

RH 上升管吹气孔堵塞对循环流量的影响

艾新港 包燕平 岳峰 崔衡 吴华杰

(北京科技大学冶金与生态工程学院,北京 100083)

摘要 为研究 210 t RH 上升管吹气孔堵塞对循环流量的影响,进行了 1:4 水模型试验。结果表明,顺次堵吹气孔 3 个以上时,循环流量明显降低;堵塞吹气孔数量相同时,对称堵吹气孔对循环流量的减少小于顺次堵吹气孔,堵吹气孔 3 个和 3 个以下时可以正常生产;降低吹气孔的位置可以显著提高循环流量。

关键词 RH 精炼 吹气孔堵塞 循环流量 水模型

Influence of Nozzles Blocking of RH Up-Snorkel on Circulation Flow Rate

Ai Xingang, Bao Yanping, Yue Feng, Cui Heng and Wu Huajie

(School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract In order to study the influence of nozzles blocking of a 210 t RH unit up-snorkel on circulation flow rate, the 1:4 water model test has been carried out. Results show that with numbers of blocking nozzles in sequence being more than 3, the circulation flow rate decreases obviously; as the number of blocking nozzles is same, the decrease of circulation flow rate with blocking nozzles in symmetry is less than that with blocking nozzles in sequence; RH process could be normal-continuous as the numbers of blocking nozzles are 3 or less than 3; and with lowing the location of nozzles the circulation flow rate increases markedly.

Material Index RH Refining, Nozzles Blocking, Circulation Flow Rate, Water Model

RH 精炼原来主要采用各类扩散环吹入氩气^[1],这种吹入气体的方式其加工、使用及更换都较困难。1974 年开始采用金属管吹气孔^[2],使得吹氩量更加稳定,同时具有通气简单、使用寿命长等特点。RH 精炼过程中钢水的循环流动决定着脱碳、脱氢、去除夹杂物等冶金效果^[3-5],文献[6~8]研究了吹气孔工艺参数对钢水循环流动的影响。RH 生产过程中经常出现金属管吹气孔堵塞的情况,吹气孔堵塞对钢水循环流动的影响直接关系到 RH 能否正常生产。本文通过物理模拟探讨堵吹气孔方式及堵吹气孔数量对 RH 钢水循环流动的影响。

1 实验方法

1.1 模型与原型的相似性

实验以钢厂 210 t RH 真空精炼装置和钢包为原型,为保证几何相似,严格按模型与原型 1:4 的比例缩小,其具体尺寸如表 1 所示。

模型与原型修正 Fr 数相等即可满足动力学相似,由修正 Fr 数相等得出^[9]:

$$Q_{模型} = 0.0996 Q_{原型} \quad (1)$$

式中: $Q_{模型}$ - 实验气体流量; $Q_{原型}$ - 现场生产的气体流量。

表 1 钢包与 RH 模型尺寸/mm

Table 1 Dimensions of ladle and water model for RH refining/mm

项目	钢包深度	钢包内径		钢水装入深度	真空室		浸入管	
		上部	下部		内径	高度	长度	内径
原型	4060	3884	3222	3300	2138	8225	1075	650
模型	1015.0	971.0	805.5	825.0	534.5	2056.3	268.8	162.5

1.2 实验设备和方案

本实验用水模拟钢水,用氧气模拟现场的提升气体氩气。采用 LGY-II 型智能流速仪和新型流速旋浆传感器测量循环流量,具体方法类似皮托管^[10],测量结果准确而且对模型内流场影响小。

实验的 RH 装置在上升管上共有 12 个吹气孔,分 2 层,每层 6 个吹气孔圆周均匀分布,上下交错排列。第 1 层和第 2 层距离上升管底部 460 mm 和 600 mm。吹气孔出口内径为 3 mm。实验堵塞吹气孔方式为顺次堵、对称堵和堵整排 3 种,分别示意于图 1、图 2 和图 3。

