包钢 6# 铸机 240 mm × 240 mm 断面铸坯质量研究*

银志军[1]，赵晓敏[2]

（1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司炼钢厂，内蒙古 包头 014010；
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心，内蒙古 包头 014010）

摘 要： 文章对包钢 6# 铸机预留的 240 mm × 240 mm 断面进行调试，主要对铸机结晶器电磁搅拌、末端电磁搅拌、二冷水以及喷嘴型式、喷嘴水压等技术参数进行调控。调试期间，生产了 Q195、Q235、45#、SWRH82B 等低、中、高碳三大类钢种，铸坯表面没有发现结疤、裂纹；通过硫印、低倍检验 0、1 级比率达到 94%，铸坯质量控制较好，能够满足轧钢厂轧制需求。

关键词： 240 mm × 240 mm 断面；技术参数；铸坯质量
中图分类号： TF777.2 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009 - 5438(2019) 05 - 0033 - 04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.05.010

Study on Quality of Casting Blank with 240 mm × 240 mm Section Produced with 6# Casting Machine of Baotou Steel

Yin Zhi - jun[1], *Zhao Xiao - min*[2]

(1. *Steel - making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, it is introducrd the pre - remained 240 mm × 240 mm section for 6# casting machine of Baotou Steel is commissioned as well as such technical parameters as the electromagnetic stirring of crystallizer of casting machine, final electromagnetic stirring, secondary cooling water, nozzle type and water pressure of nozzle are mainly regulated and controlled. During the commissioning period, the low, medium and high carbon steels such as Q195, Q235, 45# and SWRH82B were produced as well as the scab and cracks were not found on the surface of casting blank. The ratio of grades of 0 and 1 could reach 94% by sulphur print and macroscopic examination, so the quality control of casting blank is good and can meet rolling demand of Steel Rolling Plant.

Key words: 240 mm × 240 mm section; technical parameter; quality of casting blank

包钢 6# 铸机设计方坯断面主要是 150 mm × 150 mm，预留了 240 mm × 240 mm 方坯断面，但一直未调试。2018 年为拓宽特钢生产品种钢提供最优坯型和专用工艺通道，借鉴了 1# 铸机 240 mm × 240 mm 方坯断面生产实践经验[1-2]，将 6# 铸机部分设备及工艺参数进行改造及调整，主要对铸机结晶器、结晶器

* 收稿日期：2019 - 07 - 08
作者简介：银志军(1987 -)，男，内蒙古乌兰察布市人，助理工程师，现从事钢铁新产品及炼钢新工艺研发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

电磁搅拌、末端电磁搅拌、喷嘴类型以及二冷配水方案等技术参数进行改造，成功调试了6#铸机240 mm×240 mm方坯断面，为轧钢厂提供优质钢坯。

1 铸机工艺参数

铸机工艺参数如表1所示。

表1 铸机工艺参数

项目	参数
机型	全弧形连铸机
弧度半径/m	10.5
铸机冶金长度/m	31
连铸机流数	6机6流
流间距/mm	1 450
铸机总长/m	85
出坯辊面标高/mm	±0.000
150 mm×150 mm最大拉速/(m·min^{-1})	3.0

2 连铸技术参数控制

包钢240 mm×240 mm方坯断面是所在现有150 mm×150 mm小方坯铸机工艺的条件下改造的，主要对结晶器、二冷配水方案、喷嘴类型、结晶器电磁搅拌参数以及末端电磁搅拌参数进行控制调整。结晶器长度900 mm，结晶器单流水量160 m^3/h，控制进出水温差在4～8 ℃区间。二冷一区采用全水锥形喷嘴，二区采用气水矩形喷嘴，三、四区采用气水锥形水嘴。气水锥形喷嘴最大流量指气体压力在0.2～0.3 MPa时，在满足喷嘴最小流量的前提下，最大流量时的水压可以降低；最小流量指气体压力在0.2～0.3 MPa时，在满足喷嘴最大流量的前提下，最小流量时的水压尽量提高到0.1 MPa以上。气水矩形喷嘴为最大冷却水压力0.5 MPa下、气压0.2～0.3 MPa时的流量。

