab continuous caster reconstruction project at the No. 2 Steel-making Plant of Capital Iron & Steel Crop., particularly describing in detail the selection of new caster type, principal technologies for raising productivity and product quality, main content of modifications of operating process and equipments, comparison of main technological parameters of the caster before and after reconstruction and the actual condition of the reconstruction project.

Key words: continuous caster; slab; design; reconstruction

首都钢铁(集团)总公司(以下简称首钢)第二炼钢厂的 R12m 双流全弧型板坯连铸机是由法国 F.C.B 公司 1976 年设计制造的。1988 年作为二手设备从比利时蒙梯尼钢厂购进,经过修、配、改,于 1989 年投产,设计年产量 120 万 t。由于该铸机设计相当于 20 世纪 60 年代末期机型,辊列系统采用单节辊、大辊距、单点矫直等原因,造成铸机投产以来无法保证安装调试精度、拉速低、作业率低、铸坯合格率低、备件消耗多、铸机运行可靠性差、事故率高等诸多问题。该铸机产品品种单一,年产量维持在 70 万 t 左右,自投产以来一直未达到设计水平。

造成板坯生产落后的原因在于铸机的设计不能满足现代板坯生产对铸机设备条件的要求。根

据第二炼钢厂现实情况及对今后发展的要求,首钢决定对该连铸机进行改造。在满足炉机匹配所对应拉速的前提下,从扩大品种、保证铸坯质量入手,对铸机中间包、结晶器、扇形段等关键设备及相关工艺进行系统改造。

中达公司承担了板坯连铸机改造的核心设计工作,对铸机主体工艺和装备及相关系统做技术总负责,主要是从中间包、结晶器到脱引锭装置的工艺及设备设计。

1 连铸机生产条件及改造目标

1.1 转炉冶炼条件及原板坯铸机主要参数

转炉公称容量:210 t

作者简介:陈 韧(1965-),男(汉族),四川重庆人,钢铁研究总院连铸中心高级工程师,硕士。

转炉座数:3座
 平均冶炼周期:40 min
 平均出钢量:197 t
 机型:R12m全弧形,单点矫直
 流数:2流
 流间距:6 m
 冶金长度:27.8 m
 年生产能力:60~70万t

1.2 铸机改造原则和目标

改造方案以技术成熟可靠,符合现场实际为前提。改造投资尽可能低,改造工期尽可能短,尽可能压缩停机改造时间,以便尽快收回成本;确保铸机在改造后迅速实现高效化。

改造目的是将该板坯铸机改造为具有高起点、高装备水准的高效益铸机,铸机整体装备水平达到国内同等现代化铸机的先进水平。同时使铸机具备在线整体更换、离线检修调整、故障率低的特点,扩大品种,增加高附加值产品,使改造后的板坯铸机能够满足今后高质量、高拉速、高作业率、多品种、低消耗的高效化生产要求。实现浇铸周期与钢水冶炼周期同步,达到炉机匹配生产,满足铸机生产操作的需要;使铸机具有年产160万t以上高质量板坯的能力。

2 改造连铸机机型的确定

近年国内引进及新建的大板坯连铸机均为直结晶器弧形连铸机。国内外的许多全弧形连铸机已经或正在改造成直弧形连铸机。本改造设计决定采用直弧形连铸机,其理由如下:

(1) 由于钢水对耐材的浸蚀及浇铸过程操作不当造成钢水二次氧化,会形成一些夹杂物。采用直弧形连铸机有利于钢液中夹杂物上浮,对减少铸坯夹杂及其在钢坯内弧侧富集较为有利。

(2) 直弧形连铸机采用多点连续弯曲和矫直及密排分节辊技术,使铸坯变形比较平滑,能避免高温铸坯在弯曲和矫直变形时产生的缺陷。

(3) 直弧形连铸机采用直的平面结晶器铜板,易于组装、调整和检测,铜板磨损后,用普通加工设备即可修复,设备投资和维修费用较低,给长期生产带来方便。而全弧形连铸机采用弧形结晶器铜板,加工精度要求高,日常维修复杂,成本费用高。

(4) 直弧形连铸机具有合理长度的直线段,使铸机采用较小的基本弧半径,可以做到与全弧

型连铸机具有相同或相近的设备高度和重量,投资亦相差无几。

(5) 首钢第二炼钢厂现有大板坯连铸机为R12m全弧形,空间上有改造为直弧形铸机的余地。

实践证明直弧形连铸机工作稳定可靠,可减少铸坯中夹杂物含量并改善其分布,铸坯质量好,特别是在生产一些高质量钢种时,铸坯质量优于其它机型。经几种方案对比,在尽可能减少基础改动量的前提下,确定将机型由全弧形改造为直弧形。

