

连铸机二冷配水对铸坯鼓肚的改善

张 磊

(武汉大西洋连铸设备工程有限责任公司, 武汉 430023)

摘 要 部分生产 165 mm × 280 mm、165 mm × 240 mm 的 R6 和 R8 连铸机, 没有二冷夹持段, 在提高拉速后铸坯易出现鼓肚现象。通过分析和试验, 得出调整和适当增加窄边水量, 明显改善了铸坯的鼓肚。通过推导出的坯壳角部最大受力公式, 调整凝固系数 K 值, 可防止铸坯各边的变形, 以改善铸坯鼓肚现象。

关键词 连铸坯 二次冷却系统 夹持段 鼓肚

Improvement of Bloom Bulging by Distribution of Secondary Cooling Water of Caster

Zhang Lei

(Wuhan Daxiyang Cast Equipment and Engineering Co Ltd, Wuhan 430023)

Abstract Bulging of 165 mm × 280 mm and 165 mm × 240 mm blooms easily occurs for partly R6 and R8 caster without secondary cooling pinch roll section casting as increasing cast speed. Based on analysis and test, it is obtained that with adjusting and increasing water rate at narrow side, the bulging of cast bloom improves obviously. With derived maximum stress formula at corner of bloom and adjusting solidification coefficient K , the deformation of each side of bloom is prevented to improve the bulging phenomena of bloom.

Material Index Cast Bloom, Secondary Cooling System, Pinch Roll, Bulging

部分钢铁企业生产 165 mm × 280 mm、165 mm × 240 mm 等规格铸坯, 为提高产量而增加拉速时, 该规格铸坯就容易出现鼓肚现象, 影响后续送轧机轧制。又由于该规格铸坯断面不大, 不属于大方坯类, 但其长宽比接近 1.5, 很多 R6m、R8m 的连铸机上也生产该铸坯, 有些机型没有二冷夹持段, 因此在提高拉速后, 就产生鼓肚现象。

1 铸坯鼓肚问题的形成

带液心的铸坯在运动过程中, 高温坯壳在钢液静压力作用下, 于两支撑辊之间发生的鼓胀成凸面现象, 称为鼓肚变形。板坯宽面心凸起的厚度与边缘厚度之差叫鼓肚量, 依此衡量鼓肚变形程度。高碳钢在浇铸大、小方坯时, 在结晶器下口侧面有时也会产生鼓肚变形, 同时还可能引起角部附近的皮鼓肚下晶间裂纹。板坯鼓肚会引起液相穴内富集溶质元素钢液的流动, 从而加重铸坯的中心偏析; 也有可能形成内部裂纹, 影响铸坯质量。

接近角部处, 铸坯的尺寸不会有太大变化, 在铸坯长边的中部变形较大, 这里就是坯壳最薄的地方, 鼓肚主要就是在这里表现出来。

YB/T2011-2004 标准指出, 对于一边边长小于 100 ~ 140 mm 的铸坯, 连铸坯短边最小尺寸减去连

铸坯短边最大尺寸的绝对值 ≤ 3 mm; 同样, 边长 140 ~ 180 mm 时, ≤ 4 mm; 边长 180 ~ 280 mm 时, ≤ 5 mm; 边长 280 ~ 380 mm 时, ≤ 6 mm。并要求连铸坯长边的最小尺寸减去长边的最大尺寸绝对值也必须满足该标准。

2 铸坯鼓肚问题的处理

因为铸坯鼓肚问题的形成主要是由于带液芯铸坯形成的坯壳厚度不够, 无法承受内部钢水的静压力所造成。一般情况下, 为防止鼓肚变形可采用以下措施: 增加二冷夹持段长度, 并选择合适的辊间距, 良好的辊子刚度, 保证辊子对中精度, 合理的二冷强度。目前趋向采用小辊径、密排多节辊, 以防止鼓肚变形, 提高铸坯质量。此外通过合理调整二冷水, 也可改善鼓肚现象。

出现鼓肚的部分一般都集中在铸坯长边的中部, 如有足够的冷却强度, 就可以使铸坯内部的钢液快速凝固, 加快坯壳形成, 使厚度增加以抗拒中间钢液带来的压力。

传统的观念是哪个部位冷却不够, 就加大哪个部位的冷却, 如矩形坯出现鼓肚部位多为长边中间部位, 那么就会认为该部位冷却强度不够, 在调整二冷水时就会加大宽面的冷却强度, 然而事实证明, 该

方法的效果不大。从凝固原理及力学原理来考虑,其实可以反其道行之,也就是说加大短边的冷却强度,加快从角部到中间部位的坯壳形成,以加厚坯壳,使其有能力对抗来自内部钢水的压力。从铸坯的截面来看,矩形坯的4个角就像一个框架,角部生长出来的坯壳类似于固定边的三角支撑,当三角支撑的支撑点越接近边中间,那么边的抗力也增加了,就会有很好的抗变形能力。

