

冶金研究



METALLURGY RESEARCH

(2005年)

主 编 王新华

副主编 李京社 朱 荣

冶金工业出版社

冶 金 研 究

(2005 年)

主 编 王新华

副主编 李京社 朱 荣

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2005

内 容 提 要

本书收录了冶金方面的学术论文 89 篇,内容涉及钢铁冶金、有色金属冶金、冶金物理化学、冶金环保等专业;重点对铁矿石烧结性能、高炉炼铁数学模型与数据库、冶金物流管理、连铸坯质量、钢中夹杂物形态、钢中合金元素行为、金属凝固与熔体性能、冶金环境保护等课题进行了深入探讨;所选论文内容均为近一两年的科研成果。

本书可供冶金、环保、能源、管理等领域的科研、生产、教学人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

冶金研究. 2005 年/王新华主编. —北京:冶金工业出版社, 2005. 4

ISBN 7-5024-3725-8

I. 冶… II. 王… III. 冶金—文集 IV. TF-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 018438 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 刘小峰 于 光 美术编辑 李 心

责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 牛晓波

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2005 年 4 月第 1 版,2005 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 29.75 印张; 718 千字; 464 页; 1—1500 册

60.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

金属作为重要的基础原材料,在社会发展和人民生活中发挥着举足轻重的作用。尽管面临着其他材料的竞争,由于金属材料在资源储量、生产成本、回收再使用率和良好的综合性能等方面所具有的明显优势,在可以预见的将来,金属材料在材料工业中占据的统治地位不会改变。

冶金工业是国民经济发展的重要基础产业,二十多年来我国冶金工业取得了令人瞩目的成就,已发展成为世界第一产钢大国和重要的有色金属生产大国。可以预计,今后10~20年是中国冶金工业更快发展、整体实现现代化、走在世界前列的重要时期。为实现这一目标,冶金高等学校应该在人才培养和科学研究方面做出重要的贡献。

北京科技大学冶金学科是国内历史最悠久的冶金学科,渊源于1895年伊始的北洋大学矿冶系。1952年全国高校院系调整时,由北洋大学、唐山交通大学、西北工学院等5所高校的矿冶学科组建成北京钢铁学院(1988年改名为北京科技大学)并设立冶金系。冶金学科是北京科技大学的优势特色学科,师资雄厚,治学严谨,与冶金工业联系密切,半个世纪以来培养了大批高质量毕业生,获得了大批重要科学研究成果,为冶金工业的发展和冶金科技进步做出了重要的贡献,在国内、外享有很高声誉。

2002年4月值北京科技大学建校50周年之际,北京科技大学发起举办了第一届“冶金工程科学论坛”,并对会议中发表的部分学术论文进行收录整理,由冶金工业出版社出版了《冶金研究(2002年)》一书,受到了国内企业、院校、广大科技人员和冶金专业师生的欢迎。同年,北京科技大学还决定今后每年4月下旬都将定期举办“冶金工程科学论坛”,并对论坛上发表的学术论文进行整理,编辑出版《冶金研究》一书,以增强冶金学术交流,促进冶金科技发展,同时作为北京科技大学校庆的纪念。

“冶金工程科学论坛”学术报告范围包括冶金物理化学、钢铁冶金、有色金属冶金、冶金能源技术、冶金环境保护等领域的科学研究成果、新工艺、新技术、新产品等,欢迎国内冶金院校和企业的广大科技工作者踊跃投稿,共同办好“冶金工程科学论坛”。

