

试验研究

空包时间对钢包热状态影响的研究*

袁 飞,贺东风,徐安军,汪红兵,蔡 峻
(北京科技大学,北京 100083)

摘 要:利用Ansys模拟软件建立了钢包周转过程的传热计算模型,并利用实测数据验证了模型的准确性。利用模型对不同空包时间和在线烘烤时间下的钢包热状态进行了模拟分析,并研究了相应热状态对在钢包后续周转过程中钢水温降的影响。结果表明,钢包空包时间为3 h相对于空包时间为1 h(正常热修包时间)的情况,由于钢包蓄热损失造成后续周转过程中钢水温降增加约13 ℃;对于空包时间2~3 h的情况,通过对钢包进行40 min在线烘烤,能够降低钢包后续周转过程中钢水温降约10 ℃,烘烤过程中前10 min对于增加钢包蓄热效果最明显,能够降低钢水温降约5 ℃。

关键词:钢包;空包时间;在线烘烤;钢水温降

中图分类号:TF769.2

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2012)06-0036-04

1 前 言

钢包是钢水的运输工具,在炼钢过程中钢包的状态是影响钢水温度的重要因素,进而会影响到后续连铸过程的顺行和连铸坯质量。在钢包的周转过程中,钢包在连铸浇注结束至转炉工序的在线烘烤开始,为钢包的空包时间。由于钢包调度计划及热修时间延长等原因,通常会造成长空包时间延长,由此导致钢包蓄热的损失增加,进而增大后续周转过程钢水的温降^[1-2]。国内外对钢包的传热及钢水温度预测进行了许多研究^[3-8],但是对于钢包周转中空包时间对钢包热状态影响的研究文献较少。

本研究以迁钢炼钢厂210 t钢包作为研究对象,使用Ansys软件对钢包的空包时间导致钢水温降的影响进行了探讨,得出不同空包时间及不同在线烘烤时间的钢包在周转过程中造成的钢水温降。

2 建立传热模型

根据迁钢210 t钢包的结构尺寸建立Ansys有限元模型,然后:1)对钢包的各部分赋予相应的热物性参数;2)针对模型和钢包周转信息做出简化假设;3)确立数值模拟的初始条件和边界条件,进行模拟;4)对模拟结果的准确度进行验证

2.1 钢包的尺寸材质

迁钢210 t钢包尺寸:钢包高度5.2 m,钢包内腔深度4.06 m,包口外径4.63 m,包口内径4 m,钢包的有效容积约30 m³。钢包各部分的材质及厚度见表1。耐材的热物性参数通过对现场取样进行实测获得。导热系数和热容随温度的变化较大,因此对在

不同温度下模型的相应热物性参数进行赋值,钢水热物性参数参阅相关资料^[9]。

表1 钢包各部分的材质厚度

钢包结构	材料	厚度/mm	
包壁	工作层	尖晶石砖	180
	永久层	尖晶石浇铸料	100
	包壳	钢板	32
包底	工作层	尖晶石预制块	300
	包底砖	尖晶石砖	50
	永久层	尖晶石浇铸料	150
	包壳	钢板	60
渣线	低碳镁碳砖	260	
围罐	尖晶石预制块	180	

2.2 模拟的简化与假设

实际生产过程中,钢包在各个工序的停留时间存在波动,根据钢包周转中各个工序时间的一般情况,对周转过程各个工序及时间做出以下设定:在线烘烤时间30 min,出钢时间7 min,出钢完毕至精炼开始10 min,精炼时间40 min,精炼完毕至浇铸开始30 min,浇铸时间30 min,浇铸完毕至在线烘烤1 h。钢包上线前,其在冷修位的烘烤时间以及冷修位烘烤结束后冷却的时间根据现场生产的调度计划变化较大,假设冷修位烘烤结束后钢包在上线前已冷却至室温,然后上线进行10 h的烘烤。

另外,为了方便计算,对模拟做出以下简化假设:1)忽略钢包内各层之间的接触热阻;2)认为钢包烘烤时煤气燃烧的温度分布均匀;3)忽略钢包各层的热膨胀;4)认为钢水温度分布均匀,钢水温度为1 650 ℃。

2.3 建立钢包传热模型

根据表1中钢包的主要结构对钢包的纵向截面建立二维模型,忽略钢包口和底部的其他部件。对钢包各个部分赋予相应材质的热物性参数,使用二维4节点单元进行网格划分,得到28 383个单元,在钢包内壁和外壁添加表面效应单元。利用模型对

*中央高校基本科研业务费专项资金资助项目,项目编号:No.FRF-BR-10-027B。

收稿日期:2012-09-19

作者简介:袁飞,男,1988年生,北京科技大学冶金与生态工程学院冶金工程专业2011级在读硕士研究生。

钢包渣线处内壁至包壳的温度见图2,空包3 h造成渣线处距内壁0.2 m以内的包衬温降较大,这是由于内壁温度较高,散热量较大所致。钢包包底处内壁至包壳的温度见图3。