2 实验结果与分析

2.1 顺次堵吹气孔对循环流量的影响

从表 2 可见,顺次堵吹气孔数为 3 个以上时,所有的吹气量下的循环流量都明显降低,吹气量越大

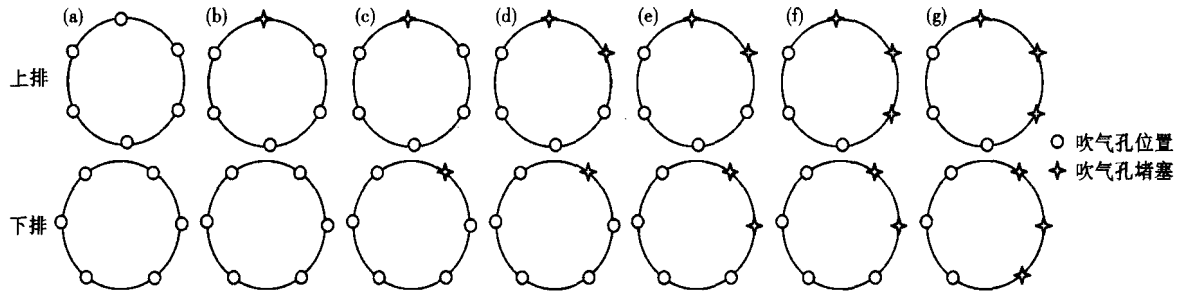


图 1 顺次堵吹气孔位置示意图:(a)全吹;堵塞吹气孔数-(b)1;(c)2;(d)3;(e)4;(f)5;(g)6

Fig. 1 Schematics for location of blocking nozzles in sequence: (a) non-blocking; numbers of blocking nozzles- (b) 1; (c) 2; (d) 3; (e) 4; (f) 5 and (g) 6

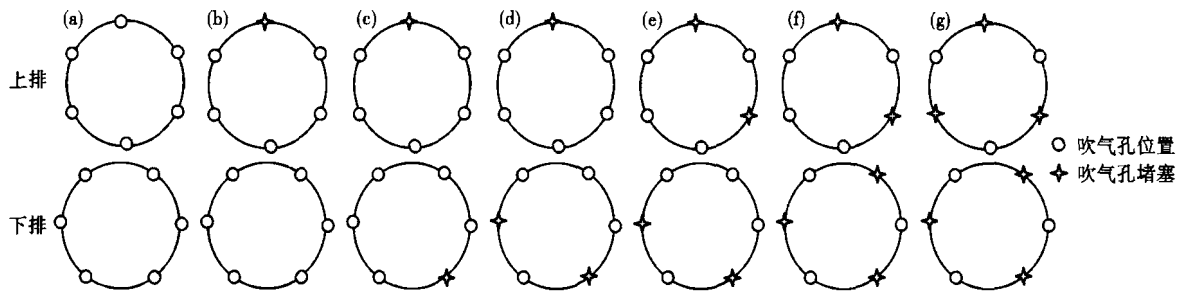


图 2 对称堵吹气孔位置示意图:(a)全吹;堵塞吹气孔数-(b)1;(c)2;(d)3;(e)4;(f)5;(g)6

Fig. 2 Schematics for location of blocking nozzles in symmetry: (a) non-blocking; numbers of blocking nozzles- (b) 1; (c) 2; (d) 3; (e) 4; (f) 5 and (g) 6

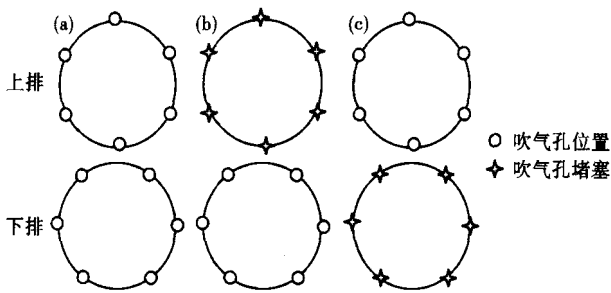


图 3 整排堵吹气孔位置示意图:(a)全吹;(b)堵上排;(c)堵下排

Fig. 3 Schematics for location of blocking nozzles in whole row: (a) non-blocking; (b) blocking in upper row; (c) blocking in lower row

表 2 顺次堵吹气孔数对循环流量的影响

Table 2 Influence of numbers of blocking nozzles in sequence on circulation flow rate

