

· 试验研究 ·

145 t RH 真空精炼装置内钢液循环流动特性的水模型研究

朴峰云 郑淑国 朱苗勇
(东北大学材料与冶金学院, 沈阳 110819)

摘要 基于相似原理, 建立几何相似比1:7水模型研究了145 t RH真空精炼装置内钢液循环流动行为, 研究了提升气量(60~140 m³/h)、浸渍管浸渍深度(400~600 mm)、真空室液面高度(426~526 mm)对钢水循环流量和混匀时间的影响。结果表明, 循环流量随提升气量增加而增大且呈近似线性关系, 混匀时间随提升气量增加而呈非线性减小; 500 mm的浸渍管浸渍深度和526 mm的真空室液面高度下均出现较理想的循环流量; 130 m³/h提升气量、600 mm浸渍管浸渍深度和526 mm真空室液面高度可获得最佳循环流动特性。

关键词 145 t RH真空精炼装置 循环流动 混匀特性 水模型

A Water Modeling Study on Circulation Flow Characteristics of Liquid in 145 t RH Vacuum Refining Unit

Piao Fengyun, Zheng Shuguo and Zhu Miaoyong
(School of Materials and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110819)

Abstract Based on similarity principle, a water model with geometrical-similar ratio 1:7 is established to study circulation flow behavior of liquid in 145 t RH vacuum refining unit. The effect of lifting gas flow-rate (60~140 m³/h), inserting depth of snorkel (400~600 mm) and liquid height in vacuum chamber (426~526 mm) on circulation flow rate and mixing time of liquid is researched. Results show that with increasing lifting gas flow-rate the circulation flow rate increases in approximate linear relation while the mixing time of liquid decreases in non-linear relation; the more ideal circulation flow rate of liquid is occurred with inserting depth of snorkel 500 mm and liquid height in vacuum chamber 526 mm; with 130 m³/h lifting gas flow-rate, 600 mm inserting depth of snorkel and 526 mm liquid height in vacuum chamber the optimum liquid circulation flow characteristics are obtained.

Material Index 145 t RH Vacuum Refining Unit, Circulation Flow, Mixing Characteristic, Water Model

RH具有脱碳、脱气、均匀钢水成分和温度、去除夹杂物等多种精炼功能, 在洁净钢生产发挥着极其重要的作用。RH处理主要是利用上升管氩气泡的上浮驱动钢液进行循环流动来实现脱碳、脱气等主要冶金反应^[1-4], 进而达到调节钢液成分、温度的目的。可见, 其内的循环流动特性直接影响到最终的精炼效果。RH内钢液的循环流量和混匀时间是反映RH循环流动特性的两个重要指标, 对其进行研究有利于改善RH的精炼效率。为此, 建立了RH真空精炼过程的水模拟系统, 针对钢厂145 t RH真空精炼装置考察了提升气量、浸渍管浸渍深度及真空室液面高度对循环流量和混匀特性的影响规律。

1 实验原理及方法

1.1 几何相似和动力相似

实验以钢厂145 t RH真空精炼装置为原型, 确

定模型和原型的几何相似比为 $\lambda = 1/7$, 主要参数见表1。采用水模拟钢液, 空气近似模拟氩气。选用修正Froude准数为相似准数^[5], 则可以计算出对应于原型提升气体流量的模型流量。

1.2 实验方法

实验装置如图1所示。混匀时间的测定采用电导法, 将一测定电导率的探头放置在离钢包包壁和包底20 mm处, 以此来检测一定量饱和NaCl溶液加到熔池后其电导率的变化情况。电导率仪的输出信号记录在计算机中, 并且在屏幕上显示其变化曲

表1 原型和模型的主要参数
Table 1 Main parameter of prototype and model

项目	钢包直径/mm		钢包熔池深度/mm	真空室直径/mm	真空室液面高度/mm	浸渍管浸渍深度/mm
	上口	下口				
原型	3 145	2 780	3 200	1 960	426~526	400~600
模型	449	397	457	280	61~75	57~86

