

· 试验研究 ·

铁水罐吹气辅助驱渣水模型实验

许飞¹ 沈巧珍¹ 栾国庆¹ 吴翌环¹ 梁新亮² 张小武² 严家志²

(1 武汉科技大学钢铁冶金及资源利用省部共建教育部重点实验室, 武汉 430081; 2 涟源钢铁集团公司, 娄底 417009)

摘要 以钢厂90~105 t铁水罐为原型,在实验室建立几何相似比1:4水模型,用物理模拟方法研究铁水罐侧吹辅助扒渣对驱渣面积的影响。结果表明,在吹气流量为0.25~2.0 m³/h时,随着吹气流量的增大驱渣面积增大。同时随着透气砖安装角度从0°到70°、安装高度从174 mm到294 mm时,驱渣面积均会增大。当用单透气砖侧吹驱渣,安装角度为70°,安装高度294 mm,流量为0.8~1.2 m³/h时,驱渣效果最好。

关键词 铁水罐 透气砖 驱渣 水模型

Water Modeling Test for Auxiliary Deslagging by Blowing Gas in Hot Metal Ladle

Xu Fei¹, Shen Qiaozhen¹, Luan Guoqing¹, Wu Zhaohuan¹, Liang Xinliang², Zhang Xiaowu² and Yan Jiazhi²

(1 Key Lab for Ferrous Metallurgy and Resources Utilization of Ministry of Education, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081; 2 Lianyuan Iron and Steel Group Co, Loudi 417009)

Abstract Taking the 90~105 t hot metal ladle at steel works as prototype, a geometric similarity ratio 1:4 water model is established in laboratory and the effect of hot metal ladle side-blowing gas for auxiliary-deslagging on skimming area is studied by physical simulation method. Results show that as blowing gas rate is 0.25~2.0 m³/h, with increasing gas blowing rate the deslagging area increases; and with increasing installed angle of porous brick from 0° to 70° and installed height from 174 mm to 294 mm, the deslagging area all increases. With using single porous brick side-blowing to deslag, installed angle 70°, installed height 294 mm and gas blowing rate 0.8~1.2 m³/h, the deslagging effect is best.

Material Index Hot Metal Ladle, Porous Brick, Deslagging, Water Model

将铁水脱硫预处理后的高硫渣从铁水中去除,是决定入炉硫总量的主要因素。采用先进的扒渣设备与工艺对系统控硫与降低生产成本是十分必要的^[1,2]。在实际生产中,存在铁水预处理后的高硫渣扒渣时间长,渣扒不尽的问题。致使脱硫后的渣被带入转炉,造成转炉出钢时硫含量偏高,成为生产低硫钢的限制环节。本研究以钢厂铁水罐(公称容量为90~105 t)为原型,运用物理模拟的方法进行水模型研究,以确定侧吹驱渣扒渣操作工艺及条件。

1 水模型实验原理和方案

通过水模型实验研究铁水罐内侧吹驱渣效果。根据相似理论和计算,对于铁水罐吹气系统,只要保证模型和原型间修正的弗洛德准数相等,就能保证原型和模型的流动现象相似^[3]。

$$Fr'_m = Fr'_p \quad (1)$$

即
$$\frac{\rho_{gm} \cdot u_m^2}{\rho_{lm} \cdot g \cdot H_m} = \frac{\rho_{gp} \cdot u_p^2}{\rho_{lp} \cdot g \cdot H_p} \quad (2)$$

式(1)和(2)中: m, p -模型、原型; u_m, u_p -空气和氮

气的流速/($m \cdot s^{-1}$); u_{lm}, u_{lp} -水和铁水的密度/($kg \cdot m^{-3}$); ρ_{gm}, ρ_{gp} -空气和氮气的密度/($kg \cdot m^{-3}$); g -重力加速度/($m \cdot s^{-2}$); H_m, H_p -模型和原型的熔池深度/ m 。

$$\text{特征速度 } u: \quad u = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (3)$$