王新华

2005年3月6日



若干铁矿粉烧结基础特性的实验研究(沈惠国 杜建新 吴胜利).....	1
烧结矿配加球团矿和块矿的熔滴性能研究(邱成国 贾彦忠 梁德兰).....	6
高比例进口矿粉烧结配矿试验研究(王冬青 张建良 单洵华 等).....	10
合理利用韶钢地方铁矿粉的实验研究(吴胜利 毛爱香 冯根生 等).....	16
铁矿石软熔性能试验软件系统(范 军 贾彦忠 梁德兰).....	22
赤铁矿球团焙烧过程研究(范 军 贾彦忠 梁德兰).....	26
球团矿焙烧制度优化(青格勒 王学峰 刘文运 等).....	31
BSO 溶液对焦炭热态性能影响的研究(刘 杰 顾 颜 魏雪晴 等).....	37
高炉高温区内烧结矿与块矿交互反应性的新概念 (吴胜利 孙金铎 杜建新 等).....	42
高炉炉缸铁水流动的数值模拟(孙天亮 程素森 杨天钧 等).....	47
以炉热指数预报高炉铁水含硅量和铁水温度的数学模型 (魏 丽 杨世山 张 飞 等).....	55
耦合反应对高炉铁水含硅量影响的实验研究(文振国 贾彦忠 赵新国).....	61
Access 数据库在高炉喷煤中的应用分析(张 娜 高 斌 孟祥龙).....	65
综合炼铁工艺与经济效益确定富氧喷煤高炉适宜富氧率 (徐东良 赵晓明 任铁军 等).....	70
首钢高炉渣黏度实验室研究(郭汉杰 孟宪民 陆旭忠 等).....	75
高 Al_2O_3 含量高炉炉渣的流动性能研究(张宗旺 周 卫 赵晓骏 等).....	80
高炉风口图像分析处理与特征提取(贾 谡 高征铨).....	86
不同水冷通道的铜冷却壁实验研究(宗燕兵 苍大强 崔 衡 等)(英文).....	91
镁基脱硫剂特性及影响因素的研究(刘正波 底根胜 郭汉杰).....	97
KR 法铁水脱硫水模型实验研究(田广亚 徐 强 闵通宏 等).....	102
铁水炉外增硅脱硫试验研究(朱利斌 李京社 王玉刚 等).....	107
时空多尺度结构及其效应在炼钢高效化中的应用(王训富 李士琦 刘明忠).....	113
转炉炼钢脱碳过程的非平衡态热力学模型(程云霞 储少军).....	119
基于转炉炉气在线分析的钢液碳含量和温度预报模型 (李修安 成国光 张 鉴 等).....	123
转炉脱磷—脱碳冶炼工艺及其物流参数解析 (卢春生 陈 骥 徐安军 等).....	130
宣钢转炉炼钢厂生产流程连续化程度的解析(高佳蓉 田乃媛 李相臣).....	136
马钢 CSP 生产线炼钢→精炼工序物流分析(汪开忠 张建平 田乃媛).....	141
电炉炼钢不同热装铁水比例热平衡研究(李晓强 朱 荣 焦 兵 等).....	146
50t 电炉热装铁水工艺研究与应用(何庆文 杨振国 刘 青 等).....	150
安钢电炉流程生产高碳钢过程氮含量的控制研究(王世宇 傅 杰 李 晶 等).....	156