通讯作者: 郑淑国, 博士, 副教授, 东北大学材料与冶金学院, 沈阳 110819
E-mail: zhengsg@smm.neu.edu.cn

线。混匀时间最终是根据电导率的波动不超过稳态值的 $\pm 5\%$ 来确定的。在测定混匀时间前,先用一定的提升气量搅拌熔池 5 min 以保证熔池中流动达到稳定状态。

循环流量的测定方法^[6]大体有两种:直接法(体积法)和间接法(速度法或压差法)。实验采用压差法利用毕托管来测定循环流量。在一定驱动气体流量和真空作用下,水流在 RH 模型中作稳定循环流动,液体下降时通过的唯一通道就是下降管,所以可选用下降管中液体的体积流量作为循环流量。如图 1 所示,本实验利用毕托管及微电脑数字压力计测出 RH 下降管内水流的平均线速度,进而求出循环流量。

通过不同的操作参数(提升气量、浸渍管浸渍深度、真空室液面高度)对循环流量和混匀时间的定量分析来研究其对 RH 内钢液循环流动行为的影响。

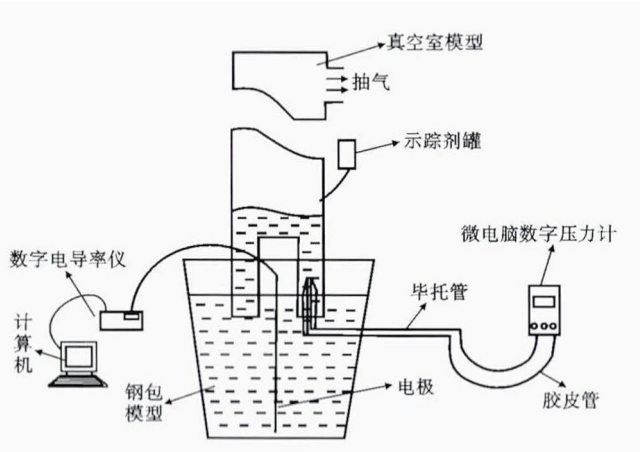


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematics of experimental device

2 实验结果与讨论

2.1 提升气量对 RH 内钢液循环流动行为的影响

图 2 为不同提升气量对循环流量和混匀时间的影响。由图 2 可以看出,在实验研究的 50 ~ 140 m^3/h 的提升气量范围内,循环流量随提升气量增加而增大且呈近似线性关系;整体上,混匀时间随气量增加而减小,但呈非线性关系。具体来说,提升气量在 50 ~ 80 m^3/h ,随提升气量增加,混匀时间迅速减少;提升气量在 80 ~ 130 m^3/h ,混匀时间随气量增大减小,但幅度明显变缓;当提升气量超过 130 m^3/h 之后,随提升气量的进一步增加,混匀时间基本不变。因此,从钢液混匀角度来考虑,为了加速钢液混匀没有必要追求过大的循环流量。综上,130 m^3/h 的提升气量既有较大的循环流量又有较小的混匀时间,故 130 m^3/h 为最佳循环流动特性的提升气量。

2.2 浸渍管浸渍深度对 RH 内钢液循环流动行为的影响

图 3 为不同浸渍管浸渍深度对循环流量和混匀时间的影响。由图 3(a)可以看出,在较小的提升气量范围内,400 mm 的浸渍深度有较小的循环流量;而在较大气量范围内,这 3 个浸渍深度下的循环流量相差不大,总体上看,500 mm 的浸渍深度下有较大的循环流量。由图 3(b)可以看出,混匀时间随浸渍管浸渍深度增加呈先增大后减小的趋势,500 mm 的浸渍深度下混匀时间较长。综上,500 mm 的浸渍深度下既有较大的循环流量又有较长的混匀时间,可见,较大的循环流量下不见得一定会有较小的循环流量,出现这一规律原因还需要进一步研究。相

