

360 mm × 450 mm 方坯连铸机二冷区喷嘴的冷却特性

张书岩¹ 朱苗勇¹ 陈永² 杨素波³

(1 东北大学材料与冶金学院, 沈阳 110004; 2 攀枝花钢铁研究院, 攀枝花 617000;

3 攀钢提钒炼钢厂, 攀枝花 617062)

摘要 采用二冷区喷嘴冷态性能测试实验装置对攀钢 360 mm × 450 mm 方坯 4 流连铸机的 9 种扁平气水喷嘴特性进行了测试。测试表明, 3/8PZ10.6-120PG 水喷嘴在喷嘴高度 h 为 115 mm 和 140 mm, 喷射角度为 115.6° 和 115.1° 时, 喷射有效长度 d 分别为 365 mm 和 440 mm。HPZ4.8-90PG 气水喷嘴的喷射角度为 106.7°, 当气压为 0.15 ~ 0.30 MPa、水压 0.30 MPa 时, h 为 210 mm, d 为 515 ~ 565 mm。

关键词 方坯连铸 二冷喷嘴 冷态性能 测试

Characteristics of Cooling of Nozzles for Secondary Cooling of 360 mm × 450 mm Billet Concaster

Zhang Shuyan¹, Zhu Miaoyong¹, Chen Yong² and Yang Subo³

(1 School of Materials and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110004;

2 Panzhihua Iron and Steel Research Institute, Panzhihua 617000;

3 Vanadium Recovery and Steelmaking Plant, Panzhihua Iron and Steel Co, Panzhihua 617062)

Abstract The characteristics of 9 kinds of flat air-water nozzles for 4 strand 360 mm × 450 mm billet concaster at Panzhihua Steel have been tested by using test device for measuring cold performance of nozzles for secondary cooling. The test results showed that with nozzles level h was 115 mm and 140 mm and with jetting angle 115.6° and 115.1°, the effective jetting range d for water nozzle 3/8PZ10.6-120PG respectively was 365 mm and 440 mm. The jetting angle of air-water nozzle HPZ4.8-90PG was 106.7°, as air pressure was 0.15 ~ 0.30 MPa and water pressure was 0.30 MPa, the h was 210 mm and d was 515 ~ 565 mm.

Material Index Billet Concasting, Secondary Cooling Nozzle, Cold Performance, Measuring

喷嘴的性能对铸坯的冷却效果和铸坯质量具有重要影响^[1,2]。本实验建立了二冷喷嘴冷态性能测试实验装置, 并对攀钢即将投产的 2# 大方坯连铸机 (360 mm × 450 mm, 4 流) 所选取的各类型喷嘴进行了冷态性能的测试。

1 喷嘴冷态性能测试实验装置与测试方法

喷嘴的冷态性能测试装置如图 1 所示。

测试参数为: 喷嘴压力和流量特性曲线、喷嘴喷射角度、喷嘴的最大最小流量值、喷嘴水流密度分布。每次试验重复 3 次, 取平均值, 以保证测试结果的可靠性。测试喷嘴的水流密度分布是指在一定流量压力条件下, 单位面积、单位时间内积水管中的水量, 表示了喷嘴喷雾水流密度的大小。该特性结合喷嘴的压力-流量特性、喷射角度, 可反映喷嘴的综合喷雾特性、流量调节范围等^[3,4]。

2 测试结果与分析

9 种喷嘴 (表 1) 中的 2 种典型喷嘴, 分别是

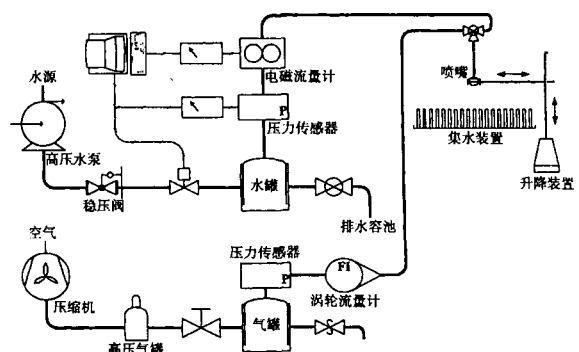


图 1 喷嘴冷态性能测试实验装置

Fig. 1 Schematic of test device for measuring cold performance of nozzle

一个足辊区的水喷嘴 3/8PZ10.6-120PG 和一区宽面的气水喷嘴 HPZ4.8-90PG。

2.1 3/8PZ10.6-120PG 水喷嘴

(1) 流量特性。

水喷嘴的水流量随喷水压力的增加而增加

表1 二冷区喷嘴的型号与布置

Table 1 Type and layout of nozzles at secondary cooling zone

二冷区段	喷嘴类型	喷嘴个数	喷嘴距铸坯表面的距离/mm
1区宽面	3/8PZ10.6-120PG	4	140
1区窄面	3/8PZ10.6-120PG	4	115
2区宽面	HPZ4.8-90PG	16	210
2区窄面	HPZ3.0-60PG	16	290
3区宽面	HPZ4.0-90PG	14	210
3区窄面	HPZ3.5-60PG	14	290
4区宽面	HPZ3.0-90PG	28	195
4区窄面	HPZ2.0-60PG	28	260
5区宽面	HPZ2.0-90PG	24	175
5区窄面	HPZ1.5-60PG	24	225