莱钢 50t 电炉炉壁碳—氧喷吹系统的应用(刘建辉 朱 荣 王勤朴 等).....	161
USTB 氧气喷吹系统在衡钢电弧炉上的应用(焦 兵 朱 荣 李晓强 等).....	165
单嘴精炼炉混匀特性水模型研究(赵 建 王 华 成国光 等).....	169
RH-MFB 精炼钢水温度预测模型研究(吴 凯 刘 青 韩传基 等).....	174
AOD 炉冶炼含氮不锈钢过程中氮含量控制的数学模型(陈 宏 陈伟庆).....	179
基于过程解析的全连铸生产调度模型(刘 青 黄星武 富平源 等).....	184
连铸板坯结晶器中间包水口吹氩水模型研究(邰 芳 张炯明 王新华 等).....	192
小容量四流小方坯中间包挡墙的数值模拟优化(李华龙 张家泉 王维维 等).....	198
保护渣对板坯连铸结晶器平均热流密度的影响(钟忆生 张家泉 潘 辉).....	203
板坯结晶器两孔水口与三孔水口的比较研究(胡 皓 赵和明 王新华 等).....	207
板坯连铸结晶器内流场表面特性水模型实验研究(杨荣光 陆巧彤 王新华 等).....	215
合金钢连铸机高效化改造(王洪军 朱 荣 李全君 等).....	221
系统思考解决水气喷嘴堵塞问题(梁建国 李京社 杨振国 等).....	226
彩色视频显微镜在铸坯夹杂物研究中的应用(王文科 张炯明 王新华).....	231
拉速变化过程中连铸板坯皮下夹杂物的研究(赵紫锋 李 宏 张炯明 等).....	237
钢中碳含量对连铸板坯纵裂纹的影响(柳向椿 赵国燕 蔡开科 等).....	242
连铸大方坯轻压下内裂纹趋势预报(赵国燕 李桂军 包燕平 等).....	247
低碳冷镦钢小方坯低倍缺陷的研究(马富平 薛正学 包燕平 等).....	252
45 钢连铸坯质量研究(孔祥涛 包燕平 孙彦辉 等).....	256
连铸异形坯清洁度研究(张 军 陈高兴 刘建华 等).....	262
晶粒度与洁净度关系的数学模型研究(黄 诚 毛璟红 宋 波 等).....	268
炉外精炼和浇铸过程钢水内部的液体流动、传热和颗粒运动	
(张立峰 Brian G. Thomas)(英文).....	274
炉渣精炼技术的应用研究(潘 辉 张 婕 丛玉伟 等).....	281
钢中夹杂物颗粒方法研究(尚德礼 黄 浪 王习东 等)(英文).....	285
应用 DLCA 模型对钢水中夹杂物粒子集团凝聚过程动力学行为的模拟研究	
(温 娟 李 宏 王万军 等).....	289
首钢 72A 钢洁净度研究(靳庆峰 王海涛 许中波 等).....	296
国内外 72A 钢洁净度对比(靳庆峰 许中波 王海涛 等)(英文).....	301
低碳钢中硫的作用和控制(施 瑜 傅 杰 吴华杰).....	308
含氮不锈钢冶炼工艺研究(李京社 王忠诚 薛颖健 等).....	313
齿轮钢子钢号 20CrMnTiH3 开发研究(郭颖韬 翟正龙 刘建华 等).....	318
钛氧化物冶金在非调质钢中的应用(罗志涛 宋 波 王福明 等).....	324
含钛不锈钢中 $\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$ 型夹杂物形成条件的热力学分析(郑宏光 陈伟庆).....	329
含硼低碳钢的高温延塑性研究(李文英 陈伟庆 袁 辉 等).....	333
含铌高强结构钢的变形抗力模型(孙学义 宋红梅 林 勤 等).....	338
钡系复合合金对钢液脱氧行为的研究(吕俊杰 姜周华 李 阳 等).....	343
锡在钢中分布状态的研究(朱 辰 王立峰 张永军 等).....	349
锡对钙钛脱氧钢易切削性能的影响(李亚波 董 杰 殷 浩 等).....	353

锡对钢材易切削性能及热塑性的影响(殷 浩 朱 荣 李联生 等).....	357
用钙和稀土联合处理研制低碳易切削钢(周 平 董 杰 朱 荣 等).....	362
脉冲电流作用下钢液中电磁场分布的数值计算(张 荣 李玲珍 何 鹏 等).....	367
电脉冲处理对电工钢凝固组织影响试验研究(李红雨 王静松 许建国 等).....	372
电脉冲处理对 HP295 钢铸坯凝固组织的影响(宋军涛 苍大强 章 俊 等)	377
电脉冲处理对近共晶成分铝硅合金凝固过程及凝固组织的影响 (张莉霞 王静松 石向东 等).....	381
碱金属熔盐体系中 Mg^{2+} 与 Al^{3+} 电化学行为的研究(张 曦 焦树强 朱鸿民).....	386
若干锡基二元和 Sn-Zn-M(M: Bi, In, Ag)三元无铅钎料合金的表面张力 (徐艳坤 李作安 曹战民 等).....	390
低氧氟化物体系中碳电极上的阳极过程研究(王桂华 郭小丽 朱鸿民).....	395
燃料电池质子交换膜电导率的测试方法研究(王 博 王新东 王文红 等).....	399
模式识别法研究低熔点热电池用熔盐电解质(高贵华 马瑞新 罗远辉 等).....	404
用硫酸锰溶液直接制备高纯四氧化三锰的难点和进展 (邹 兴 陈德胜 孙宁磊 等).....	408
气相还原制备 Nb_3Sn 合金超微粉末(朱 骏 李宏杰 孙根生 等)	413
氧化锌铝溅射靶材及其薄膜的制备(刘 斌 马瑞新 邵 伟 等).....	417
无污染脱氧体脱氧的影响因素研究(彭 波 周国治 李福桑 等).....	421
质量三角形模型在熔渣局部互熔区黏度预报中的应用 (王丽君 陈双林 周国治).....	428
扫描速度与矿物粒度对 XRD 法定量铁酸钙含量的影响 (张凌文 郭兴敏 周国治).....	433
若干耐火材料体积密度和气孔率的实验研究(李小华 曹永国 吴胜利).....	437
转炉渣随煤粉喷吹对煤粉燃烧率的影响(宗燕兵 张 军 苍大强 等)(英文).....	442
烧结电除尘器板线配置优化试验研究(莫志英 宗燕兵 何 鹏 等)	447
提高高炉净环水浓缩倍数的缓蚀阻垢试验研究(严晔楠 苍大强 李素芹 等).....	453
中国废铝再生的意义、现状、机遇与挑战(王永恒 卢惠民).....	458