冷却水水量一般取决于铸坯拉速[3]，可由以下公式确定：

$$Q = \alpha(Av^2 + Bv + C) \quad (1)$$

其中：α为通过试验确定的系数；v为铸坯拉速；A、B、C为一组与设定钢种、铸坯截面和钢水温度有关的常数。

显然水量只与拉速有关系。首先根据不同钢种的碳含量及合金含量，确定二冷区比水量的原则，其次根据铸坯在凝固长度上释放热量呈递减趋势的原理，依据使铸坯表面温度均匀、回温小的冷却原则，参照二冷喷嘴的特性曲线，以及现有铸机的二次冷却配置，确定了240 mm×240 mm方坯断面不同比水量下的各区分配比及A、B、C常数，并调试制定了不同钢种的冷却水表参数。

末端电磁搅拌的安装位置、电流和频率对其搅拌效果有重要影响，末端电磁搅拌安装时必须注意搅拌器功率足够大，能使糊状区高黏度的钢水旋转起来，还需处于铸坯凝固末端两相区，一般认为凝固率为0.7～0.8时安装合适。射钉实验得到的铸坯经酸浸蚀后低倍观察，结合硫印实验，得到铸坯在射钉处的坯壳厚度，再根据凝固定律，可计算出综合凝固系数和液芯长度，计算公式[4-5]如下：

综合凝固系数：

$$K = \frac{D}{\sqrt{t}} \quad (2)$$

$$t = \frac{l}{v} \quad (3)$$

其中：K为综合凝固系数，mm/min$^{0.5}$；D为凝固坯壳的厚度；t为凝固时间，min；l为射钉位置距弯月面距离，mm；v为实验时拉速，mm/min。

液芯长度计算：

$$L = \frac{d^2 v}{4K^2} \quad (4)$$

其中：L为液芯长度，m；d为铸坯坯壳厚度，mm。通过对不同钢种进行射钉实验，确定不同钢种的末端电磁搅拌最佳参数，获得最合适位置，如表2所示。

表2 末端电磁搅拌参数

钢种	电流/A	频率/Hz
	380～430	7
20#、SAE1018B、ML08Al	410～430	7
HRB335、HRB400	420	7
Q195、Q215、Q235	410～430	7
45#	380～410	7
SWRH82B、GCr15	380～410	7

3 铸坯质量研究

3.1 高碳钢铸坯质量研究

采用240 mm×240 mm方坯断面生产了7炉SWRH82B，中包过热度控制在26～35 ℃，拉速设定为0.9 m/min，17104937炉次拉速存在波动，但波动范围较小，为±0.1 m/min。铸坯热酸低倍检验发现，铸坯内部质量较好，最大缺陷为1级，其余缺陷为0、0.5级，如图1和表3所示。