3 高效化改造主要技术措施

3.1 辊列优化设计

辊列布置对于铸坯质量、拉坯速度和铸机作业率至关重要。针对改造后浇铸断面、钢种所对应的最高拉速,通过辊列的重新设计,控制铸坯总变形率,从工艺设备条件上尽力消除目前大量发生的中心裂、三角区裂和直接废品的情况。

3.2 扇形段分段布置

扇形段分段布置的目的在于使铸机扇形段的检修具有在线整体快速更换,离线检修调整的特点,为今后大幅度提高检修效率和调整质量、降低劳动强度、缩短检修时间创造条件,更主要的是通过离线检修,提高扇形段对弧精度,为提高铸坯质量创造条件。该布置也是目前国内现代化板坯连铸机广泛采用的布置。

3.3 密排分节辊技术

二冷支撑辊径的大小决定着辊间距的大小,采用小辊径密排分节辊,可缩短原来大辊径辊子对铸坯的支撑间距,同时又大大减少了辊子的中心挠度,对于避免因此而产生的铸坯质量问题,提高辊子使用寿命具有重要作用。

3.4 连续弯曲,矫直技术

目前板坯连铸机为R12m的全弧形单点矫直连铸机,在矫直点铸坯产生的一次矫直应变较大,变形速率较高,铸坯表面和凝固前沿容易产生裂纹,不利于铸坯质量的提高。为此本次改造采用连续弯曲、矫直技术,降低铸坯表面和凝固前沿的应变速率,以避免在高拉速条件下铸坯产生弯曲矫直裂纹,保证铸坯表面和内部质量。

3.5 二冷自动控制技术

为了合理控制铸坯的凝固过程,保证铸坯质量,二次冷却所采用的气、水参数可根据钢种、浇

涛断面、拉坯速度等工艺参数随时进行调整。为了实现气、水参数快速准确地调整,避免人工操作造成的滞后和偏差,采用二冷自动控制技术,确保铸坯获得最佳的冷却效果。

3.6 其他技术

- (1) 结晶器保护渣的研制;
- (2) 优化结晶器浸入式水口形状;
- (3) 结晶器钢液面自动控制技术;
- (4) 采用中间包塞棒吹 Ar 和快速更换中间包浸入式水口技术。

4 工艺设备改造主要内容

为了减少铸坯缺陷,提高铸坯质量,并为今后开发新品种创造设备条件,在改造设计中将影响铸坯质量缺陷和设备故障的因素控制到最低。根据其在生产中存在的问题和铸机改造所要求的技术指标,改造需要对铸机现有结晶器和辊列重新进行优化设计,并将二冷导辊由目前的对辊排列,单辊液压传动结构设计为扇形段组装结构。

4.1 主体设备改造内容

- (1) 结晶器——将弧形结晶器改为直结晶器,结晶器长度由 850mm 加长至 900mm,同时调整结晶器锥度和铜板厚度,改变水槽参数;
- (2) 结晶器振动——在现有四连杆振动装置的基础上,将振动轨迹由仿弧运动改为仿直线运动;
- (3) 铸机导向段——将单对辊排列改为扇形段整体结构,导辊更换方式由单对辊径向更换改为扇形段整体吊装方式,导辊由整体辊、大辊径改造为小辊径密排分节辊,其中从动辊采用双分节辊,驱动辊采用三分节辊,将单点矫直改为连续弯曲、连续矫直;
- (4) 改造扇形段支撑框架和水平段支撑框架;
- (5) 改造扇形段传动装置;
- (6) 二次冷却——重新划分二冷区域,采用气水冷却技术;
- (7) 二冷室——采用隧道式冷却室;
- (8) 增设液压脱引锭装置;
- (9) 改造引锭杆,以适应小辊径密排辊列,同时设计引锭杆存放装置;
- (10) 增加中间包浸入式水口快速更换装置;
- (11) 增加多功能辊缝测量仪、结晶器锥度测

量仪等在线快速检测设备的装置;

- (12) 增加结晶器液面自动控制装置;
- (13) 配置铸机设备离线检修设施。

4.2 配套设备改造内容

为适应今后铸坯质量要求,配合主体设备改造的相关设备改造内容如下:

- (1) 铸机主液压系统改造;
- (2) 主体设备润滑系统改造;
- (3) 一次切割区整体窜动式辊改造;
- (4) 增加去毛刺装置(预留);
- (5) 增加二次火焰切割及定尺测量系统;
- (6) 新建快速硫印间;
- (7) 二冷配水室改造;
- (8) 改造铸机相关钢结构—浇钢平台增设扇形段更换区活动盖板;钢包操作平台改造;增设扇形段更换轨道设备;铸机平台支撑相关结构;
- (9) 改造相关铸机基础。