吹气量/ (L·min ⁻¹)	循环流量/(t·min ⁻¹)						
	全吹	堵 1 个	堵 2 个	堵 3 个	堵 4 个	堵 5 个	堵 6 个
200	41.0	37.7	37.7	38.3	32.8	34.2	33.3
400	65.3	67.9	67.9	70.9	61.2	57.5	54.1
600	85.9	89.3	90.2	96.6	79.5	74.3	74.7
800	99.7	102.8	107.1	103.2	92.3	87.5	89.6

时循环流量降低越明显。当吹气量为 200 L/min 时, 顺次堵吹气孔数为 1、2、3 个的循环流量值很接近, 不堵吹气孔时循环流量值最大; 当吹气量为 400、600 L/min 时, 顺次堵吹气孔数为 1、2、3 个和全吹时, 循环流量随着堵吹气孔数的增加而增加, 堵吹气

孔为 3 个时的循环流量最大; 当吹气量为 800 L/min 时, 不堵吹气孔以及顺次堵吹气孔数为 1 个和 2 个时, 循环流量值随着堵吹气孔数的增加而增加, 堵吹气孔数为 3 个时循环流量开始降低, 堵吹气孔为 2 个时的循环流量最大。

顺次堵吹气孔 ≥ 3 个时, 会造成吹入上升管内的气体偏向未堵塞吹气孔的一侧, 吹入气体在上升管内分布不均匀, 而且在实验过程中还发现在上升管上部产生涡流, 堵吹气孔数越多这种现象越明显, 这些都减小了吹入气体对钢水的提升作用。吹气量越大时, 顺次堵吹气孔数为 3 个以上时循环流量降低越显著, 这表明吹气量越大, 吹入气体在上升管内发生分布不均匀越严重, 造成的涡流也越严重。

建议 RH 生产操作时, 应该保证上升管吹气孔堵塞的个数不大于 3 个。

2.2 对称堵吹气孔

从表 3 和表 2 对比可以看出, 相同吹气量下对称堵吹气孔时循环流量值变化范围比顺次堵吹气孔时要小得多。对称堵吹气孔时在吹气量为 200、400、600、800 L/min 下, 全吹时循环流量与最小循环流量的差值分别为 4.1、1.2、1.3、7.9 t/min, 而顺次堵吹气孔在与前相对应吹气量条件下, 全吹的循环流量与最小循环流量的差值分别为 8.2、11.2、11.6、12.3 t/min。在相同条件下, 对称堵吹气孔时

表3 对称堵吹气孔数对循环流量的影响

Table 3 Influence of numbers of blocking nozzles in symmetry on circulation flow rate

吹气量/ (L·min ⁻¹)	循环流量/(t·min ⁻¹)						
	全吹	堵1个	堵2个	堵3个	堵4个	堵5个	堵6个
200	41.0	37.7	39.6	36.9	39.6	43.7	41.0
400	65.3	67.9	64.2	67.2	67.9	71.6	67.9
600	85.9	89.3	85.5	85.5	85.0	88.1	84.6
800	99.7	102.8	96.2	95.3	98.4	100.6	91.8

全吹的循环流量与最小循环流量的差值,小于顺次堵吹气孔的差值,这表明对称堵吹气孔对钢水循环流动的不利影响小于顺次堵吹气孔,这是因为对称吹气时,未发生顺次堵吹气孔时吹入气体偏向上升管一侧的现象,也没有发现在上升管上部有涡流的现象,上升管内吹入气体分布均匀,互相扰动较小,吹入上升管内气体的提升作用受到的影响相对较小。

综合考虑,在顺次堵吹气孔和对称堵吹气孔两种方式下,堵吹气孔数量对RH循环流动的影响,堵吹气孔数为3个和3个以下时可以正常操作。

2.3 堵整排吹气孔

从表4可以看出,在吹气量为200、400、600 L/min时,全吹时的循环流量小于堵上排吹气孔和堵下排吹气孔的循环流量,全吹时的循环流量随吹气量的增加而增加的幅度比堵上排吹气孔和堵下排吹气孔时大。在吹气量为800 L/min时,全吹时的循环流量大于堵上排吹气孔和堵下排吹气孔时的循环流量。在各个吹气量的情况下,堵上排吹气孔时的循环流量均大于堵下排吹气孔时的循环流量,吹气量为200、400、600、800 L/min时,堵上排吹气孔的循环流量分别比堵下排吹气孔时大0.6、6.4、3.9、1.3 t/min,这也表明降低吹气孔的位置可以显著提高循环流量。