中国知网 https://www.cnki.net

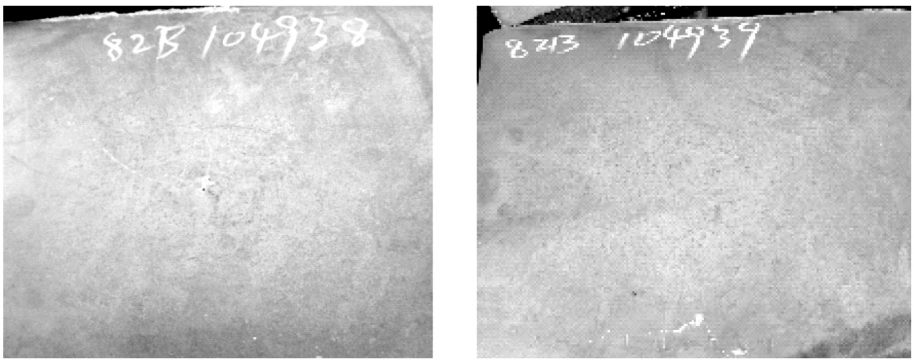


图 1　SWRH82B 铸坯横截面热酸低倍照片

表 3　SWRH82B 热酸低倍检验结果　　级

熔炼号	中心疏松	缩孔	中心裂纹	中间裂纹	皮下裂纹	角部裂纹	皮下气泡	非金属夹杂物
17104937	1.0	0.5						1
17104938	1.0	0.5						1
17305064	0.5		0.5					1
17104939	0.5		0.5	0.5				1
17104940	0.5		0.5					1
17305066	0.5		1.0	0.5				1
17305067	0.5		0.5					1

取四块 500 mm 长铸坯纵剖分析铸坯纵向中心 C 偏析情况，取点位置每隔 15 mm 取点，每块共取 16 个点进行化学分析，共计取点 64 点，C 偏析指数最大为 1.05，最小为 0.95，分析结果如图 2 所示。取铸坯横截面分析 C 偏析情况，采用五点法，取中心点和对角线四分之一处点进行分析，计算 C 偏析指数结果，中心点最大 C 偏析指数 1.09，平均值为 1.03。通过中心 C 偏析的数据分析，240 mm × 240 mm方坯断面 C 偏析指数控制较好，成品轧制、时效完成发往用户进行试用，盘条拉拔性能较好。

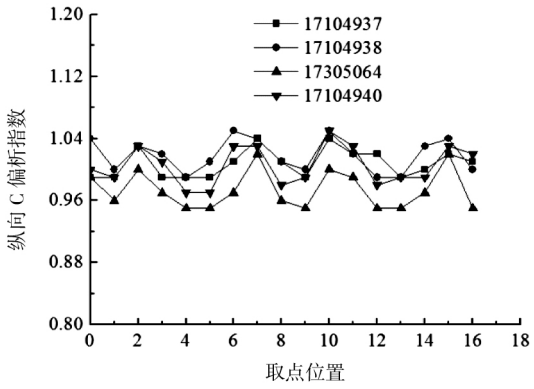


图 2　铸坯纵向取点位置及纵向 C 偏析指数

3.2　中碳钢铸坯质量研究

生产 45# 钢时确定拉速为 0.9 m/min，末端电磁搅拌参数：电流 400 A、频率 7 Hz。在末端电磁搅拌线圈处做射钉实验，确定中碳 45# 钢到达末端电磁搅拌液芯为中心 38.3%，液固两相比达到 0.62，生产中碳钢生产时末搅位置合适，有利于提高铸坯质量。2017 年和 2018 年采用 240 mm × 240 mm 方坯断面生产了 36 炉 45# 钢，分三个浇次完成，连浇号为 60344、60357、60358，除开浇第一炉过热度为 48 ℃，其余炉次中间包过热度控制在 26 ~ 36 ℃，起步拉速为 0.45 m/min，其余炉次拉速控制在 0.8 ~ 1.2 m/min之间。试制初期铸坯一侧出现凹陷，图 3 是 45# 钢铸坯出现凹陷的照片。对二冷状况进行了检查，发现 2 流、3 流、5 流足辊积渣，导致主管冷却水喷嘴堵塞，铸坯冷却不均匀造成铸坯凹陷，通过精确对弧、辊缝调整，消除足辊积渣，彻底解决了铸坯表面凹陷问题。

图 4 是 45# 钢铸坯热酸低倍检验结果，从图中可以看出，有 1 炉铸坯中心裂纹为 2 级，有 2 炉铸坯中间裂纹为 2 级，其余为 2 级以下，无角部裂纹和皮下气泡缺陷，总体铸坯内部质量较好。