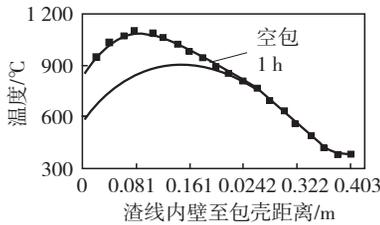


图2 钢包渣线内壁到包壳的温度

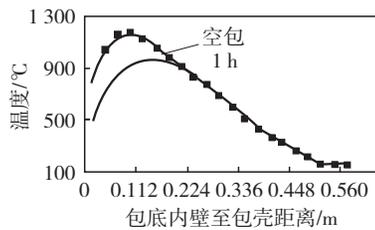


图3 钢包包底内壁到包壳的温度

4.2 对钢水温降的影响

分别模拟得出空包时间是1、1.5、2.0、2.5和3.0 h,对应在线烘烤时间0、10、20、30和40 min的钢包在下一包周转中包壁造成的钢水温降(见图4)。当空包时间是3 h,在线烘烤时间是0 min,即不进行在线烘烤,周转过程中钢包造成的钢水温降最高,为47℃。当空包时间是1.5 h,在线烘烤时间是40 min时,周转过程中钢包造成钢水温降是32℃。表2是空包1 h、在线烘烤40 min为基准的相对钢水温降。

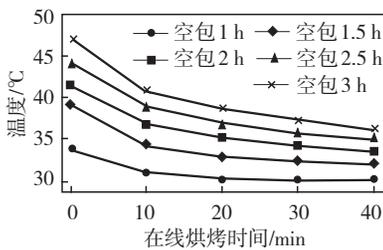


图4 不同空包时间和在线烘烤时间导致的钢水温降

表2 空包时间和在线烘烤时间对钢水温降的影响

空包时间/h	在线烘烤时间/min				
	0	10	20	30	40
1.0	3.84	0.91	0.34	0.10	0
1.5	9.04	3.98	2.87	2.27	1.89
2.0	11.51	6.78	5.20	4.29	3.56
2.5	14.38	8.93	6.97	5.83	5.05
3.0	16.96	10.73	8.60	7.28	6.06

由表2可看出,在线烘烤10 min对钢包蓄热的提升效果较明显,对于不同的空包时间,在线烘烤10 min均能够降低周转中钢水温降约5℃;而对于钢包在线烘烤20~40 min的情况,每多烘烤10 min,能够降低钢水温降值约在0.4~2.1℃。可见对于过点的钢包,随烘烤时间投入的增加,在线烘烤对减

少钢水温降的效果逐渐变弱,在线烘烤前10 min的烘烤效果最好,超过10 min后烘烤效果降低较多。

4.3 效益分析

1)按照目前迁钢的在线烘烤制度,原则上要求钢包的在线烘烤时间 ≤ 30 min,因此会出现以下情况,按照出钢计划在线周转的钢包未能满足在出钢时达到30 min在线烘烤时间的要求,因而换用离线烘烤位钢包上线,这样增加了周转钢包数量,并降低钢包周转率。图5是统计一段时间内7 071组周转在线烘烤时间数据的分布直方图,其中约近60%的情况下钢包在线烘烤时间在 >30 min。根据表2显示,空包时间1 h情况下,在线烘烤由40 min减少到30 min时,钢水温降仅增加约0.1℃,相应空包时间2 h和3 h情况下,改变在线烘烤时间导致钢水温降增加0.73℃和1.22℃。由此可见,在空包时间较短的情况下,可以适当根据出钢计划缩短钢包在线烘烤时间而不会造成过多的钢水温降,以此提高钢包周转效率,降低在线周转钢包个数,提高现场效率。

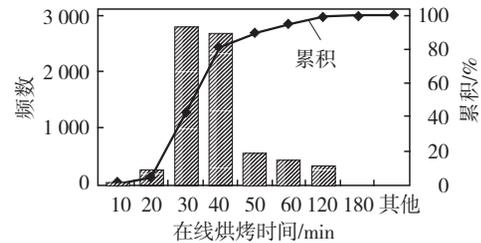


图5 钢包在线烘烤时间分布

2)钢包的平均烘烤时间是34.32 min,现场大火在线烘烤的煤气流量约为425 m³/h,通过降低部分在线烘烤时间过长的钢包的在线烘烤时间,若能将平均烘烤时间降到30 min,则平均每包能节约煤气流量30.6 m³,若能将平均烘烤时间降到20 min,则平均每包能节约煤气流量101.4 m³。

5 结论

5.1 对于迁钢炼钢厂,钢包的空包冷却对钢水温度产生较大影响。通过模拟计算的结果可知,钢包空包时间越长,钢包包体的蓄热损失越大,造成钢包周转过程钢水的温降越大。在不进行在线烘烤的前提下,以空包时间1 h为基准,钢包空包时间1.5 h造成钢水温降5.2℃,钢包空包时间3 h造成钢水温降13.12℃。

