

MYF 型连铸机用中间包的流场测试 和优化的水模研究

周有预 柳绮年

(武汉钢铁集团公司) (中科院力学所)

摘要 对 MYF 型四流中间包的水模流场测试表明:包内各流股的流动特性值存在较大的差异,对浇铸构成不利的影响。控流后,明显改善了中间包的流场条件,为现场提供了中间包控流的依据和方案。

关键词 连铸 中间包 水模实验

OPTIMIZATION AND MEASUREMENT OF FLOW FIELD IN THE TUNDISH OF MYF BILLET CONCASTER THROUGH AQUEOUS MODELING

Zhou Youyu Liu Yinian

(Wuhan Iron & Steel Corp.) (Institute of Mechanics, Academy of Science of China)

Synopsis The investigation into the water flow field of the tundish model with four strands reveals that in the characteristic values of individual flows there is a great difference, which has a negative effect on casting. The flow field condition has been remarkably improved by controlling the flows, thus providing evidence and methods to control the tundish flows on line.

Keywords Continuous casting tundish aqueous modeling

1 前言

武钢一炼钢厂的 MYF 型方坯连铸机使用四流中间包浇铸。受现场条件的限制,该包的受钢位置与四个出水口的距离相差较大,且呈单排布置。为查明该中间包的流场条件,并在此基础上研究优化流场的控流方案,开展了水模实验研究。

1.2 实验装置及测试技术

根据几何相似与动力相似的准则,按原型的 1/2 比例制作了有机玻璃的中间包水模装置。实

验系统由水模实验用中间包、水泵、储水箱、阀门、浮子流量计和管道组成,见图 1。

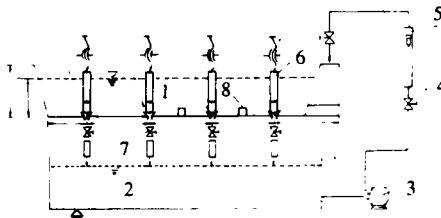


图 1 中间包水模实验装置简图

1. 中间包模型水槽 2. 储水箱 3. 水泵 4. 截流阀 5. 入水浮子流量计 6. 塞棒 7. 出水浮子流量计 8. 低坝

联系人:周有预,高级工程师,武汉市(430080)武钢技术中心工艺部

按 Foude 数模拟准则,系统总体积流量为 $Q_m = 2.1\text{m}^3/\text{h}$,4个水口的出流流量为 $Q_m = 0.525\text{m}^3/\text{h}$,工作液位为 $H = 275\text{mm}$,中间包的容积为 $V = 235\text{L} = 0.235\text{m}^3$ 。

实验中采用了染色法、粒子示踪测速法、停留时间分布曲线(RTD)测量法和粒子捕集法对流场进行测试。

染色法:用摄录像系统实时记录入流水体染色峰面的演化过程,并将其输入微机进行处理,获得峰面运动的速度和染色水体体积变化的速度。

粒子示踪测速法:在激光扫频片光源的照射下,对全流场拍照,把悬浮于水体中的示踪粒子的运动轨迹拍摄下来,显现了该时刻全流场的二维速度矢量的分布,从而获得各部位二维速度矢量的数据。

停留时间分布曲线(RTD)测量法:将多通道电导率测量系统的探头置于出水口处,对水体中的电解质进行测定,铂电极以电压信号输入 A/D 板,由计算机在 4 个通道进行实时采集,获得 RTD 曲线。

须要说明的是:本文的该项测试参照文献 [1],在传统的测试方法基础上作了改进。考虑到电解质在水中的扩散及电解质溶液与水的密度差,对刺激响应时间和峰值到达时间作了修正:

$$tr = \frac{t_o t_m}{t_o - t_m}$$

式中: tr 是修正后的刺激响应时间或峰值到达时

间; t_m 是修正以前的刺激响应时间或峰值到达时间; t_o 是假想静止时所测得的刺激响应时间。

粒子捕集法:水体中加入模拟钢水中夹杂物的塑料粒子,在 4 个出水口处捕集并称重,该值反映不同流场条件对钢水中夹杂物上浮去除率的影响。

3 流场测试

染色法测试显示,入水口的高速注入流在受钢熔池和 1 号水口处与清水剧烈地湍流混合,并以较快的速度扩散和进入 1 号水口;当流体沿中间包的纵向向 2 号、3 号水口前进时,它的峰头遇到与前壁呈 12° 夹角的后壁,部分水体返回并形成回流和水平涡旋,流速明显减小,染色水体因损失了较多的动量,到达 4 号水口时,速度进一步降低,几乎形成滞流。对峰面演化过程的计算得出:在 1 号水口周围,峰面的行进速度为 4cm/s ,随后逐步递减,至 4 号水口周围为 0.4cm/s 。染色峰面从 1 号水口行进至 4 号水口的过程,其速度呈指数衰减。