表2 水喷嘴压力与流量关系

Table 2 Relation between pressure and flow rate of water nozzle

喷水水压/MPa	流量/(L · min ⁻¹)
0.1	2.8
0.2	4.0
0.3	4.8
0.4	5.5
0.5	6.2
0.6	6.7
0.7	7.1

(表2)。对表2数据进行回归处理,获得喷嘴流量与喷水压力之间的定量关系:

$$Q = 1.70857 + 12.1869P - 6.4881P^2$$

式中:Q-喷嘴的流量/(L · min⁻¹);P-喷水压力/MPa。

(2)喷射角度。

喷嘴的喷射角度大小代表喷嘴喷射水流的覆盖面积。实验采用通过测定喷嘴喷射长度的方法来确定,喷射长度又以水流密度大小来界定,水流密度 ≥ 15.0 L/(min · m²) 视为有效喷水区域^[5]。

在水压为0.3 MPa时,喷嘴的测试数据见表3。当喷水压力超过0.2 MPa时,喷嘴的喷射角度与喷水压力之间的关系不大,故可认为水喷嘴的喷射角度基本不随压力或流量的变化而变化。

表3 水喷嘴的测试数据(P=0.3 MPa)

Table 3 Measuring data for water nozzle, water pressure P = 0.3 MPa

喷嘴型号	喷嘴高度 h/mm	喷射有效长度 d/mm	喷射角度 α/°
3/8PZ10.6-120PG	140	440	115.1
	115	365	115.6

(3)喷嘴的 Q_k 值特性。

喷嘴最大水流量为:7.08 L/min (P_水 = 0.7 MPa);喷嘴最小水流量为:2.83 L/min (P_水 = 0.1 MPa)。

此喷嘴的最大流量与最小流量之比值偏小,且经凝固模型验证,此喷嘴的最大水流量亦偏小,不能满足最大拉速条件下的水流量要求,建议更换其它型号的喷嘴。

(4)喷嘴的水流密度分布。

实验对水喷嘴所处的两种高度进行了测试,测试水压为0.3 MPa,实验结果如图2所示。

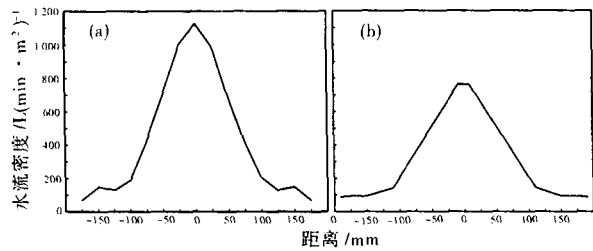


图2 水喷嘴水流密度分布曲线:喷嘴高度 h (a) 115 mm; (b) 140 mm

Fig. 2 Distribution curves of jetting density of water nozzle: nozzle level h- (a) 115 mm; (b) 140 mm

由图2可以看出,水喷嘴的水流密度分布呈单峰型,中心位置水流密度最大,两侧水流密度对称分布。随着喷射高度的增加,水流密度分布变得较为平缓,即冷却条件比较均匀,但水流密度的变化仍然比较大,即水喷嘴的水流密度分布曲线比较陡峭。在这两种喷射高度时的喷射有效长度分别为365 mm和440 mm,满足铸坯窄面宽度360 mm和宽面宽度450 mm的要求。

2.2 HPZ4.8-90PG 气水喷嘴

(1)流量特性。

由图3可见,当气压一定时,喷水量随喷水压力的增加而增加,气流量随喷水压力的增加而减少;当水压一定时,喷水量随气压的增加而减少,气流量随气压的增加而增加。这表明水与空气这两种流体在同一管道内流动时的相互阻碍及抑制作用。实验得出合适的喷雾气体压力为0.2 MPa。