式中: Q -气体体积流量/($m^3 \cdot h^{-1}$); d -气体喷嘴直径/ m 。

由(2)、(3)式可得:

$$\frac{Q_m}{Q_p} = \sqrt{\left(\frac{D_m}{D_p}\right)^5 \frac{\rho_{gp}}{\rho_{gm}} \frac{\rho_{lm}}{\rho_{lp}} \left(\frac{T_{lp}}{T_{lm}} \frac{P_{gp}}{P_{gm}}\right)} \quad (4)$$

式中: T_{lp}, T_{lm} -铁水和水的温度/ K ; P_{gp}, P_{gm} -原型和模型吹入气体的压力/ Pa 。由(4)式可计算出模型中的气体体积流量。

铁水罐采用有机玻璃按照模型与原型1:4的比例制作(图1)。用水模拟铁水,油模拟渣,压缩空气来代替氮气。由空压机输送的气体在经储气罐稳压后,经流量计由安装在铁水罐侧壁的透气砖吹入铁水罐,观察油层被吹开的状态。待液面稳定后,用摄

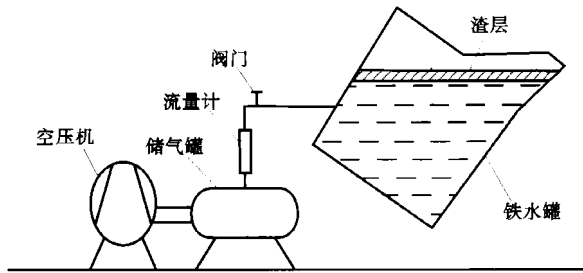


图 1 实验装置图
Fig. 1 Schematics of test apparatus

像机拍摄记录并应用 CAD 软件获取未吹气驱渣前的油层面积及侧吹驱渣后的油层面积,每次实验各取 3 组图片,经计算求得驱渣相对面积(侧吹驱渣的油层面积与驱渣前油层面积的比值)的平均值,该值的大小用来衡量驱渣效果的好坏。

根据现场的要求,本实验主要考察喷吹流量、喷吹模式即透气砖个数、透气砖安装位置(透气砖安装角度和高度)对驱渣效果的影响。实验过程中安装高度选取 3 个水平,安装角度选取 5 个水平,喷吹气体流量选取 7 个水平。实验方案如表 1 所示。

表 1 单吹和双吹实验方案

Table 1 Test scheme for single blowing and double blowing

模式	安装高度/ mm	安装角度/ $^{\circ}$	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
单吹	174/234/294	0/25/50/60/70	0.25/0.5/0.8/1.0/ 1.2/1.6/2.0
双吹	234	(50~70)/(50~60)/ (60~70)/(60~-60)/ (70~-70)	0.25/0.5/0.8/1.0/ 1.2/1.6/2.0

注:与罐嘴正对位置是 0° ,顺时针为正,逆时针为负;安装高度为:水平放置条件下,自铁水罐内底向上至透气砖位置的高度;双吹时两透气砖高度及驱动气体流量相同,角度不同。

2 实验结果与分析

在实验中,从液面以下透气砖中喷出的气体沿着罐壁上升,上升过程中带动液体运动,而液体的运动带动液面渣层运动,使得渣面被吹开,在罐的后侧形成无渣区域。合理的透气砖安装位置及流量使被吹开的渣聚集在罐口附近位置。同时在实验中发现,由于罐是倾斜放置,气体并不是沿着罐的母线上升,而是从液面浅的位置涌出,液面易出现循环流动。

2.1 单吹流量对驱渣面积的影响

保持安装位置不变,改变吹气流量进行实验,由图 2 可见,随着驱动气体流量的增大,驱渣相对面积逐渐增大,但是气体流量增大到 $1.0 \sim 1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ 时多数曲线会出现一个拐点。在拐点以前驱渣相对面

积随着驱动气体流量的增大明显增大,拐点以后驱渣相对面积增加得比较缓慢。这是因为随着驱动气体流量的增大,搅拌能逐渐增大,对渣的驱赶作用越来越明显。但在驱动气体流量过大的情况下,气泡产生聚集,迅速到达液面并溢出,使液面产生明显的隆起,气体向罐嘴方向驱渣的作用并未得到明显的加强,并且在实验中观察到驱动气体流量超过 $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ 时会出现严重的喷溅和卷渣现象,这在现场实际操作中对扒渣是不利的。

