

试验研究

盛隆化工焦炭质量预测

王丰岩¹,张永强^{1,2},王春霞²,郝刚¹,张冬冬¹

(1 盛隆化工有限公司,山东 滕州 277519;2 江苏沙钢集团有限公司,江苏 张家港 215625)

摘要:介绍了采用煤岩学的方法预测焦炭质量的基本原理,用配煤指标预测焦炭质量并科学指导配煤是可行的。结合盛隆化工煤焦车间的实际实验数据,建立了焦炭质量预测模型,误差分析表明,焦炭各项质量指标相对误差均在6%以内,完全满足实际生产需要。

关键词:焦炭质量;预测模型;配煤;相对误差

中图分类号:TQ520

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2014)01-0036-02

在高炉炼铁过程中,焦炭起着还原剂、热源和骨架的重要作用,对焦炭质量的要求高,要求焦炭灰分低、含硫量少、强度大、各向异性程度高,且随着高炉工艺的发展,对焦炭质量的要求逐渐升高。对于自动化操作的大型高炉,焦炭质量稳定与否,直接关系到高炉的经济效益。焦炭反应性(CRI)和反应后强度(CSR)是表征焦炭热态强度的重要指标。用传统的小焦炉进行配煤炼焦试验,存在试验周期长、工作量大等不足,采用焦炭预测模型公式来指导配煤则具有较好的效果。

1 焦炭质量预测基本原理

经过长期的生产实践总结,焦炭质量主要取决于煤质与炼焦工艺条件。焦炭质量是用煤化度指标、黏结性指标、灰成分指标及煤岩学指标等来预测的。用煤岩学的方法来预测焦炭质量并指导配煤是可行的^[1-5]。煤岩配煤的基本原理如下:

1)煤是不均一的物质。自然界每一种煤都是天然的配煤,但是大多数不是恰到好处,无法达到理想的要求。为此,煤岩工作者通过显微镜观察煤在加热过程中的动态变化,把加热过程中能熔融并产生活性键的成分划为有黏结性的活性组分;加热不能熔融、不产生活性键的划为无黏结性的惰性组分。镜质组和壳质组是活性组分,丝质组是惰性组分,半镜质组是两性组分。显微组分定量结果,可提供煤中惰性成分含量或活性成分含量,用于指导配煤炼焦。

2)煤中各活性组分的质量是不均一的。混煤更是如此,即使是纯单一煤的镜质组的质量也是不均一的,这可用反射率分布图解来表征。对于我国大多数煤,平均最大反射率在1.1%左右的镜质组黏

结性最强,两侧低于或高于1.1%的镜质组黏结性减弱。<0.8%或>1.4%之后的镜质组黏结性很弱,<0.6%或>1.6%之后的镜质组甚至已没有黏结性。活性成分的反射率分布图是决定炼焦煤性质的首要指标。

3)惰性成分与活性成分一样,同是配煤不可缺少的成分,缺少或过剩都对配煤炼焦不利。好的焦炭质量实际上是不同活性成分与适量惰性成分的最佳组合。从煤岩角度确定一种煤的性质,主要看镜质组反射率分布和惰性成分含量,和现行煤分类无关。

4)炼焦过程。炼焦过程不是煤粒相互熔融成均一焦炭的过程,煤粒间是通过界面反应,键合而连结起来的,其中有化学反应,也有物理结合,分解产物沿着煤粒的接触表面相互扩散,经进一步缩聚作用形成了焦块。

本研究结合盛隆化工有限公司煤焦车间2013年1—10月相关试验数据,用煤岩学的方法来预测焦炭质量,总结出了焦炭质量预测模型^[1-5],并对相关数据进行分析。

2 建立焦炭质量预测模型

1)焦炭灰分 $A_{d,j}$ 。影响焦炭灰分的主要因素是配合煤中的灰分 $A_{d,m}$ 。不考虑成焦率,选择焦炭中灰分与煤中灰分的关系,利用Excel对灰分进行4次一元一次线性回归分析。

得出的焦炭灰分预测模型为:

$$A_{d,j}=0.834 124A_{d,m}+5.236 549, R^2=0.992 857. (1)$$

2)焦炭硫分 S_j 。影响焦炭灰分的主要因素是配合煤中的硫分 S_m 。不考虑煤中的灰分和成焦率,选择焦炭与煤中硫分的关系。利用Excel对硫分进行4次一元一次线性回归分析。

