

轻压下改善重轨钢铸坯成分均匀性的生产试验

李峰¹ 刘平¹ 白月琴¹ 史凤武¹ 董珍¹ 张家泉²

(1 包头钢铁集团公司技术中心, 包头 014010; 2 北京科技大学, 北京 100083)

摘要 包钢在5# 280 mm × 380 mm 方坯连铸机上安装了一套国产动态轻压下设备。对重轨钢 U71Mn 和 U75V 进行了一年多的生产试验。结果表明,在合理工艺条件下,采用轻压下可显著改善重轨钢的中心碳偏析,横断面中心碳偏析指数 ≤ 1.08,铸坯纵向中心线碳偏析指数波动明显减小,钢轨成分偏差也随之减小。

关键词 大方坯连铸 动态轻压下 碳偏析指数 碳元素偏差指数

Pilot Production with Dynamic Soft Reduction to Improve Composition Uniformity in Cast Bloom of Heavy Rail Steels

Li Feng¹, Liu Ping¹, Bai Yueqin¹, Shi Fengwu¹, Dong Zhen¹ and Zhang Jiaquan²

(1 Technology Center, Baotou Iron and Steel Group Corp, Baotou 014010; 2 University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract A set of domestic dynamic soft reduction equipment was installed at No5 280 mm × 380 mm bloom concasting line at Baotou Steel, by which the pilot production for heavy steels U71Mn and U75V has been carried out for more than one year. Results showed that with suitable process conditions, the central carbon segregation in heavy rail steels improved obviously by using soft reduction technology; the index of central carbon segregation in cross section of bloom was ≤ 1.08, the fluctuation of index of carbon segregation along longitudinal central line of bloom appreciably decreased and the chemical composition deviation of steel rail also decreased.

Material Index Bloom Concasting, Dynamic Soft Reduction, Carbon Segregation Index, Carbon Element Deviation Index

包钢集团公司(以下简称包钢)生产的重轨钢 U71Mn 和 U75V 属于高碳钢大方坯,如果不进行控制,中心碳偏析程度较严重,而动态轻压下工艺能明显改善铸坯的这些缺陷^[1,2]。为此,包钢与中冶北京科技大学分公司合作,引入了全套国产动态轻压下设备及工艺。

1 轻压下设备的安装位置及试验方案的调整过程

1.1 轻压下设备的安装位置

包钢5#铸机(表1)主要生产高碳钢如重轨钢,其断面只有1个,即280 mm × 380 mm,为6机6流设计,在每流安装有6个轻压下机架,其中第6个轻压下机架为预留机架,因此目前暂时投入使用的机架只有5个。

设计时,铸坯最大轻压下量 ≤ 8 mm,压下率 ≤ 1.5 mm/m,单个机架最大压下量 ≤ 2.5 mm。重轨钢的成分见表2。

1.2 试验方案的调整

轻压下试验从试验初的固定压下4.5 mm发展到固定压下7.0 mm,但由于轻压下设备不能承受压下7.0 mm所需要施加的压力,因而出现轻压下设备频繁报警。在广泛借鉴同行经验的基础上,实现

表1 方坯连铸机主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of bloom concaster

项目	参数
中间包容量/t	40
中间包过热度/℃	15~25
铸坯断面/(mm × mm)	280 × 380
弧形半径/m	12.5
流数	6
流间距/m	1.6
铸(拉)坯速度/(m · min ⁻¹)	0.6~0.75
铸坯定尺长度/m	7.65
冶金长度/m	24
出坯温度/℃	740
矫直方式	连续矫直
二次冷却方式(水、雾)	气雾冷却
电磁搅拌(M-EMS)	有
铸流保护	有
连铸机平均作业率/%	85
连铸机连浇铸炉数	15
平均浇铸时间/min	42
生产能力/(万t · a ⁻¹)	100

注:钢水来自自产高炉铁水配加10%左右废钢。

表2 重轨钢的化学成分/%

Table 2 Chemical composition of heavy rail steels /%

钢种	C	Si	Mn	P	S	V
U71Mn	0.66~0.76	0.15~0.35	1.10~1.40	≤0.030	≤0.030	-
	0.70~0.78	0.50~0.70	0.75~1.05	≤0.030	≤0.030	0.04~0.08