若干铁矿粉烧结基础特性的实验研究

沈惠国^{1,2} 杜建新¹ 吴胜利¹

(1 北京科技大学 2 江阴兴澄特种钢铁有限公司)

摘 要:本文针对兴澄特钢常用的 10 种铁矿粉,研究了其同化性能、液相流动特性、黏结相自身强度、连晶固结强度等烧结基础特性。研究结果表明,兴澄特钢目前使用铁矿粉的烧结基础特性各不相同,各种铁矿粉之间存在烧结互补特性。研究铁矿粉的烧结基础特性为优化烧结配矿以及选择矿种提供了基础信息和技术依据。

关键词:烧结 铁矿粉 烧结基础特性

THE EXPERIMENTAL STUDY ON IRON ORE SINTERING BASIC CHARACTERISTICS

Shen Huiguo^{1,2} Du Jianxin¹ Wu Shengli¹

(1 University of Science and Technology Beijing

2 Xingcheng Special Steel Works Co., Ltd.)

Abstract: After researched sinter basic characteristics, include assimilability, fluidity of liquid phase, self-intensity of adhere phase, and crystal intensity and so on, the paper reports that the sinter basic characteristics of the 10 kinds of iron ores from Xing Steel is different, and there are interaction characters between different kinds of iron ore. Basing on that, the paper also offers the basic information to select used ores and optimizes sintering ore-proportion.

Keywords: sintering iron ores sintering basic characteristic

1 引言

高碱度烧结矿是兴澄特钢厂高炉炼铁的主要含铁原料。随着高炉炼铁技术的不断进步,对自产烧结矿质量的要求越来越高,而且要求降低烧结矿成本。

从烧结工艺而言,随着设备的不断改进以及操作水平的逐步提高,用传统的方法来进一步改善烧结技术经济指标的空间越来越小。在这一现状下,人们对烧结原料——铁矿粉的重视程度大增,希望依靠烧结自身精料来加快烧结技术的进步。

事实上,铁矿粉的自身特性对烧结过程有非常重要的影响。近年来,铁矿粉烧结基础特性的发现以及评价体系的创立^[1],使得人们充分认识了铁矿粉在烧结过程的高温行为和作用,为烧结优化配矿以及工艺过程优化奠定了理论和实验基础。

为了从技术和经济两个方面为兴澄特种钢铁有限公司的烧结优化配矿提供重要依据,本文应用北京科技大学在烧结优化配矿方面的最新理论和技术,对兴钢常用铁矿粉的烧结基础特性进行了研究。

2 实验方法

铁矿粉的烧结基础特性主要包括:铁矿粉的同化性、液相流动性、黏结相自身强度、连晶固结强度。实验方法采用微型烧结法,微型烧结法所用的主要设备包括微型烧结装置(如图 1 所示)、压样装置和抗压强度检测装置等。

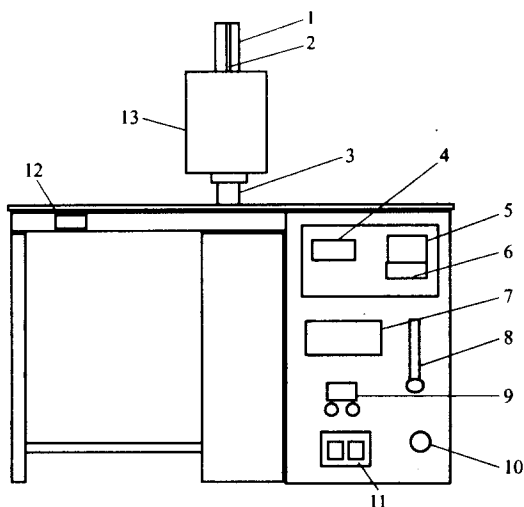


图 1 微型烧结实验装置示意图

- 1—石英管;2—热电偶;3—试样台及升降装置;4—温控仪电流表;5—温控仪显示器;
6—温控仪设置按钮;7—温度表;8—气体流量计及调节旋钮;9—升降装置速率表
及调节旋钮;10—气体转换开关;11—电源开关;12—升降装置开关;
13—红外线快速高温炉

