

文章编号 :1004 - 976X(2001)02 - 0111 - 03

## 首钢中间包优化设计( II )<sup>\*</sup>

张捷宇<sup>1 2</sup>, 贺友多<sup>3</sup>, 刘建辉<sup>4</sup>

( 1. 包头钢铁学院 材料与冶金工程系, 内蒙古 包头 014010 2. 北京科技大学 冶金学院, 北京 100083 3. 包头钢铁学院 冶金工程研究所, 内蒙古 包头 014010 4. 首都钢铁集团公司, 北京 100041 )

关键词 :中间包 ;流场 ;数值模拟

中图分类号 :TF769.2 文献标识码 :A

摘 要 :应用湍流流动的数学模型研究了首钢中间包内钢液的流动与混合, 该模型包括求解三维湍流的  $N-S$  方程和  $K-\epsilon$  双方程模型. 对首钢第二炼钢厂现有中间包的流场和停留时间作了模拟与分析, 并预报了在不同位置加设不同高度的堰坝后中间包内钢液的流动状态及停留时间. 结果表明 :如果二重堰的设置不当, 中间包内钢液的流动状态则会更差.

## Optimization design for the continuous casting tundish of Shoudu Iron and Steel Group Company( II )

ZHANG Jie-yu<sup>1 2</sup>, HE You-duo<sup>3</sup>, LIU Jian-hui<sup>4</sup>

( 1. Department of Material and Metallurgical Engineering, UIST Baotou, Baotou 014010, China; 2. Metallurgy School, UST Beijing, Beijing 100083, China; 3. Institute of Metallurgical Engineering, UIST Baotou, Baotou 014010, China; 4. Shoudu Iron and Steel Group Co., Beijing 100041, China )

**Key words** :tundish ;flow field ;numerical simulation

**Abstract** :The model about turbulent was applied to study fluid flow and its mixing in continuous casting tundishes. This mathematical model involves the solution of the three dimensional turbulent  $N-S$  equation and  $K-\epsilon$  two equation turbulence model. The fluid flow field and residence time have been simulated and analyzed by a computer, and the structure of the tundish has been improved. In this paper, the author only discussed that the weir-dams with different heights were located at the different positions in the tundish. The results are :the properly improved flow fields do better than the old ones and the random location of the weir-dam in the tundish may cause a worse flow field.

文献 [ 1 ] 中, 作者针对首钢第二炼钢厂的中间包, 用计算机模拟的方法计算了只在中间包内加设 1 个坝, 且其高度及位置不同时, 钢水的流动状态及停留时间曲线, 研究了坝高及其位置对中间包设计的影响, 得出了如果挡板设置不当, 中间包内钢液不能形成相对平稳的层状流动区, 不利于夹杂物上浮的结论. 为了进一步优化中间包的设计, 更加有效地提高夹杂物的去除率, 本文在文献 [ 1 ] 的基础上, 模拟计算了加设二重堰后, 中间包内钢液的流动状态.

### 1 数学模型<sup>[ 2 3 ]</sup>

数学模型的具体内容见文献 [ 1 ].

### 2 数值模拟方案

中间包内坝、堰的设计参数是决定钢液中夹杂物含量的主要参数. 根据首钢第二炼钢厂提供的条件, 采用计算机模拟的方法给出中间包内坝、堰的优化设计参数. 具体内容如下:

\* 收稿日期:2001 年 04 月 03 日

作者简介:张捷宇( 1962 - ) 男, 河北张北人, 包头钢铁学院教授, 北京科技大学博士研究生, 主要从事冶金过程及相图研究.

- (1)先模拟计算未加坝、堰的中间包的钢液的流动状态；
- (2)在中间包内不同位置及不同高度上加设坝、堰；
- (3)不同拉速及铸坯断面不同时,不同坝、堰设计参数下的中间包内钢液的流动状态。
- 具体的计算机模拟方案见表1。

表1 中间包设计计算机模拟方案

Table 1 Scheme of the computer simulation for the tundish design

拉速/( $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ )		0.5	0.6	0.7	0.8
铸坯断面/ $\text{m}\times\text{m}$		$1.4\times0.22$		$1.54\times0.22$	
坝	高/ $\text{m}$	0.31	0.37	0.43	
	水平位置/ $\text{m}$	0.95	1.63	1.73	
上渣堰	高/ $\text{m}$	0.19	0.25		
	水平位置/ $\text{m}$	0.43	1.53		