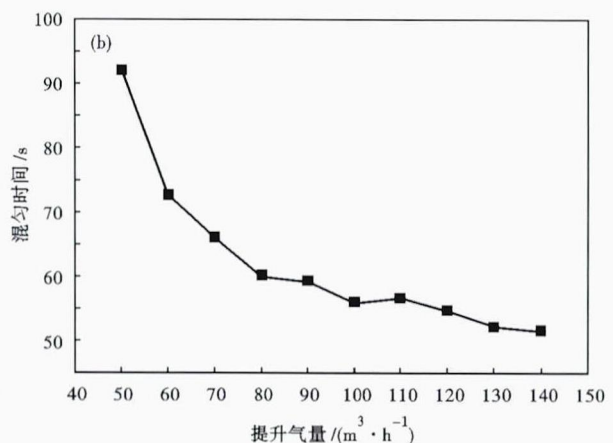
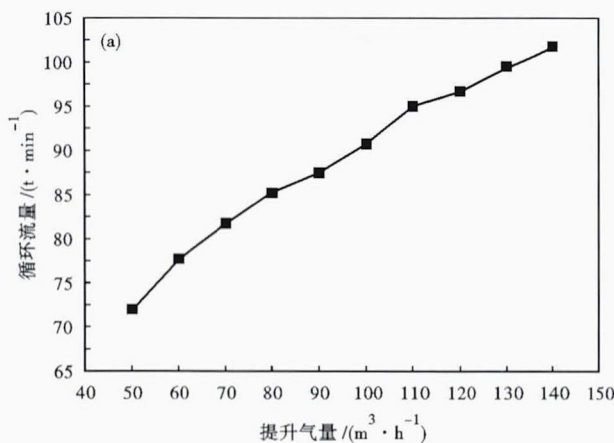


图 2 提升气量对循环流量(a)和混匀时间(b)的影响(浸渍管浸渍深度- 500 mm,真空室液面高度- 476 mm)

Fig. 2 Effect of lifting gas flow-rate on circulation flow rate (a) and mixing time (b) of liquid, inserting depth of snorkel- 500 mm and liquid height in vacuum chamber- 476 mm

比较而言,600 mm 的浸渍深度既有较大循环流量又有较小的混匀时间,故 600 mm 为最佳循环流动特性的浸渍管浸渍深度。

2.3 真空室液面高度对 RH 内钢液循环流动行为的影响

RH 装置真空室内的液面高度与其真空度密切相关,液面高度随真空度的增加而增大。由于水模拟实验条件的限制,往往难以直接模拟实际 RH 真空处理过程中真空度的变化,因此本实验通过不同液面高度间接研究真空度对 RH 内钢液循环流动行为的影响。图 4 为不同真空室液面高度对循环流量和混匀时间的影响。由图 4(a)可以看出,476 mm 的真空室液面高度有较小的循环流量,而其它两个真空室液面高度下的循环流量相差不大。由图 4(b)可以看出,混匀时间随真空室液面高度增加呈先增大后减小的趋势,526 mm 的真空室液面高度下混匀时间较短。综上,526 mm 的真空室液面高度下既有较大的循环流量又有较小的混匀时间,可见,526 mm 为最佳循环流动特性的真空室液面高度。