铁矿粉烧结基础特性的测定方法已在相关文献中报道^[2~5]。

江阴兴澄特种钢铁有限公司烧结工序目前常用的铁矿粉有 10 种,进口铁矿粉占大多数,这些铁矿粉的化学成分如表 1 所示。

表 1 10 种铁矿粉的化学成分(%)

矿石	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	P	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	烧损
A	63.07	0.26	3.73	0.10	2.34	0.10	0.070	0.073	0.049	0.034	0.096	2.99
B	57.81	0.25	4.42	0.16	1.36	0.10	0.005	0.044	0.036	0.036	0.063	11.54
C	57.20	0.20	5.30	0.44	2.57	0.18	0.019	0.038	0.014	0.015	0.150	9.45
D	66.46	0.19	2.76	0.16	0.72	0.04	0.004	0.028	0.045	0.028	0.036	0.94
E	67.20	0.22	1.03	0.04	0.65	0.11	0.008	0.029				1.59
F	65.70	10.20	4.64	0.51	0.17	0.37	0.004	0.010	0.035	0.038	0.030	1.34
G	65.40	0.41	3.76	0.04	1.23	0.09	0.005	0.035				0.33
H	66.38	27.90	6.66	0.49	0.28	0.29	0.018	0.025	0.071	0.069	0.058	0.44
I	55.80	0.52	16.88	0.36	1.52	0.15	0.006	0.040	0.054	0.053	0.041	1.32
J	65.20	0.30	3.28	0.10	1.36	0.92	0.011	0.058				1.10

3 实验结果及分析

3.1 兴澄特钢烧结用铁矿粉的同化性能

依照文献[2]的实验方法测定所获得的兴钢铁矿粉的最低同化温度比较如图2所示。

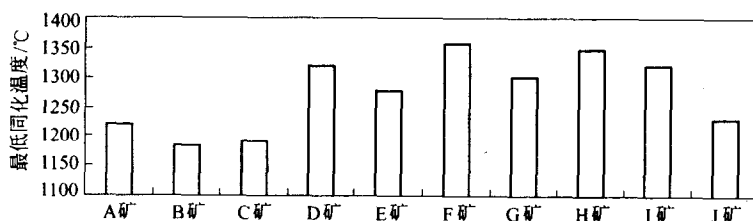


图2 兴钢10种铁矿粉的最低同化温度比较

由实验结果可知:不同种类铁矿粉的同化性各不相同,且有着较大的差别。同化能力很强(最低同化温度低于1200°C)的矿粉有B矿和C矿;同化能力较强(最低同化温度在1200~1250°C)的矿粉有A矿和J矿;同化能力中等(最低同化温度在1250~1325°C)的矿粉有E矿、G矿、D矿及I矿等4种铁矿粉;同化能力较弱(最低同化温度高于1325°C)的矿粉有F矿和H矿。

烧结矿是以液相固结为主,同化性表征了铁矿粉在烧结条件下生成低熔点液相的能力,这一指标过低将不利于混合料的造块,而过高则会破坏烧结料层透气性,从而影响铁矿粉的固结。在兴钢使用的矿粉中,单种矿粉显然无法完全满足上述要求,因此需要搭配使用。掌握了所用铁矿粉的同化性能,我们就可以根据生产需求进行合理配矿。

3.2 兴澄特钢烧结用铁矿粉的液相流动特性

采用文献[3]的实验方法测定的兴钢10种铁矿粉的液相流动性指数如图3所示。

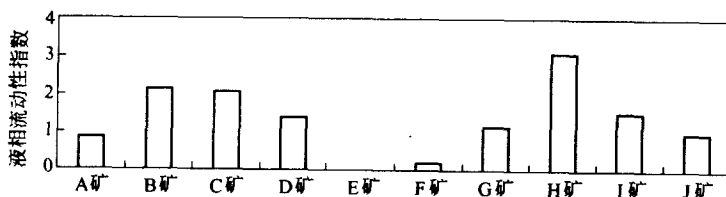


图3 兴钢10种铁矿粉的液相流动性指数比较($T=1280^{\circ}\text{C}$, $R_2=4.0$)