4.3 电气系统改造内容

- (1) 扇形段传动控制系统改造,将现直流调速改为交流变频调速;
- (2) 取消铸机现有 DC 500 V 供电,改为 AC 380 V 供电;
- (3) 电气室重新规划布置;
- (4) 钢包转台旋转电机由直流传动改为直流全数字传动。

4.4 自动控制系统改造

改造后的自动控制系统用于主要工艺参数和设备的过程监测、控制和调节,以保证工艺操作达到最佳化。连铸机主体改造内容中自动控制范围包括:结晶器、结晶器振动装置、扇形段、矫直及水平扇形段、脱坯装置、引锭杆跟踪、结晶器冷却、二次冷却等设备的监控和相关工艺参数的检测及控制。

连铸机本体采用浇铸准备、送引锭、保持、浇铸及尾坯输出等五种运转方式,以提高工艺运转的可靠性。

5 铸机改造前后主要设备及技术参数比较

铸机改造前后主要设备及技术参数比较情况见表 1。

6 施工投产及改造效果简况

中达公司于 2001 年 3 月签订了最终设计合

表1 铸机改造前后主要设备及技术参数比较

序号	项目	改造后	改造前
1	机型	直结晶器弧型	全弧型
2	基本半径/m	9.5,垂直段 2731mm	12
3	结晶器	直结晶器、组合式,900mm长	弧形、组合式,850mm长
4	结晶器振动装置	短臂四连杆,仿直线运动	短臂四连杆,仿弧运动
5	辊列	小辊径、密排分节辊	大辊径、单辊
	组装更换方式	扇形段整体吊装(0~13段)	单对辊吊装更换
	辊型	从动辊双分节,驱动辊三分节(0段全部三分节)	整体
	辊长/mm	1900(0段 1905)	2200
	辊径/mm	Φ100~300	Φ155~480
	辊距/mm	130~330	175~540
6	传动	22个辊,对辊传动	13个辊,单辊传动
7	矫直	连续弯曲、连续矫直	单点
8	冶金长度/m	~31.5	~27
9	二冷方式、区段	气水(足辊喷水)、14区	喷水,6段
10	浇铸钢种	普碳、低合金、压力容器、船板、锅炉、深冲钢	普碳、16Mn
11	浇铸断面/mm	厚:150,180,220,250 宽:1200,1400,1600,1800	厚:220 宽:1400,1540
12	定尺/m	长尺:4.88~9;短尺:1.7~2.7	4.5~10.3
13	工作拉速/(m·min ⁻¹)	0.6~2.0	0.6~0.8
14	最大拉速/(m·min ⁻¹)	2.2	1.2
15	浇铸时间/(min·炉 ⁻¹)	40	60~65

注:与改造前铸机相同部分略

同,8月完成了施工图设计。现场施工于2002年10月动工,12月开始电控及自动化现场调试工作。在各单位的密切配合下,改造工程于2003年1月4日一次通过热负荷试车,经过近10天的试生产后投入正常生产,到目前为止已顺利生产7个多月。

改造后的铸机能够解决目前铸机工艺及设备所存在的设计问题,同时具有对主要工艺参数及设备进行过程控制和快速检测手段,保证了铸坯质量。设备达到在线检修、离线更换调整的检修条件;大大提高日常消耗件的使用寿命。

铸机改造后,铸坯无缺陷率和质量合格率大幅度提高,投产三个月后,铸坯一检合格率达到98.1%,而2002年平均合格率为95.99%。改造前后铸坯的夹杂物含量情况见表2。

表2 改造前后铸坯内夹杂物含量对比

钢种	夹杂物指数/(个·500 μm ⁻¹)	
	改造前(内弧)	改造后(内弧/外弧)
Q235	6.55	3.29/2.64
Q345	16.46	5.77/2.68

新铸机拉速提高了50%以上,溢漏率反而下降了0.04%。结晶器铜板和二冷导向辊的消耗大

幅度降低,铸机中修和例修所需时间比原来减少30%,检修费用比原铸机大大减少,其中节省备件费用100万元/月。生产能力和主要技术指标均达到改造目标。

由于连铸机改造立足国内设计、制造、施工,只引进了关键器件和部分配套件,引进单机只限辊缝测量仪等国内不能供货的设备,与同期采用引进技术、国内分交制造模式建设的项目相比,设备投资仅为其30%~40%,性能价格比优势特别明显,为首钢降低生产成本、尽快回收投资创造了良好条件。

7 结 语

由于首钢连铸机的整体改造方案合理,并采用了辊列优化设计、扇形段分段布置、密排分节辊、连续弯曲及矫直、二冷自动控制等先进成熟的装备技术,使改造后连铸机的主要指标达到国内同类铸机先进水平,达到高质量、多品种、高作业率、高拉速和低消耗的高效化铸机生产要求,是一台优质高效的现代化板坯连铸机。

(收稿日期:2003-11-10)