(2)喷射角度。

在水压为0.3 MPa时,不同气压下对喷嘴的测试数据见表4。通过实验测试,结果得出,该喷嘴的喷射角度约为106.7°,喷嘴的喷射角度与气

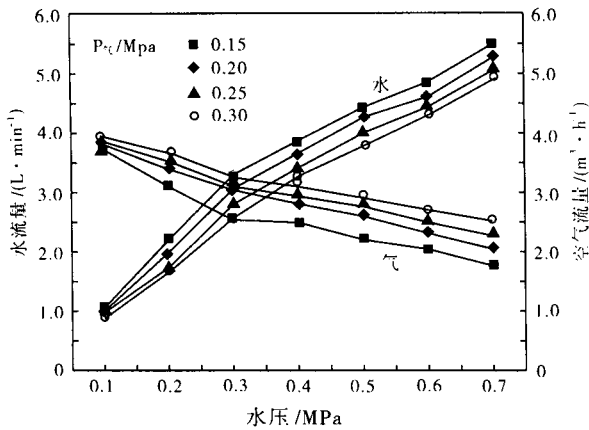


图 3 气水喷嘴压力流量曲线

Fig. 3 Pressure and flow rate curves of air-water nozzle

表 4 气水喷嘴的测试数据
Table 4 Measuring data for air-water nozzle

喷嘴型号	气压/MPa	水压/MPa	h/mm	d/mm	$\alpha/^\circ$
HPZ4.8-90PG	0.15	0.30	210	515	101.6
	0.20	0.30	210	565	106.7
	0.25	0.30	210	565	106.7
	0.30	0.30	210	565	106.7

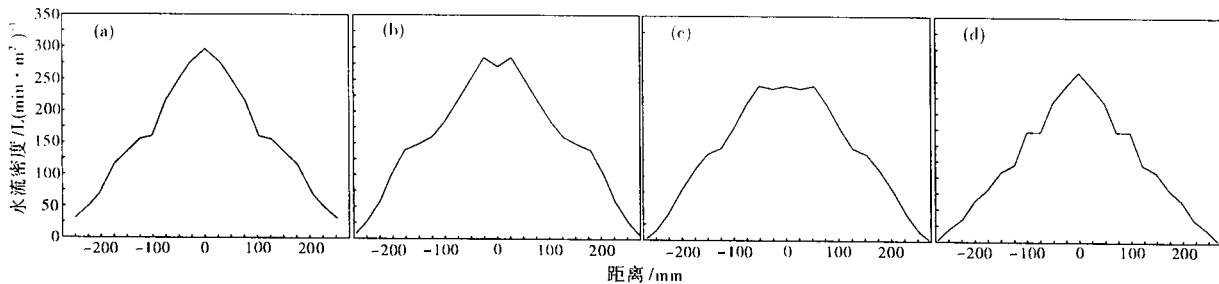


图 4 气水喷嘴水流密度分布曲线: P_w 0.3 MPa, P_a (a) 0.15 MPa; (b) 0.20 MPa; (c) 0.25 MPa; (d) 0.30 MPa

Fig. 4 Distribution curves of jetting density of air-water nozzle: P_w 0.3 MPa, P_a (a) 0.15 MPa; (b) 0.20 MPa; (c) 0.25 MPa; (d) 0.30 MPa

性变好;压力一定时,喷水距离增大,中心水流密度减小,分布更均匀。

3 结论

(1) 喷嘴冷态性能测试所获得的喷嘴的压力流量特性曲线、喷射角度、 Q_k 值、水流密度分布曲线等,为改善二冷效果提供了依据,保证了在高效连铸实施过程中二冷系统的可靠性和稳定性。

(2) 所研究的气水喷嘴的最佳雾化气体压力为 0.2 MPa,并且水流密度分布比较均匀。

压之间的关系不大。

(3) 喷嘴的 Q_k 值特性。

喷嘴最大水流量为 5.50 L/min ($P_{a_1} = 0.15$ MPa; $P_w = 0.70$ MPa); 喷嘴最小水流量为 0.92 L/min ($P_{a_1} = 0.30$ MPa; $P_w = 0.10$ MPa)。

此流量范围与喷嘴出厂标定值基本相同,且由凝固传热模型验证,这个流量范围满足二冷配水的要求。

(4) 喷嘴的水流密度分布。

为了便于数据分析,实验在水压为 0.3 MPa、气压分别为 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 MPa 时,对喷嘴的水流密度分布进行了测试。其中喷嘴的高度设定值为 210 mm。由图 4 可见,气水喷嘴水流密度分布曲线较平缓,这与水喷嘴水流密度分布曲线比较陡峭的情况形成明显对比;当水压一定时,气压为 0.2 MPa 和 0.25 MPa 时,水流密度分布较均匀。同时,实验研究还表明,水流密度分布随喷水距离和水压的变化而变化。在喷射距离一定时,喷水压力增大,水流密度增大,且分布的均匀

Engineering, 1993, A173:287

- Michael W Short, Brian Barber, Adrian Normanton. Temperature Prediction and Control during Continuous Casting. Ironmaking Conference Proceedings, 1997:655
- 袁伟霞, 刘成信. 板坯连铸二次冷却气雾喷嘴的喷雾特性研究. 中国钢铁年会论文集, 2004
- 陈永. 攀钢板坯连铸二冷系统冷却能力标定. 四川冶金, 1998(4):38
- 李伟, 陈举庆. 连铸机二冷区冷却特性和喷嘴性能分析. 一重技术, 2002(2,3):10

张书岩(1981-),男,硕士研究生,从事连铸过程二冷仿真与控制研究。

参考文献

- Alvarez de Toledo G, Lainez J, Cirion C. Model Optimization of Continuous Casting Steel Secondary Cooling. Materials Science and

收稿日期:2006-04-12