了动态轻压下,即保证设备在正常承受力以内的前提下,实施最大的压下量;压下量随拉速的变化而变化,目前5#铸机的拉速相对比较固定,因而压下量基本为定值4.5 mm。

2 动态轻压下对钢坯碳偏析的改善

对钢坯进行横断面和纵断面的碳元素检测,按国标要求用6 mm的钻头钻点,点与点的间隔距离为15 mm。

2.1 U71Mn 钢

由图1(a₁)可见,轻压下后改善了碳偏析指数K,未压下的铸坯其碳偏析指数范围为0.94~1.11,经过轻压下后碳偏析指数范围为0.97~1.08。

横断面中心线沿长边方向的碳偏析指数分布见

图1(b₁)。由图1(b₁)可见,沿长边方向在没有轻压下的情况下碳偏析指数在0.89~1.01,压下后碳偏析指数在0.92~1.04,负偏析有所降低。

由图1(c₁)可见,经过轻压下的铸坯,其纵剖面中心线上碳的偏析情况明显好于未经过轻压下的铸坯,轻压下后中心线碳偏析指数为0.92~1.04,未轻压下的铸坯为0.90~1.10。

2.2 U75V 钢

由图1(a₂)可见,未轻压下铸坯的中心线碳偏析指数为0.92~1.09,轻压下后,碳偏析指数为0.94~1.0,有明显的改善。

由图1(b₂)可见,沿长边中心线方向,未经过轻压下的碳偏析指数在0.94~1.26,经过轻压下后碳

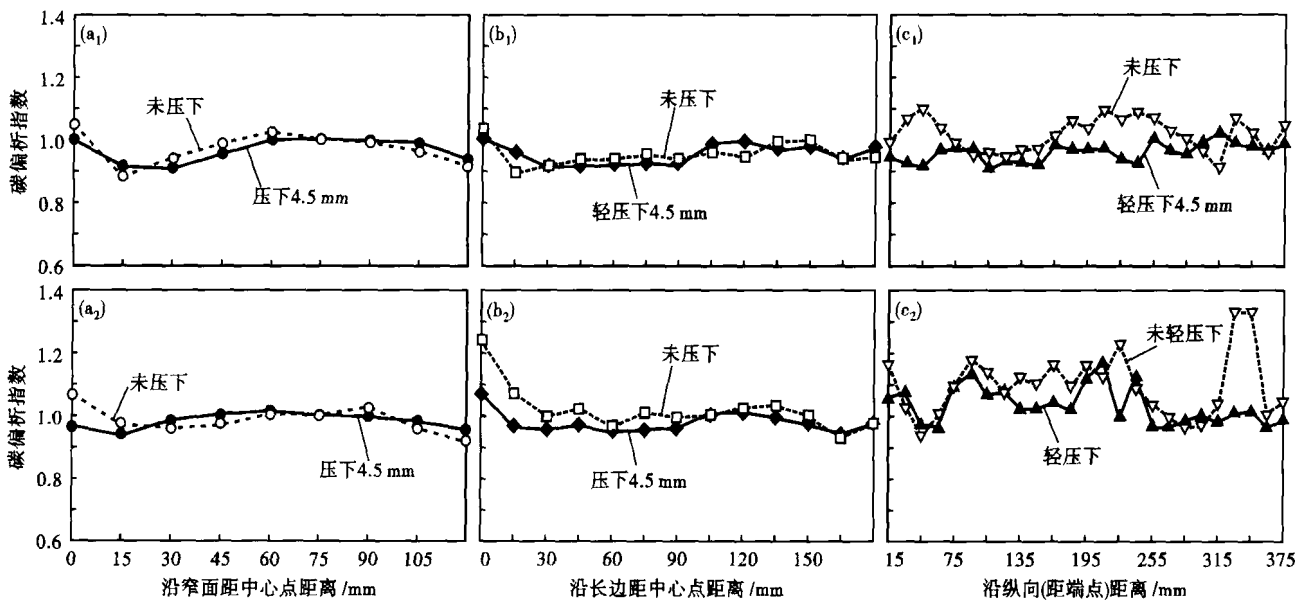


图1 碳偏析指数分布:(a₁, b₁, c₁)- U71Mn 钢;(a₂, b₂, c₂)- U75V 钢;(a₁, a₂)- 窄面水平方向;(b₁, b₂)- 宽面水平方向;(c₁, c₂)- 沿铸坯纵向中心线