5.2 迁钢炼钢厂在出钢前对钢包进行在线烘烤,在线烘烤对提高钢包包体蓄热效果最明显的时间是前10 min,可以降低钢包周转过程中钢水温降约5℃。空包时间2~3 h,在线烘烤40 min能降低钢水温降约10℃,建议延长钢包的在线烘烤时间,根据现场的实际情况,在线烘烤时间尽量达到10 min

以上,可以显著降低钢水温降。

5.3 对于空包时间较短、在线烘烤时间>20 min 钢包,可以根据出钢计划减少在线烘烤时间,以提高钢包周转率,减少在线周转包数量,并节约煤气流量。

参考文献:

- [1] 刘金刚,李战军,王文军,等.钢包周转周期与温降研究[N].世界金属导报,2012-02-07(B03).
- [2] 田卫民,罗三峰,石锦雄,等.首秦炼钢钢包上水口的改进[J].耐火材料,2010,44(1):77-78.
- [3] Nath N K, Mandal K, Singh A K, et al.Ladle furnace on-line reckoner for prediction and control of steel temperature and composition[J].Ironmaking and Steelmaking,2006,33(2):140.
- [4] Dorcak L, Terpak J.Monitoring and prediction of the liquid steel temperature in the ladle and tundish [J].Metalurgija, 2006, 45(2):93-96.
- [5] 刘占增,郭鸿志.钢包传热研究的发展与现状[J].钢铁研究,2007,35(1):59-62.
- [6] 杨治立,朱光俊,常长志.钢包稳态温度场的有限元模拟[J].特殊钢,2007,28(3):41-43.
- [7] 黄宏斌,李新健,张忠珣,等.钢包温度场的模拟及节能计算[J].武汉科技大学学报,2010,33(1):28-31.
- [8] 吴鹏飞,贺东风,汪红兵,等.新钢包热状态对钢水温度的影响[J].钢铁研究学报,2011,23(8):27-30.
- [9] 陈家祥.炼钢常用图表数据手册[M].北京:冶金工业出版社,1984.

Research on the Effects of Ladle Cooling Time on Ladle Thermal State

YUAN Fei, HE Dongfeng, XU Anjun, WANG Hongbing, CAI Jun

(University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: The simulation software ANSYS is used to build the heat transfer computation model for the turnover of ladles and the measured data is used to verify the veracity of the model. With the model the thermal conditions of ladles with different cooling time or online preheating time is simulated and analyzed, and further more the influences of the corresponding conditions on molten steel temperature drop are researched when ladles in the following turnover processes. The conclusions can be drawn from the simulation results: when a ladle has 2 hours' cooling time compared with one with 1 hour's cooling time (the normal hot repair time), the drop of molten steel temperature is increased by 13 °C due to the loss of ladle heat storage; for the situation that a ladle has the cooling time for 2-3 hours, the drop of molten steel temperature when ladles in the following turnover processes may be reduced by 10 °C by means of preheating the ladle online for 40 minutes, and at the same time the first 10 minutes' online preheating to ladles takes the most great effect to increase the ladle heat storage for reduce the drop of molten steel temperature by 5 °C.

Key words: ladle; ladle cooling time; online preheating; temperature drop of molten steel

(上接第32页)

Coal Blending and Coking Test Replaced XT High Sulfur Fat Coal by LS1/3 Coking Coal

Ji Tongsen, Qi Hua, Chang Yu

(Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

Abstract: In order to reduced blending coal cost and enlarge coal resource Jinan Steel carried out the study on blending coal and coking test replaced XT high sulfur fat coal by LS1/3 coking coal. The result showed the way was feasible on the base of present blending ratio. The indexes of coke remained stable and the blending coal cost was reduced by 10.5 Yuan RMB per ton.

Key words: coal bending; coking; 1/3 coking coal; fat coal; coal blending cost

(上接第35页)冶金工业出版社,2008.

- [2] 那树人.炼铁计算辨析[M].北京:冶金工业出版社,2007.
- [3] 杨东进.用Excel建立烧结矿配料计算表[J].山东冶金,2000,22(3):30-32.
- [4] 吕学伟,白晨光,邱贵宝,等.三种优化烧结配料方法的比较[J].烧结球团,2006,31(2):11-15.
- [5] 杨润泉.对返矿参加配料计算及其影响的探讨[J].烧结球团,1989(2):40-43.
- [6] D. G. Khokhlov. Fluxed sinter with increased magnesia content [J].Metallurgist, 1961, 5(1):6-7.

Theory Calculation of Ore Consumption in Sintering Feed and Analysis of Influence Factor

SHI Hongyan, CHEN Wei, LIANG Dong, ZHANG Yi

(Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

Abstract: A prediction model for feed consumption is established based on the mass conservation equation. The accuracy of model is verified with statistical data of production. Through the calculation of model, the related influence factors are analyzed. Conclusions are as follows: sinter basicity is nearly negative correlation with the feed consumption. The FeO content in blended ore increases, the consumption of blended ore decreases. Burning loss in blended ore increases, the consumption increases. Improving the purity of calcium lime is beneficial for reducing the lime consumption. Increasing the MgO content in dolomite is beneficial for reducing its consumption.

Key words: sinter; blended ore; ore consumption; basicity; FeO; burning loss; flux