从实际的调整情况,也有比较明显的效果。如武安鑫汇钢铁有限公司,165 mm × 280 mm R8m 四

机四流连铸机,铸造 Q235B 钢(% :0.12C、0.15Si、0.4Mn、0.018P、0.053S),中间包开浇温度1563℃。二冷系统为三段两条件系统,二冷配水原始数据:比水量 1.2 ~ 1.8 L/kg,二冷配比40:40:20,实测量数据见表1。

该铸机二冷配水后两段为单独四面进水,但由于流量计只在每段总管上,所以每面流量无法检测,只有通过每面支管上压力表来检测。通过调节每支管上截止阀来调节流量。表1为二冷水宽边与窄边水量和应力对鼓肚量的影响。

表1 Q235B 钢 165 mm × 280 mm 铸坯二冷水宽边与窄边水量和应力对鼓肚量的影响

Table 1 Effect of water rate and stress at wide and narrow side of steel Q235B 165 mm × 280 mm bloom on bulging extent

序号	拉速/ (m · min ⁻¹)	二冷单流总水量/ (L · min ⁻¹)	二冷水宽边		二冷水窄边		鼓肚量/ mm	备注
			应力/MPa	流量/(L · min ⁻¹)	应力/MPa	流量/(L · min ⁻¹)		
1	0.69	26.6	0.5	16.4	0.5	10.2	3.1~3.6	原始参数
2	0.70	27.0	0.6	16.6	0.6	10.4	3.9~4.1	
3	0.72	28.0	0.5	17.2	0.5	10.8	4.3~4.9	
4	0.79	30.7	0.6	18.9	0.5	11.8	5.0~5.2	
5	0.84	32.5	0.5	20.0	0.6	12.5	5.5~6.8	
6	0.89	34.0	0.5	20.9	0.5	13.1	6.9~7.2	
7	0.72	28.0	0.7	18.2	0.5	9.8	4.0~4.9	增大宽边水量
8	0.79	30.7	0.8	20.0	0.5	10.7	5.1~5.4	
9	0.84	32.5	0.8	21.5	0.4	11.0	5.5~6.7	
10	0.89	34.0	0.9	22.0	0.5	12.0	6.8~7.0	
11	0.72	28.0	0.5	16.2	0.6	11.8	3.1~3.6	增大窄边水量
12	0.79	30.7	0.5	18.4	0.8	12.3	3.7~3.9	
13	0.84	32.5	0.4	17.9	0.7	14.6	4.0~4.2	
14	0.89	34.0	0.5	19.2	0.9	14.8	4.3~5.5	

表1中序号1~6为原始二冷配水参数,拉速提高引起鼓肚量的变化,拉速越高鼓肚越严重;序号7~10是在拉速按同样的速度递增,加大宽边水量的结果,鼓肚现象基本上没有改善;序号11~14是调整窄边水量,当水量适当增加后,鼓肚有所改善。

3 结果分析

根据液相穴凝固前沿释放出的潜热等于凝固坯壳的传导传热原理,二冷区坯壳的生长服从于平方根定律,即:

$$ds = K \cdot \sqrt{t} = K \cdot \sqrt{\frac{Z}{us}}$$

式中: ds - 凝固坯壳厚度/mm; K - 综合凝固系数/(mm · min^{-1/2}); t - 凝固时间/min; Z - 铸坯纵向离弯月面的位置/mm; us - 拉速/(mm · min⁻¹)。

根据坯壳角部的最大应力公式,即:

$$\sigma = \frac{12\rho ab^2 \times \sin \frac{\pi h}{a} \times v}{k^2(8a^2 - \pi^2 b^2) \pi}$$

式中: a - 由钢液面到二次冷却区第1对夹持辊之间的距离/cm; ρ - 钢液的压强/(N · m⁻²); h - 由钢液面到断面之间的距离/cm; v - 拉坯速度/(cm · min⁻¹); k - 凝固系数/(cm · min^{-1/2}); b - 坯壳内表面有效宽度/cm。

推导出坯壳所受的应力,因改变了冷却方式,适当调整系数 K ,可以发现当角部厚度达到一定后,坯壳的结构完全可以类似于四边形框架的角支撑,从而可以防止各边的变形,改善鼓肚现象。

4 结语

连铸机二冷配水的给水方式上,不仅只考虑矩形坯长短边冷却需求,同样要考虑铸壳在形成过程中产生的内部力的相互作用,合理增加短边冷却强度,可改善铸坯鼓肚现象的产生。

张磊(1981-),男,项目经理,2004年武汉科技大学毕业,连铸工艺设计和项目工程管理。

收稿日期:2009-07-16