中国知网　https://www.cnki.net

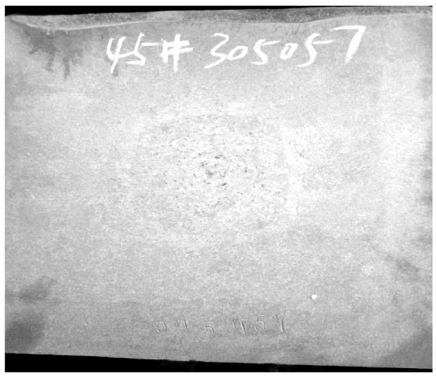


图3 45#钢铸坯出现凹陷的照片

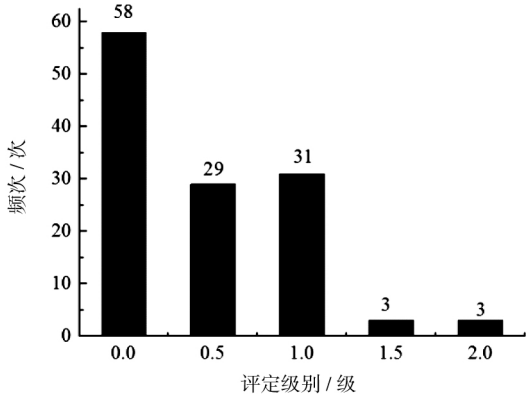


图4 45#钢铸坯热酸低倍检验结果

3.3 低碳钢铸坯质量研究

2018年采用240 mm×240 mm方坯断面生产了26炉Q235B,5炉Q195,分三个浇次完成,连浇号为60343、60356、60357,Q235B、Q195低碳钢过热度控制在26~39 ℃,过热度控制较低。拉速控制试验初期Q235B拉速控制在0.65~0.80 m/min,后期调整到1.0~1.3 m/min之间,铸坯质量较好,内部缺陷最大级别为1.5级,其余都为0、0.5级。

铸坯低倍、硫印检验评级比率如图5所示,通过低倍、硫印检验0~1级比率达到94%,铸坯质量控制较好,能够满足产品对铸坯质量的要求。

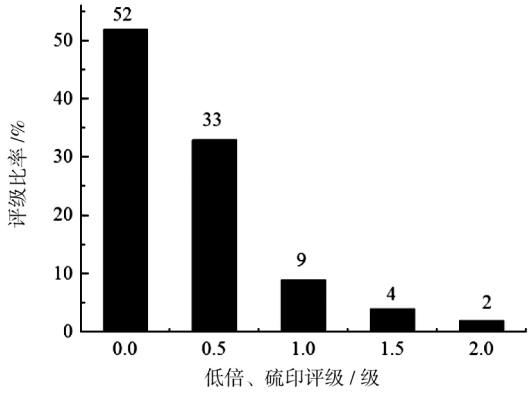


图5 低倍、硫印检验评级比率

4 结论

(1)通过设备及工工艺参数的调整控制,包钢采用6#铸机生产的240 mm×240 mm断面铸坯表面质量控制较好,未发现结疤、裂纹等表面缺陷。

(2)铸坯硫印、低倍检验0、1级比率达到94%,铸坯内部质量控制较好,能够满足轧钢厂轧制需求。

参 考 文 献

[1] 王天瑶,罗海炯,赵保国. 240 mm×240 mm铸坯内部缺陷的改善[J]. 包钢科技,2005,31(2):11-13.

[2] 崔立新,梁志刚,苏红亮,等. 大方坯铸机生产20#钢240方坯工艺参数的确定[J]. 包钢科技,2003,(12):47-49.

[3] 陈登福,孙海峰,冯科,等. 高效方坯连铸二冷动态控制算法模型[J]. 重庆大学学报,2004,27(7):5-9.

[4] SORIMACH K,BRIMACOMBE J K. Improvements in Math-emtical Modeling of Stresses in Continuous Casting of Steel[J]. Iron and Steel Making,1987,(4):240.

[5] 蔡开科. 连续铸钢[M]. 北京:科学出版社,1990.

中国知网 https://www.cnki.net