得出的焦炭硫分预测模型为:

$$S_j=0.511 069S_m+0.252 944, R^2=0.992 161. (2)$$

收稿日期:2013-12-30

作者简介:王丰岩,男,1980年生,2003年毕业于安徽工业大学化学工程与工艺专业。现为盛隆化工有限公司煤焦一车间技术主管、工程师,天津大学在职工程硕士,从事配煤、炼焦技术管理与研究工作。

3) 焦炭冷态强度(抗碎强度 M_{25} 、耐磨强度 M_{10})。前苏联用挥发分和最大胶质层厚度预测焦炭质量。中国采用挥发分和最大胶质层厚度,或挥发分和黏结指数 G 来预测焦炭质量。根据生产实际,选用干燥无灰基挥发分 V_{daf} 、灰分 A_d 、黏结指数 G 这3个自变量,利用 Excel 进行4次三元一次线性回归分析。三元一次线性回归模型为:

$$X=a_0+a_1A_d+a_2V_{daf}+a_3G。$$

得出的焦炭冷态强度预测模型为:

$$M_{25}=92.943\ 52+0.050\ 302A_d-0.132\ 42V_{daf}-0.012\ 56G, R^2=0.907\ 492; \quad (3)$$

$$M_{10}=3.437\ 063+0.180\ 482A_d+0.036\ 111V_{daf}+0.030\ 455G, R^2=0.975\ 064。 \quad (4)$$

4) 焦炭热态强度热反应性 CRI、反应后强度 CSR。影响焦炭热态强度的因素很多,主要为煤的变质程度、煤的黏结性、炼焦工艺和煤的灰分组成。煤的变质程度可以通过干燥无灰基挥发分来表征。当煤的黏结性位于合适的范围内时,才能获得满足高炉生产要求的冶金焦炭。随着结焦时间的增加,焦炭的粒度、CRI 和 CSR 均有所改善,焦炭的微观结构也有明显变化,各向异性结构的增加导

致焦炭热态强度的提高。适当提高炼焦温度,可以改善焦炭热性能。原料煤中的矿物组分如 K、Na 盐等对焦炭在高炉中的反应有正催化作用。但在实际生产中,没有测定原料煤中的矿物组分所需的电感耦合等离子体发射光谱仪,采用 A_d 代替催化指数 (MCI),从实际的回归效果来看,是可行的。

预测 CRI 和 CSR 选取的变量为 V_{daf} 、 A_d 、 G 这3个自变量,利用 Excel 进行4次三元一次线性回归分析。回归模型为:

$$Y=b_0+b_1A_d+b_2V_{daf}+b_3G。$$

得出的焦炭热态强度预测模型为:

$$CRI=28.004\ 49-0.872\ 12A_d+0.231\ 424V_{daf}+0.073\ 326G, R^2=0.892\ 465; \quad (5)$$

$$CSR=94.688\ 91-0.441\ 63A_d-0.513\ 31V_{daf}+0.275\ 62G, R^2=0.879\ 49。 \quad (6)$$