用粒子示踪测速法显示的二维流场同样表明:在 1 号水口周围粒子运动特别活跃,而在 4 号水口周围粒子运动滞缓。经计算机图像处理获得了全场流纵向剖面的二维速度矢量分布见图 2。由图可见流场的细结构,从 1—4 号水口粒子轨迹由长至短,即速度矢量由大到小分布不均匀,场中还有局部涡旋存在,这表明:流场是极复杂的三维流动,这与染色法观察到的流态相一致。

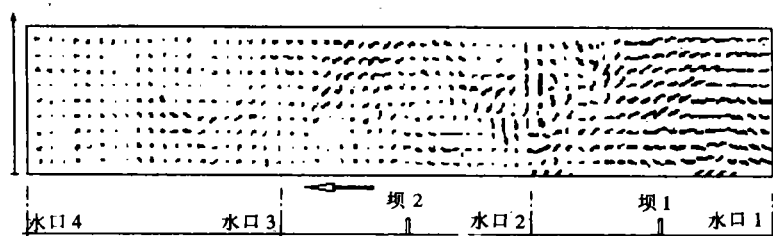


图 2 水模纵剖面全流场二维速度矢分布

由停留时间分布测量获得的 4 个水口的 RTD 曲线示于图 3。4 个水口的响应时间 T_0 和峰值浓度到达时间 T_1 之间有相当大的差异(见图 3 的未控流线),入流的新水体很快由 1 号水口出流,形成局部“短路”,其余水体由于流速不断衰减,到达 4 号水口需 69S,说明水体中有滞流和惰性区存

在。由 RTD 法测得的这种流场不均匀性,同样支持了染色法和粒子示踪法测试的结果。

通过上述定性观察和定量测试,对于该型中间包的流场特征有了明确的认识,即:包内流体的运动是非均匀的、具有回流和涡旋的复杂三维流动;对 4 个水口的流股分配极不均匀,流速和流股到达

时间差别很大。反映出现场的连铸生产中,中间包4个出水口的钢水温度和夹杂含量会有所不同。

4 控流方案设计和实验效果

国内外通常采用组合挡坝来均化和延长各流

钢水在中间包内的停留时间,减少滞留区的范围[2][3]。美国大陆钢铁公司3号铸机用的4流中间包其各个水口对称地分布于受钢位置的两侧,用4对挡坝大大改善了流场条件[3]。而与本研究研究的中间包相类似,并采用了控流措施的研究

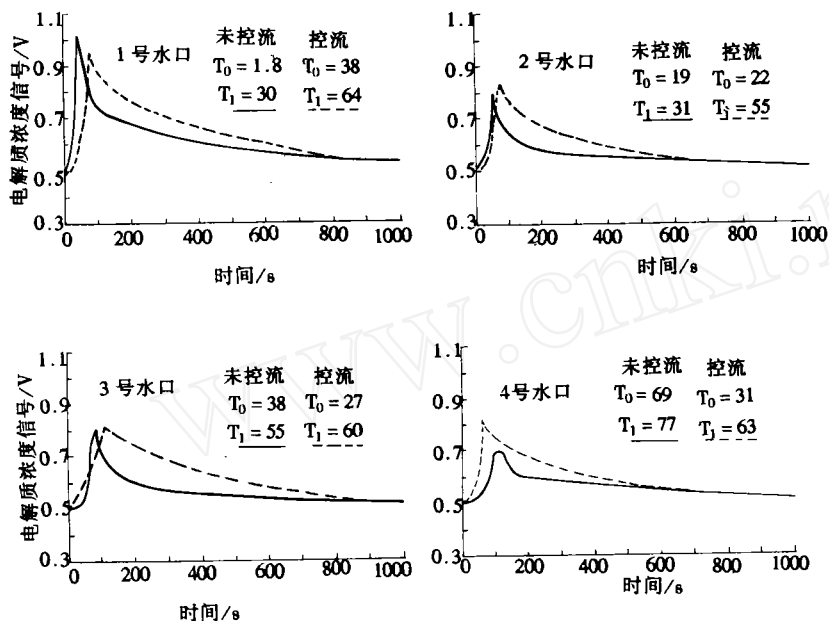


图3 中间包控流与未控流时4个水口的RTD曲线

资料尚未见报导。本项研究的中间包,其4个水口在受钢位置的一侧,呈单排布置,大包来流到达各水口的距离相差甚大。采用通常类型的挡坝结构难以改善流场条件,若在各水口间安排挡坝构件,则将阻滞流体的输运,因此本研究必须设计有别于上述的控流方案,以改善中间包的流场。

基于上述分析,在设计控流实验方案时采用了疏导流动、避免回流和涡旋的技术路线以求各流股的流动特性值尽量接近。课题组设计并实验运行了22个控流方案,从中优选出一个效果显著、构造简单、易于现场安装的控流方案(下称“控流方案”)。

控流方案在受钢熔池出口处设置一块带孔的“出水”挡墙,旁设一块纵向导流短坝,迫使大包来流由孔流出,带有足够的动能向前输运。此外,将原中间包内的两块低坝改为一高一低的两坝。

实验运行中观察到:染色水体由孔流出,初始流以较快的速度向2号、3号水口流去,经过低坝和高坝的扬升,仍能较快地抵达4号水口附近,并与其周围的水体混合;在低坝受阻的分流回入1