Fig. 1 Distribution of carbon segregation index: (a₁, b₁, c₁)- steel U71Mn; (a₂, b₂, c₂)- steel U75V; (a₁, a₂)- along narrow side horizontal direction; (b₁, b₂)- along wide side horizontal direction; (c₁, c₂)- along cast bloom longitudinal central line

偏析指数在0.95~1.08,波动范围缩小了。

由图1(c₂)可见,沿铸坯纵剖中心线方向,经过轻压下后的碳偏析指数在0.96~1.17,未经过轻压下的碳偏析指数在0.92~1.33。可见,碳偏析指数的波动范围明显减小。

2.3 碳元素偏差指数的提出

由于铸坯的碳偏析既存在正偏析又存在负偏析。因此为了较好地描述铸坯的碳偏析情况,这里引入一个新的概念,称为“碳元素的平均偏差指数K_{av}”,即将一块铸坯上n个点的碳偏析指数与1相减,其差的绝对值求和再求这n个点碳偏析指数与1偏差的平均值,可以用数学表达式描述如下:

$$K_{av} = \frac{\sum_{i=1}^n |K_i - 1|}{n}$$

表3中K_{av1}表示沿窄面中心线碳元素的平均偏差指数,K_{av2}表示沿长边中心线碳元素的平均偏差指数,K_{av3}表示沿铸坯纵向中心线碳元素的平均偏差指数。

由于选分结晶的原理,高熔点的物质先凝固,低熔点的物质后凝固,因此枝晶上的碳含量比枝与枝岔间的碳含量低,因此如果取样点正好位于枝晶上或枝岔位置,其碳含量就会有所不同。另外,由于铸坯生产工艺的不同及取样点的不同,同样是未压下的铸坯,在横断面上其碳偏析程度也不同。

表 3 轻压下工艺对铸坯碳元素的平均偏差指数影响
Table 3 Effect of soft reduction process on average deviation index of carbon element in cast bloom

碳元素平均 偏差指数	U71Mn 钢		U75V	
	轻压下 4.5 mm	未轻压下	轻压下 4.5 mm	未轻压下
K_{av1}	0.034	0.042	0.024	0.036
K_{av2}	0.046	0.054	0.035	0.051
K_{av3}	0.044	0.052	0.053	0.108

由上述碳偏差指数的定义可知,如果沿铸坯纵向取样点越多,则一般来说该值越大。为了比较碳偏析情况,沿铸坯横向各取 13 个点,沿铸坯纵向各取 25 个点,每个点之间的距离为 15 mm。

由表 3 可见,在没有轻压下的情况下,U75V 钢的中心碳偏析程度高于 U71Mn 钢;轻压下对 U75V 钢中心碳偏析的改善程度要优于 U71Mn 钢。

3 轻压下对钢轨成分均匀性的影响

对钢轨的成分偏差分析按国标规定的 9 点取样进行,钻头的直径为 6 mm,取样示意图如图 2。

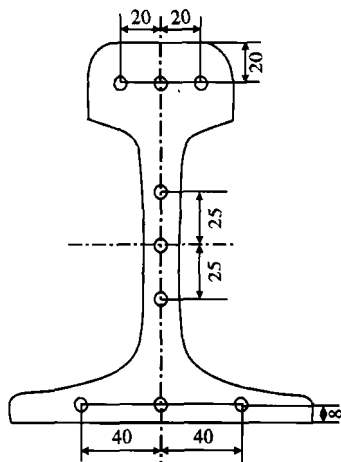


图 2 重轨取样点分布图

Fig. 2 Location of sampling in cross section of heavy rail

由于 C、Si、Mn、P、S 中最容易偏析的元素是 C、P、S。因此应主要关注这 3 个元素的偏析。由表 4、表 5 可见,即使不进行轻压下,除碳元素外其它元素也能达到高速轨要求的成分偏差。这是由于包钢