根据实验结果可知,不同种类铁矿粉的液相流动性有很大差异。流动性很强(流动性指数大于3.0)的矿粉有H矿;流动性较强(流动性指数在1.5~3.0)的矿粉有B矿、C矿及I矿等3种铁矿粉;流动性中等(流动性指数在0.5~1.5)的矿粉有A矿、D矿、G矿及J矿等4种铁矿粉;流动性较弱(流动性指数小于0.5)的矿粉有E矿和F矿。

铁矿粉的同化性能只是反映了其低熔点液相的生成能力,并不能完全反映出有效黏结相的数量。当烧结液相的黏度适宜时,有助于烧结矿形成微孔海绵状结构的有效固结,从而获得高质量的烧结矿。因此,适宜的液相流动性是确保烧结矿有效固结的基础。

就兴钢使用的铁矿粉来说,液相流动性中等的铁矿粉可以多用,而流动性过强或过弱的铁矿粉则无法单独使用,必须搭配使用,例如流动性弱的 E、F 矿就必须与流动性较强的 H、B、C、I 矿搭配使用。

3.3 兴澄特钢烧结用铁矿粉的黏结相自身强度

采用文献[4]的实验方法,对兴钢 10 种铁矿粉的黏结相自身强度进行了测定,结果如图 4 所示。由图可见,不同种类铁矿粉的黏结相自身强度各不相同。黏结相自身强度较大(抗压强度大于 800N/试样)的矿粉有 J 矿、I 矿、E 矿及 F 矿等 4 种铁矿粉;黏结相自身强度中等(抗压强度在 400~800N/试样)的矿粉有 D 矿、G 矿、A 矿及 H 矿等 4 种铁矿粉;黏结相自身强度较弱(抗压强度在小于 400N/试样)的矿粉有 C 矿和 B 矿。

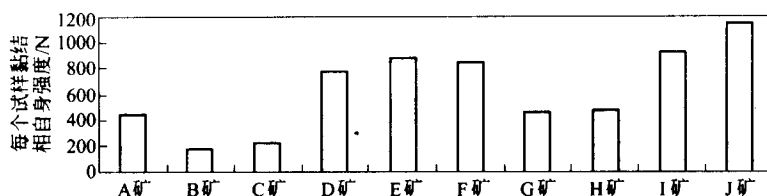


图 4 兴钢 10 种铁矿粉的黏结相自身强度比较($T=1280^{\circ}\text{C}$, $R_2=2.0$)

黏结相自身强度表征的是液相型烧结中黏结相在冷凝固结后抵抗破损的能力,其指标值越大,则烧结矿的固结强度就越高。因此,使用黏结相自身强度较大的矿粉是获得性能优良的烧结矿的重要条件之一。就兴钢使用的 10 种矿粉来说,可以优先选择 J 矿、I 矿、F 矿、E 矿等铁矿粉,其次是 D 矿、G 矿、A 矿、H 矿等铁矿粉,而 C 矿、B 矿等铁矿粉的黏结相自身强度很低,在可能的条件下,应当少用或者不用。

3.4 兴澄特钢烧结用铁矿粉的连晶固结强度

采用文献[5]的实验方法测定的兴钢 10 种铁矿粉的连晶固结强度结果如图 5 所示。

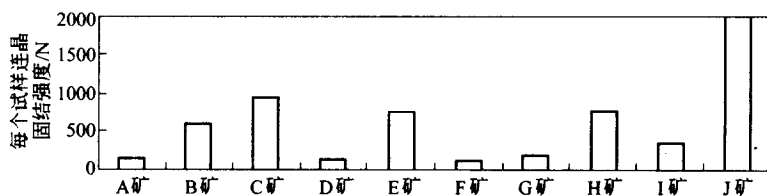


图 5 兴钢 10 种铁矿粉的连晶固结强度比较($T=1280^{\circ}\text{C}$, $t=4\text{min}$)

根据实验结果可知,不同种类铁矿粉的连晶固结强度也有很大差异。连晶固结强度很高(抗压强度大于 1500N/试样)的矿粉是 J 矿;连晶固结强度较大(抗压强度在 800~1500N/试样)的矿粉有 C 矿;连晶固结强度中等(抗压强度在 400~800N/试样)的矿粉有 B 矿、E 矿及 H 矿等 3 种铁矿粉;连晶固结强度较弱(抗压强度在小于 400N/试样)的矿粉有 A 矿、D 矿、F 矿、G 矿及 I 矿等 5 种铁矿粉。