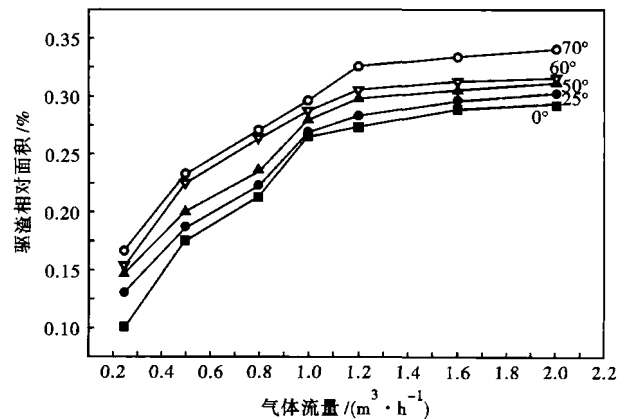


图 2 吹气量对驱渣相对面积的影响,安装高度 234 mm,单吹
Fig. 2 Effect of gas blowing rate on deslagging relative area, installed height 234 mm, single blowing

2.2 单吹透气砖安装角度对驱渣面积的影响

由图 3(a)可知,随着安装角度的增大驱渣相对面积不断增大。当安装角度为 70° 时,驱渣相对面积最大,驱渣效果最好。实验中可观察到,在合适的透气砖安装角度下,流体在上升气泡流的带动下,在铁水罐中形成了由透气砖上升到液面,由液面向罐嘴方向的循环流动,有效地驱赶液面渣层向罐嘴方向运动并聚集。如果角度不合适,则会形成液面渣层的旋转流动而不利于驱渣。

2.3 单吹透气砖安装高度对驱渣面积的影响

由图 3(b)可见,随着安装高度由 174 mm 增大到 294 mm 时,驱渣相对面积逐渐增大,当安装高度为 294 mm 时,驱渣相对面积最大。这是因为气体从透气砖出来在铁水罐内上升,上升过程中浮力做功带动液面的渣层运动,当安装高度为 294 mm 时,气泡在上升过程中浮力做功较大并且液面不发生旋转流动,大多数的能量用来驱赶渣层,驱渣效果最好。

2.4 双吹模式对驱渣面积的影响

由图 4 可见,随着双吹总气体流量的增加,驱渣相对面积增加。在实验中观察到,当双吹模式为同

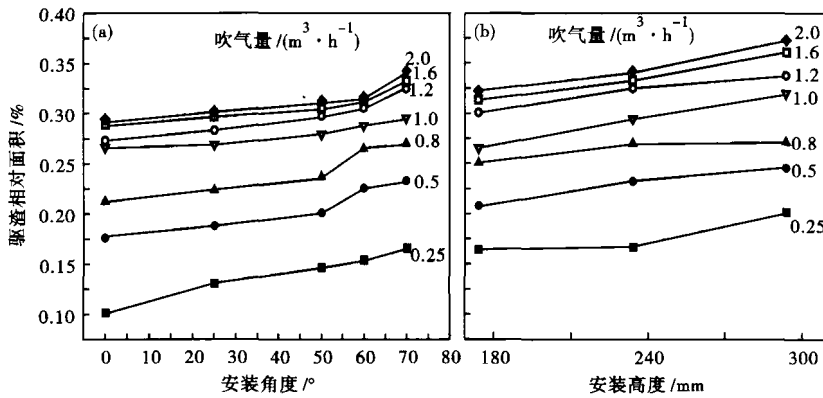


图3 安装角度(安装高度234 mm)(a)和安装高度(安装角度70°)(b)对驱渣相对面积的影响;单吹

Fig. 3 Effect of installed angle (installed height 234 mm) (a) and installed height (installed angle 70°) (b) on deslagging relative area; single blowing