3 计算机模拟结果

图1为加设二重堰后中间包三维流场的数值计算结果,分断面绘制的  $xz$  截面的流场图.图1给出了各断面在坐标系中的实际位置。

图2为由浓度方程计算得到的示踪剂在出口处的浓度分布曲线,即停留时间分布曲线。

4 讨论

4.1 未加设二重堰的中间包内钢液的流动方式

未加设二重堰的中间包内钢液的流动方式见文献[1]。

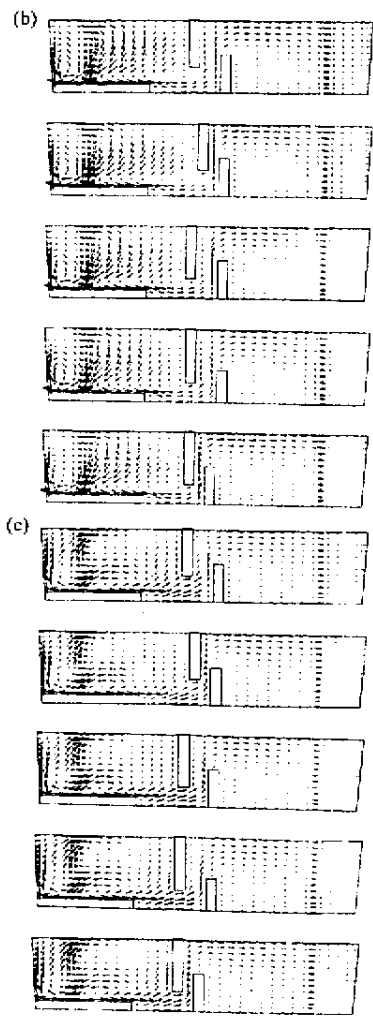
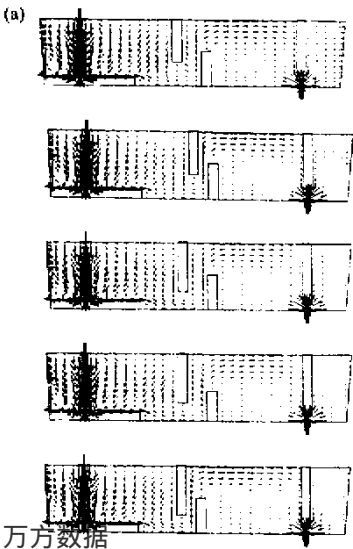


图1 中间包内钢水的速度分布( $xz$ 截面)

Fig.1 Velocity distribution of molten steel in the tundish (a)距中间包中心截面  $y=0.015\text{ m}$  处 (b)距中间包中心截面  $y=0.18\text{ m}$  处 (c)距中间包中心截面  $y=0.34\text{ m}$  处。

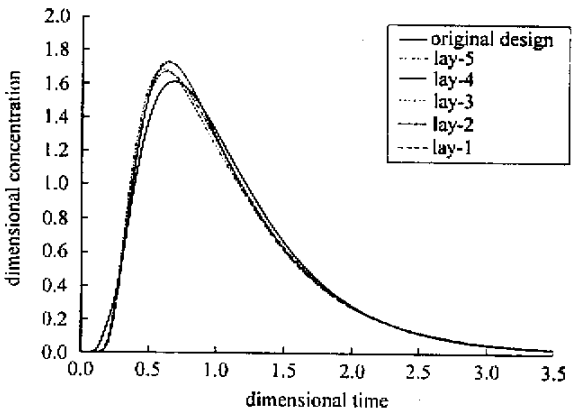


图2 停留时间分布曲线

Fig.2 Distribution curve of residence time

图1 2 中的符号说明见表2。

表 2 符号说明表  
Table 2 The illustration of symbol

中间包		说明	
		高/m	水平方向位置(与进口侧墙的距离) $y_m$
原始设计			
LCY-1	坝	0.37	1.73
	堰	0.25	1.43
LCY-2	坝	0.37	1.73
	堰	0.25	1.53
LCY-3	坝	0.37	1.73
	堰	0.19	1.43
LCY-4	坝	0.31	1.73
	堰	0.19	1.43
LCY-5	坝	0.37	1.63
	堰	0.19	1.43