3 结论

(1) 循环流量随提升气量增加而增大且呈近似线性关系,混匀时间随提升气量增加而减小,但呈非线性关系;130 m^3/h 为最佳循环流动特性的提升气量。

(2) 400 mm 的浸渍深度有较小的循环流量,混匀时间随浸渍管浸渍深度增加呈先增大后减小的趋势,600 mm 为最佳循环流动特性的浸渍管浸渍深度。

(3) 476 mm 的真空室液面高度有较小的循环流量,混匀时间随真空室液面高度增加呈先增大后减小的趋势,526 mm 为最佳循环流动特性的真空室液面高度。

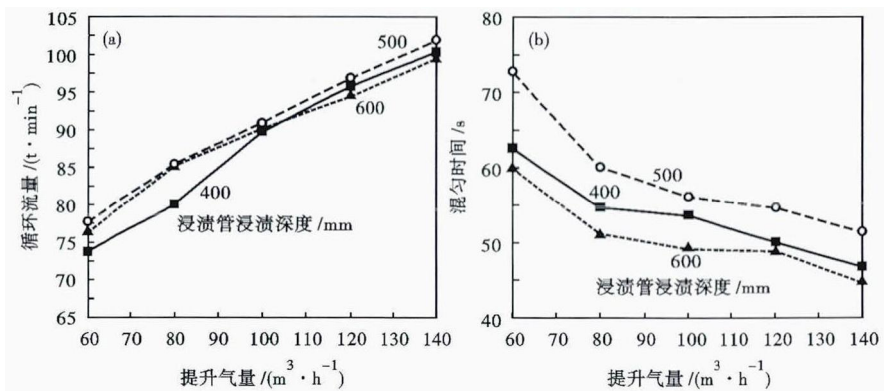


图3 浸渍管浸渍深度对循环流量(a)和混匀时间(b)的影响(真空室液面高度-476 mm)

Fig.3 Effect of inserting depth of snorkel on circulation flow rate (a) and mixing time (b) of liquid, liquid height in vacuum chamber- 476 mm

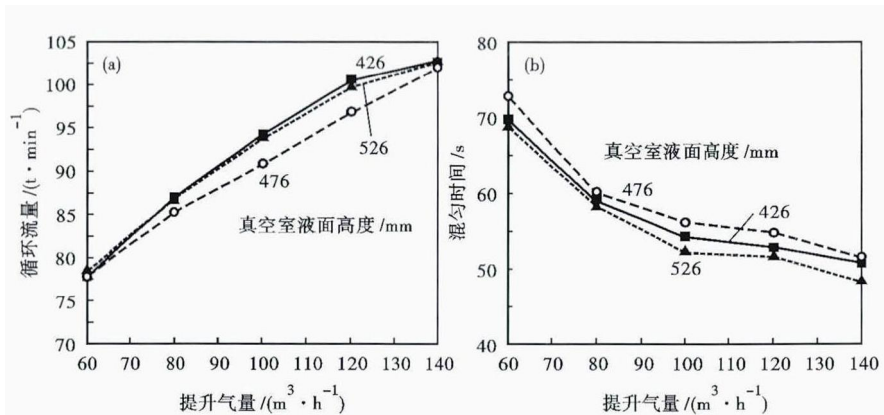


图4 真空室液面高度对循环流量(a)和混匀时间(b)的影响(浸渍管浸渍深度-500 mm)

Fig.4 Effect of liquid height in vacuum chamber on circulation flow rate (a) and mixing time (b) of liquid, inserting depth of snorkel- 500 mm

参考文献

- [1] Inoue Shigeru, Furuno Yoshikazu, Usui Tsutomu, et al. Acceleration of Decarburization in RH Vacuum Degassing Process[J]. ISIJ International, 1992, 32(1):120-125.
- [2] Kleimt B, Köhle S, Ponten H J, et al. Dynamic Modeling and Control of Vacuum Circulation Process[J]. Ironmaking and Steelmaking, 1993, 20(5):390-395.
- [3] 朱苗勇, 黄宗泽. RH 真空脱碳精炼过程的模拟研究[J]. 金属学报, 2001, 37(1):91-94.
- [4] 耿佃桥, 雷洪, 赫冀成. 不同浸渍管参数下 RH 装置内钢液流动行为[J]. 钢铁, 2008, 43(2):35-40.
- [5] 朱苗勇, 萧泽强. 钢的精炼过程数学物理模拟[M]. 北京:冶金工业出版社, 1998.

朴峰云(1962-),男,博士研究生(东北大学),高级工程师,1983年鞍山钢铁学院(本科)毕业,钢铁冶金工艺研究。

收稿日期:2013-07-