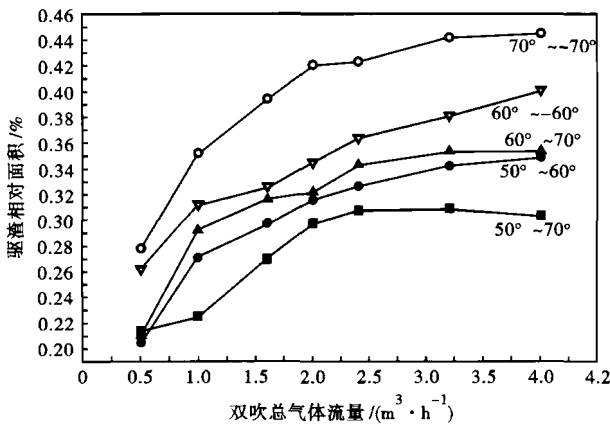


图4 总气体流量对驱渣相对面积的影响,双吹

Fig. 4 Effect of total gas blowing rate on deslagging relative area, double blowing

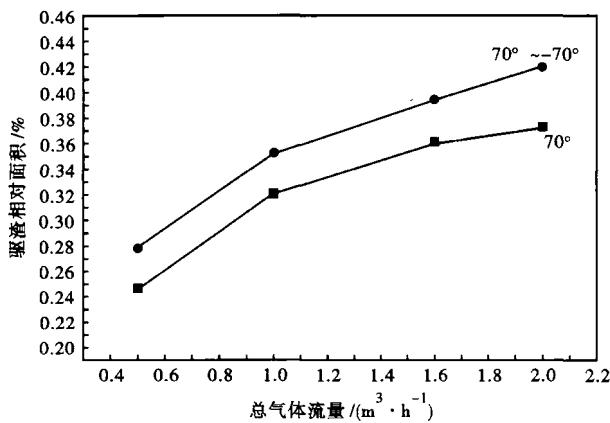


图5 总气体流量对驱渣相对面积的影响,70°单吹,70° ~ 70°双吹

Fig. 5 Effect of total gas blowing rate on deslagging relative area, 70° single blowing, 70° ~ 70° double blowing

模式下,气体从透气砖吹出后两流股相互吸引碰撞,因此导致能量损失较多,用于驱渣的能量减小,驱渣效果较差。安装角度 $60^\circ \sim -60^\circ$ 、 $70^\circ \sim -70^\circ$ 方案为两透气砖对称布置,两股气体相互碰撞机率减小能量损失减小,驱渣效果较好,驱渣相对面积明显增大。由于双吹气体流量较大,在实验过程中发现,当流量增大到一定值时,液面发生高速旋转,且渣层不对称地聚集在罐口,这不仅不利于扒渣且损失了部分能量。

2.5 单、双吹模式下驱渣效果比较

由图5可见,驱渣相对面积随驱动气体流量的增大而增大。同样的气体流量条件下,双透气砖驱渣相对面积要略大于(1.0 m³/h时增大约3%)单透气砖驱渣相对面积。考虑到多个透气砖会增加现场透气砖漏铁水的机率,且多个透气砖吹气,会导致铁水温降增大。综合比较认为单吹70°驱渣效果较好。

3 结论

(1)随着喷吹气体流量的增加,驱渣相对面积增大,当气体流量达到1.2 m³/h时,吹气流量对驱渣效果改善不大,且过大的气体流量易造成喷溅。

(2)随着透气砖安装角度由0°改变为70°,安装高度由174 mm改变为294 mm,驱渣相对面积均逐渐增大。在相同的气体流量下,双透气砖的驱渣相对面积略大于单透气砖。单透气砖安装角度为70°,双透气砖安装模式为70° ~ -70°,安装高度为294 mm时的驱渣效果最好。

(3)建议采用单透气砖侧吹驱渣,安装角度为70°,安装高度为294 mm,流量为0.8 ~ 1.2 m³/h。

参考文献

- 仇东丽,沈巧珍,彭琦,等.铁水罐侧吹辅助扒渣水模实验研究.炼钢,2009,25(5):28
- 杜秀峰,于学斌,赵继宇,等.铁水罐采用吹气辅助除渣工艺的研究.河南冶金,2006(S1):32
- 沈巧珍,杜建明.冶金传输原理.北京:冶金工业出版社,2009

许飞(1986-),女,硕士研究生,钢铁冶金物理数学模拟。

侧即安装角度为50° ~ 70°、50° ~ 60°、60° ~ 70°三种

收稿日期:2011-11-01