注:高,对于坝,此为高度;对于堰,此为与包底的间距。原始设计指未加设任何挡板的中间包;LCY为加设二重堰后的中间包(坝、堰)。

4.2 两重堰中间包内钢液的流动方式

由图 1( a )~( c )可知,由于中间包内设置了两重堰(挡板),中间包内钢液的流动分成了 2 大区域,以挡板为界。大包水口附近,挡板之内的钢液,由于大包注流的冲击,形成了速度高、卷吸严重的区域,在挡板外,中间包水口两侧的钢液流动相对平稳、缓慢一些,但由于出口流股的带动,中间包水口附近,钢液的流速比较大。

由图 1 可知,钢水在入口流股处直冲包底,然后向四方散开,在入口流股与中间包大头侧墙间形成了 1 个循环区,同时由于入口流股的卷吸使其周围的钢水均向下流动,亦使沿侧墙向上流动的钢水向中间包的对称轴线汇聚,然后流向二重堰。沿中间包包底流向出口区的钢水在流到二重堰区域时分成 2 股:一股通过二重堰流向出口区,另一股沿挡渣堰向上流动。

挡板外钢液的流动状态为,钢液由二重堰中间流过,形成了稳定平静的层状流动,靠近表面处速度较大,形成了 1 个有利于夹杂物上浮的速度梯度。同时在此区域几乎没有卷吸现象,且大部分钢液流过了较长的距离(未走对角线),延长了停留时间,使夹杂物有时上浮到液面,这是希望得到的流动方式。

4.3 不同中间包设计比较

由图 1( a )~( c )可知,设计二重堰的中间包流场对于夹杂物上浮有利,如在中间包水口处形成了稳定的层状流动。二重堰间距较大时中间包内钢液的流动状态要好于二重堰间距较小时中间包内钢液的流动状态。二重堰间距较大时中间包内钢液流动的层流区较宽,有利于钢液中夹杂物的上浮。

对于二重堰,在所给的坝堰设计参数变动的范围内,钢水的流动状态没有重大变化,流动方式基本一致。

表 3 不同中间包设计方案的钢液停留时间分布曲线参数  
Table 3 RTD parameters of the different tundish designs

参 数	中间包设计方案					
	原始设计	LCY-1	LCY-2	LCY-3	LCY-4	LCY-5
活塞区体积分数	0.396	0.407	0.399	0.409	0.411	0.406
混合区体积分数	0.604	0.593	0.601	0.591	0.589	0.594

为提高夹杂物在中间包内的去除速度,要求中间包内有 1 个较大的活塞区。若从有利于夹杂物聚合的角度看,要求有一定的混合区;另外很重要的一点,就是要有流向表面的流动,这有利于夹杂物被保护渣层吸收。

由图 2 及表 3 可知,二重堰中间包优于未加挡板及只加设 1 个挡板的中间包。LCY-4 较好,即具有较大的活塞区体积。同时 LCY-1 及 LCY-3 也不错,这是因为这 3 个中间包设计的钢液停留时间分布曲线相近。

4.5 拉速及铸坯断面变化的影响

拉速及铸坯断面变化只改变进口流股的速度,而进口流股的速度只要在一定范围内变化,不会影响中间包内钢水流动的基本方式,故改变拉速及铸坯断面(见表 1)稳态流场不变。

5 结论

( 1 )对于二重堰中间包,坝位于距大头端墙 1.73 m 左右,高 0.31 m 左右,堰位距大头端墙 1.43 m,距中间包包底 0.19 m 左右时的中间包结构,钢液具有较好的流动方式,且活塞区体积大,有利于夹杂物上浮。坝堰厚度在 80 ~ 120 mm 之间。

参考文献:

[1] 刘中兴,张捷宇,冯贵军,等.首钢中间包优化设计( I ] ].包头钢铁学院学报,2001,20( 1 ):23-26.  
[2] 贺友多.传输过程的数值方法[ M ].北京:冶金工业出版社,1991.  
[3] Patanker S V. Numerical heat transfer and fluid flow[ M ]. New York: McGraw-Hill, 1980.