3 误差分析

根据盛隆化工有限公司煤焦一车间2013年1—10月的19组试验数据,对焦炭质量的实测值和根据预测模型做出的预测值进行相对误差(RE)比较分析,结果见表1。

表1 盛隆化工焦炭质量实测值与预测值误差分析 %

A_d			S_t			M_{25}			M_{10}			CRI			CSR		
配煤	焦炭	RE	配煤	焦炭	RE	实测	预测	RE	实测	预测	RE	实测	预测	RE	实测	预测	RE
9.48	13.17	2.596	0.75	0.64	0.445	88.5	88.44	5.971 8	8.1	8.078	2.170	32.1	32.11	0.031	58.6	58.70	0.176
9.85	13.46	0.733	0.84	0.68	0.222	88.7	88.573	12.66 1	8.1	8.074	2.603	29.6	31.20	5.409	60.5	59.86	1.053
9.10	12.84	1.292	0.80	0.66	0.148	88.3	88.387	8.652 8	8.1	8.122	2.213	32.4	32.08	1.002	58.0	57.99	0.022
9.37	13.03	2.229	0.74	0.63	0.036	88.4	88.389	1.091 9	7.9	7.999	9.931	31.8	30.93	2.738	58.3	57.60	1.205
9.96	13.52	2.442	0.80	0.66	0.148	88.6	88.594	0.629 9	8.0	8.070	6.962	31.0	31.28	0.891	59.2	57.52	2.846
9.48	13.13	1.404	0.64	0.58	0.149	88.4	88.335	6.547 3	7.9	7.915	1.487	30.5	31.54	3.393	56.3	56.71	0.734
9.14	12.84	2.044	0.89	0.71	0.185	88.2	88.267	6.722 3	8.0	8.000	0.036	31.6	31.48	0.372	57.1	59.14	3.565
9.79	13.42	1.738	0.88	0.70	0.296	88.4	88.275	12.53 7	8.0	7.945	5.478	34.0	32.82	3.458	59.8	59.61	0.319
8.71	12.51	0.823	0.85	0.69	0.26	88.3	88.394	9.445 9	7.7	7.781	8.123	32.9	32.65	0.756	56.6	57.95	2.379
8.43	12.28	1.179	0.80	0.66	0.148	88.1	88.225	12.52 3	8.0	7.927	7.308	32.8	31.76	3.186	58.7	57.28	2.425
8.85	12.62	0.145	0.88	0.70	0.296	88.2	88.181	1.944 7	8.0	7.997	0.342	31.3	32.50	3.841	57.7	58.40	1.209
9.04	12.80	2.297	0.85	0.69	0.260	88.4	88.433	3.311 4	7.9	7.929	2.929	32.2	32.63	1.328	56.8	55.78	1.794
9.14	12.88	1.956	0.82	0.67	0.185	88.1	88.246	12.56 9	8.1	8.034	6.587	33.5	33.34	0.473	58.6	58.18	0.714
8.63	12.44	0.496	0.85	0.69	0.26	88.4	88.390	0.998 1	8.1	8.013	8.717	32.4	32.28	0.361	54.4	55.99	2.921
9.19	12.88	2.215	0.89	0.71	0.185	88.4	88.416	1.637 9	8.1	8.060	4.023	32.3	31.44	2.656	57.6	57.67	0.113
8.49	12.34	2.174	0.82	0.67	0.185	88.1	88.109	0.859 2	8.1	8.074	2.593	33.6	32.88	2.132	58.9	57.38	2.583
9.07	12.82	1.795	0.76	0.64	0.073	88.2	88.202	0.238 2	8.2	8.181	1.929	32.8	32.86	0.173	55.3	55.28	0.044
9.42	13.10	0.600	0.88	0.70	0.296	87.9	87.913	1.299 7	8.2	8.181	1.920	33.1	33.30	0.591	57.6	57.87	0.464
8.02	11.94	1.378	0.78	0.65	0.111	88.1	88.124	2.375 8	8.3	8.218	8.202	33.9	32.09	5.345	58.3	57.68	1.060

由表1可以看出,焦炭质量实测值与预测值相对误差的平均值如下: A_d 为1.555%, S_t 为0.205%, M_{25} 为5.369%, M_{10} 为4.397%,CRI为2.007%,CSR为1.349%。所有相对误差均在6%以内,因此,建立的焦炭质量预测模型完全满足实际需要。

参考文献:

[1] 张振才,刘建清.包钢焦炭质量预测方法的探讨[J].内蒙古科

技与经济,1999(5):52-55.

[2] 杨秀华,丁玉献.运用回归分析对炼焦生产的预测与控制[J].煤质技术,2004(6):25-26.

[3] 姚昭章.炼焦学[M].北京:冶金工业出版社,2004.

[4] 王光辉,范程,田文中.焦炭热态性质预测模型的研究[J].燃料与化工,2009,1(1):1-3.

[5] 范程.大容积焦炉对配合煤质量指标要求的研究[D].武汉:武汉科技大学,2008:9-10.

(下转第41页)

致2CaO·SiO₂-3CaO·P₂O₅固溶体生成量减少。

4.2 1 400 °C时熔渣中2CaO·SiO₂-3CaO·P₂O₅固溶体的磷含量要高于1 350 °C时的含量,说明适当提高温度有利于脱磷反应的进行。

4.3 随着反应时间的延长,2CaO·SiO₂-3CaO·P₂O₅固溶体的粒径有增大的趋势,而且固溶体中磷的含量也不断增加。

参考文献:

[1] Hamano T, Fukagai S. Reaction Mechanism between Solid CaO and FeOx-CaO-SiO₂-P₂O₅ Slag at 1 573 K[J]. ISIJ International, 2006, 46(4): 490-495.