号水口。大包来流到达各水口的时间较接近,控流效果明显。

把俯视与侧视图象中有色流体的轮廓线通过计算机加以处理,得到各时刻有色流体所处的位置及占据的体积。理想的流场应是无色流体所占据的体积迅速减少,即在较短的时间内使包内各处实现新老钢水的混合,以减小滞流区。图4表示控流前、后未混合流体体积百分比随时间的变化关系。由图可见:控流后混合时间大为缩短,迅速消除了滞流区。

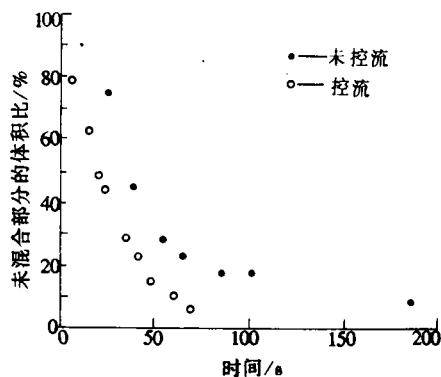


图4 未混合流体体积百分比随时间的衰减
(下转第46页)

钢种的力学性能指标,也达到了国外相近钢种的性能。此外,1100℃空冷处理试样由于析出相比较多对钢的力学性能有些不利影响,但并没有明显影响。

3.4 铸造性能试验结果

试验钢铸造性能测定结果见表7。

表7 试验钢的铸造性能

流动性	线收缩率	体收缩率	缩孔率	测定温度
mm	%	%	%	℃
1020	2.25	3.80	2.62	1550

由表7可见,试验钢具有良好的铸造性能。

4 结论

由以上研究结果,可得出如下结构:

(1)本文所选定试验钢的化学成分,经适宜的固溶处理可得到单相奥氏体钢。该钢具有优良的耐蚀性能,较好的机械性能与铸造性能;

(2)研制的高合金不锈钢比通常使用的18-8钢更易析出富铬、钼的 σ -相,它对耐蚀性会带来不利影响,但可以通过1150℃×2h的固溶处理

消除;

(3)试验钢的最佳热处理工艺为1150℃×2h水冷的固溶处理,但对于某些壁厚不均匀的结构复杂的铸件,可采用1150℃×2h空冷的固溶处理。

参 考 文 献

- 1 J. K. Tien, G. S. Ansell. Alloy and Microstructural Design, London, 1976:349~401
- 2 秦紫瑞.合金结构设计.大连:大连工学院出版,1983,75~112
- 3 L.柯洛姆比著,赵忠译.不锈钢与热强钢.北京:中国工业出版社,201~300
- 4 秦紫瑞等.高镍铬铸造不锈钢的局部腐蚀研究.化工机械,1985,12(5):54~59
- 5 F. B. Pickering. Physical Metallurgy and the Design of Steels. London, 1978:50~60
- 6 秦紫瑞等.铸造高合金不锈钢热处理对其组织与耐蚀性的影响.机械工程材料,1989,13(2):27~30
- 7 秦紫瑞等.低碳高硅铸钢的组织及其局部腐蚀行为的研究.铸造技术,1988,(1):8~11
- 8 H.克舍著,吴荫顺译.金属腐蚀.北京:化学工业出版社,1984,158~173

(收稿日期:1998-01-22)

(上接第24页)

测定了控流后流场的RTD曲线(图3的控流线)。由图看出,4个水口的响应时间 T_0 和峰值浓度到达时间 T_1 之间的差异明显缩小。从图中的数据看出:大包来流分别用22s和27s到达2号、3号水口,用31s和38s到达4号、1号水口,大大均匀了流股到达4个水口的时间。测定结果与粒子示踪法显示的结果相一致。

为了解控流前、后流场对“钢水”中的“夹杂物”上浮去除率的影响,进行了粒子捕集法的实验。结果表明:控流后,在4个水口下捕集的粒子减少了16%,反映出该流场条件易于“夹杂”的上浮去除。

综上所述,控流后中间包的流场条件得到明显的改善。

5 结论

(1)MYF型连铸机用中间包的受钢部位在4

个出水口的一侧,且与水口呈单排布置,造成4个流股的流动特性值差异较大,反映出4股出流钢水的温度和夹杂含量存在差异。

(2)本研究通过在中间包内设挡坝的方法,改善了流场条件。为连铸生产的顺行和改善钢质提出了简单易行的工艺措施。

参加研试人员还有贾复、方治家、任敦长、郑彩云、严发致、冯烟、杨文杰等

参 考 文 献

- 1 周智春等.水模型实验中示踪剂对停留时间测定的影响.北京工业大学资料,1986,6
- 2 包燕平,徐保美等.连铸中间包内钢液流动及其控制.北京科技大学学报,1991,13(4):83~90
- 3 张涪洲译.大陆钢铁公司3号联合铸机中包水力模拟中科院力学所资料,1993:117

(收稿日期:1998-01-16)