的 P、S 都控制得比较低,而 Si、Mn 偏析程度不大,因此轻压下主要可以改善碳元素的偏差。

(1) U71Mn 钢。由表 4 可见,对轻压下 4.5 mm 的 U71Mn 钢轨进行了 5 点成分偏差的分析,共进行了 15 炉的取样。结果表明,5 元素的成分偏差较小,都达到了高速轨的成分偏差要求。对未压下的 U71Mn 钢轨也取了 5 炉样进行检测,钢轨的碳元素成分偏差较大。

高速轨对成分的偏差要求如下(%) : $C \leq \pm 0.02$ 、 $Si \leq \pm 0.02$ 、 $Mn \leq \pm 0.05$ 、 $P \leq 0.005$ 、 $S \leq 0.005$ 。

表 4 轻压下 4.5 mm 对 U71Mn 钢轨成分均匀性的影响/%
Table 4 Effect of soft reduction 4.5 mm on composition uniformity of U71Mn steel rail / %

试样	C	Si	Mn	P	S
轻压下 4.5 mm 成品	0.73	0.25	1.12	0.020	0.019
最小值	0.710	0.249	1.102	0.018	0.018
最大值	0.748	0.268	1.131	0.021	0.021
碳成分偏差最大样					
最大偏差	0.02	0.018	0.018	0.002	0.002
极差	0.038	0.019	0.029	0.003	0.003
未轻压下 试样 1 成品	0.70	0.23	1.21	0.019	0.011
最小值	0.68	0.23	1.20	0.017	0.009
最大值	0.754	0.25	1.231	0.020	0.013
最大偏差	0.054	0.02	0.021	0.002	0.002
极差	0.074	0.021	0.031	0.003	0.004

表 5 轻压下 4.5 mm 对 U75V 钢轨成分均匀性的影响
Table 5 Effect of soft reduction 4.5 mm on composition uniformity of U75V steel rail / %

试样	C	Si	Mn	P	S
轻压下 4.5 mm 成品	0.76	0.61	0.81	0.015	0.005
最小值	0.742	0.602	0.795	0.013	0.004
最大值	0.779	0.626	0.839	0.016 4	0.005
碳成分偏差最大样					
最大偏差	0.019	0.016	0.029	0.002	0.001
极差	0.037	0.024	0.044	0.003 4	0.001
未轻压下 试样 1 成品	0.78	0.62	0.83	0.018	0.005
最小值	0.771	0.607	0.804	0.015	0.004
最大值	0.839	0.639	0.847	0.020	0.005
最大偏差	0.059	0.019	0.026	0.003	0.001
极差	0.068	0.032	0.043	0.005	0.001

(2) U75V 钢。对 U75V 钢铸坯压下量为 4.5 mm 的钢轨进行取样,取样的炉数为 20 炉(高速轨 10 炉,普通轨 10 炉),对未轻压下的 U75V 钢也进行了 5 炉钢的取样。由表 5 可见,钢轨中除其它元素达到高速轨要求外,碳元素也达到了高速轨的要求。

4 结论

(1)合理的轻压下工艺可以明显改善大方坯横向及纵向的碳偏析。

(2)为了更好地描述轻压下对碳偏析的改善程度,提出了碳元素的偏差指数的概念。

(3)轻压下后,包钢的普通钢轨成分偏差达到了高速轨成分偏差的要求。

参考文献

- 1 陈永,李桂军,苟淑云.提高重轨钢连铸大方坯质量的技术.钢铁钨钛,2003,23(4):41
- 2 杨素波,陈永,李桂军.大方坯连铸动态轻压下技术应用研究.钢铁,2005,40(6):24

李峰(1971-),男,博士,高级工程师,炼钢工艺研究。

收稿日期:2008-11-27