表4 堵整排吹气孔堵塞对循环流量的影响

Table 4 Influence of blocking nozzles in whole row on circulation flow rate

吹气量/ (L·min ⁻¹)	循环流量/(t·min ⁻¹)		
	全吹	堵上排	堵下排
200	41.0	44.3	43.7
400	65.3	75.4	69.0
600	85.9	92.8	88.9
800	99.7	96.6	95.3

较小吹气量下全吹时的循环流量小于堵整排吹气孔的循环流量,这是因为全吹时的吹气孔数量比堵整排吹气孔时多1倍,经过吹气孔进入上升管内的气体压力相对小,在吹较小气量时吹入气泡靠近上升管内壁,而堵整排吹气孔时由于吹进上升管内

的气体压力比较大,吹入气泡的距离也就比较大,气泡在上升管内分布更均匀,气泡的提升作用能够更好地发挥。

吹气量为800 L/min时,全吹的循环流量值大于堵整排吹气孔时的循环流量,这是因为在较大吹气量下,全吹时吹进上升管内的气体压力也足够大,能够使吹入气泡在上升管内均匀分布,而堵整排吹气孔由于吹入气体的压力太大,吹入气泡的扰动也较大,反而对钢水流动有不利影响。

堵上排吹气孔时的循环流量大于堵下排吹气孔,这是因为采用下面6个吹气孔吹气时,吹入气体在上升管内的行程比采用下面6个吹气孔吹气时大,吹入气体发挥提升作用的距离长,有利于提高循环流量。实验结果也说明了降低吹气孔的位置有利于钢水流动,是提高循环流量的有效手段。

3 结论

(1)顺次堵吹气孔3个以上时,所有的吹气量下的循环流量都明显降低,吹气量越大时循环流量降低越明显。

(2)对称堵吹气孔对循环流量的不利影响小于顺次堵吹气孔。堵吹气孔3个和3个以下时可以正常生产。

(3)在相同条件下,采用下排吹气孔吹气时的循环流量大于采用上排吹气孔吹气的循环流量。降低吹气孔的位置有利于钢水流动,是提高循环流量的有效手段。

“十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAE03A06)

参考文献

- 张 鉴. 炉外精炼的理论与实践. 北京:冶金工业出版社,1993
- 梶冈博幸. 炉外精炼. 李 宏译. 北京:冶金工业出版社,2002
- Miki Y, Shimada Y. Model of Inclusion Removal during RH Degassing of Steel. Ironmaking and Steelmaking, 1997, 24(8):31
- 徐曾启. 炉外精炼. 北京:冶金工业出版社,1994
- 区 铁. 提高RH真空处理的精炼效率. 钢铁, 1996, 31(5):17
- 舒宏富, 宋 超, 张晓峰. RH上升管喷嘴数量及其布置对流动、混合与传质的影响. 材料与冶金学报, 2006, 5(3):181
- Kamata C, Matsumura H, Miyasaka H, et al. Cold Model Experiments on the Circulation Flow in RH Reactor Using a Laser Doppler Velocimeter. Steelmaking Conference Proceedings, 1998:606
- 胡汉涛, 魏季和, 黄会发, 等. 吹气管内径对RH精炼过程钢液流动和混合特性的影响. 特殊钢, 2004, 25(5):9
- 张先焯. 冶金传输原理. 北京:冶金工业出版社,1988
- Hanna R K, Blake R L, Millman M S. Water Modelling to Aid Improvement of Degasser Performance for Production of Ultralow Carbon Interstitial Free Steels. Ironmaking and Steelmaking, 1994, 21(1):37

艾新港(1978-),男,博士生,二次精炼研究。

收稿日期:2009-04-09