[2] Suito H, Inoue R. Behavior of phosphorous transfer from CaO-FeO-P₂O₅(-SiO₂) slag to CaO particles[J]. ISIJ International, 2006, 46(2): 99-104.

[3] Hamano T, Horibe M. The Dissolution Rate of Solid Lime into Molten Slag Used for Hot-metal Dephosphorization[J]. ISIJ International, 2004, 44(2): 263-267.

[4] Yang J, Kuwabara M, Asano T, et al. Effect of Lime Particle Size on Melting Behavior of Lime-containing Flux[J]. ISIJ International, 2007, 47(4): 1 401-1 408.

Research on the Influence Factors of Dephosphorization in CaO-SiO₂-FeO-P₂O₅ Slag

YUAN Linhua¹, SU Chang², LÜ Ningning²

(1 Northeastern University Metallurgical Technology Institute Company Limited, Shenyang 110819, China;

2 School of Materials and Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

Abstract: For improving the efficiency of CaO and decreasing the basicity of converter, the effects of CaO particles, holding time and temperature on the formation of phosphor enrichment phase were investigated in this paper. The results showed that increasing the particle size of CaO properly was beneficial to the formation of 2CaO·SiO₂-3CaO·P₂O₅ solid solution. When the granular CaO is low in slag, increasing the proportion of granular, CaO could promote the formation of 2CaO·SiO₂-3CaO·P₂O₅ solid solution, but the 2CaO·SiO₂-3CaO·P₂O₅ solid solution decreased when the granular CaO is high in slag. Increasing the temperature properly was beneficial to the dephosphorization reaction. Prolonging the reaction time could enlarge the size of 2CaO·SiO₂-3CaO·P₂O₅ solid solution and improve the content of phosphorus in 2CaO·SiO₂-3CaO·P₂O₅ solid solution.

Key words: CaO-SiO₂-FeO-P₂O₅ slag; CaO particle sizes; temperature; holding time; phosphor enrichment phase

(上接第37页)

Coke Quality Prediction in Shenglong Chemical Industry

WANG Fengyan¹, ZHANG Yongqiang^{1,2}, WANG Chunxia², HAO Gang¹, ZHANG Dongdong¹

(1 Shenglong Chemical Industry Co., Ltd., Tengzhou 277519, China;

2 Jiangsu Shagang Group Co., Ltd., Zhangjiagang 215625, China)

Abstract: This article introduced the basic principle of forecasting coke quality by the methods of coal petrology. It is feasible that forecasting the coke quality by the indexes of mixing coal and guiding blending. Combining with actual test data from the Coke Plant of Shenglong Chemical Industry, the coke quality prediction model was established. The error analysis showed that the relative errors of the coke quality indexes are all within 6%, fully meeting the actual needs of production.

Key words: coke quality; prediction model; mixing coal; relative error

信息园地

2013年世界钢铁工业十大技术要闻

1)“五品联动”矿冶系统工程理论及模式破解贫铁矿高效利用的世界性难题;2)国产辊式淬火机取得极薄规格钢板高平直度淬火等多项重大技术突破;3)世界最薄汽车用高强钢成功轧制;4)清洁热能回收系统CHR[®]首次投产;5)日本开发出火力发电用700 °C奥氏体耐热钢高强度化技术;6)自主集成全球首条Φ508 mm无缝钢管生产线;7)高炉高温技术的研发与应用取得显著成果;8)焦炉煤气制LNG技术国际领先;9)五大负压工艺应用效果显著;10)自主研发特殊钢超大断面方坯连铸机。

2013年世界钢铁工业十大产业要闻

1)中国政府出台《关于化解产能严重过剩矛盾的指导意见》;2)欧盟公布《钢铁行动计划》意图重振钢铁工业;3)《大气污染防治行动计划》倒逼中国国企减排;4)蒂森克虏伯出售美国钢厂回购不锈钢业务;5)中国工信部公示两批符合《钢铁行业规范条件》企业名单;6)浦项与安赛乐米塔尔取消印度综合钢厂项目;7)炼焦煤铁矿石期货合约在中国大商所上市交易;8)全球三大矿业巨头投资更加专注铁矿石业务;9)新日铁住金公布中期经营计划发挥合并协同效应;10)国际钢协上调2013—2014年全球钢材需求预测。

(摘自2014年1月7日《世界金属导报》)