在液相型固结的烧结矿中,连晶固结是由于物料化学成分和热源的偏析而产生的一种

补充固结方式。同黏结相自身强度一样,铁矿粉的连晶固结强度指标也是越大越好。显然使用连晶固结强度大的矿粉有利于烧结矿固结强度的改善。但是,需要指出的是,相对前述的同化性能、液相流动特性、黏结相强度等主要的烧结基础特性而言,连晶固结强度对烧结矿产质量的影响相对较小。因此,应在满足同化性能、液相流动特性、黏结相强度要求的情况下,兼顾铁矿粉的连晶固结强度。

4 结论

通过对江阴兴澄特种钢铁有限公司烧结工序目前常用的 10 种铁矿粉的烧结基础特性的研究和分析,可以归纳得到如下认知:

(1) 各种铁矿粉的烧结基础特性有着很大的差异,说明它们在烧结过程中的高温行为和作用是不同的。这是依靠化学成分等常温特性评价铁矿粉的传统方法所无法认识的重要配矿依据。

(2) 合理选用黏结相强度高,同化性及液相流动性适中的铁矿粉,能够获得烧结技术指标优良的烧结矿。

(3) 通过把握不同种类的铁矿石烧结基础特性,依据烧结特性互补原理,可以有效地指导铁矿粉搭配,最大限度地利用铁矿粉资源,从而提高企业经济效益。

参 考 文 献

- 1 吴胜利,刘宇,杜建新,米坤,林鸿. 铁矿石的烧结基础特性之新概念. 北京科技大学学报, 2002, 24(3): 254~257
- 2 吴胜利,刘宇,杜建新,米坤,林鸿. 铁矿粉与 CaO 同化能力的试验研究. 北京科技大学学报, 2002, 24(3): 258~261
- 3 吴胜利,杜建新,刘宇. 铁矿粉烧结液相生成特性的评价. 冶金研究. 北京:冶金工业出版社, 2002: 18~22
- 4 吴胜利,邱爱华,刘宇,杜建新,刘永顺,张典波,万海明. 铁矿粉烧结黏结相自身强度的试验研究. 见: 2002 年全国炼铁生产学术会议暨炼铁年会文集, 2002: 403~406(内部资料)
- 5 吴胜利,刘芳,杜建新,刘宇,万海明. 铁矿粉的铁矿物连晶特性的实验研究. 冶金研究. 北京:冶金工业出版社, 2004: 26~30

烧结矿配加球团矿和块矿的熔滴性能研究

邱成国 贾彦忠 梁德兰

(北京科技大学)

摘 要:在烧结矿、球团矿、块矿冶金性能试验的基础上,设计了不同种类和比例的配料方案,通过对多种配料方案软熔性能测试结果,分析出炉料结构对综合炉料高温冶金性能的影响,获得高炉合理炉料结构。

关键词:烧结矿 炉料结构 软熔性能

STUDY ON SOFTENING-MELTING PROPERTIES OF SINTER WITH PELLET AND RUBBLE ORE

Qiu Chengguo Jia Yanzhong Liang Delan

(University of Science and Technology Beijing)

Abstract: Several burden charge approaches with different stuffs and its proportion were designed according to testing from the softening-melting properties of sinters, pellets and rubble ore. The influence of charge composition on metallurgical properties was analyzed and the optimized charge composition for the present condition is obtained.

Keywords: sinter charge structure softening - melting property

1 引言

目前,我国高炉通常采用双碱度炉料搭配的炉料结构,其中使用的高碱度矿种为高碱度烧结矿,低碱度矿种为酸性球团矿或者块矿^[1,2]。高碱度烧结矿良好的冶金性能对保持综合炉料的质量起到了重要作用,所以当前进行合理炉料结构方案设计时,一般会遵循以高碱度烧结矿为主的原则。然而烧结矿或者其他矿种的改变对综合炉料的影响还不能被准确预测,所以当烧结矿的配料或者烧结工艺有所改变^[3],配加的球团矿或块矿有所改变时,就必须通过试验研究,重新认识综合炉料的高温冶金性能。本文通过对几种烧结矿、块矿、球团矿的高温冶金性能的试验研究,设计了不同的综合炉料配矿方案,在对综合炉料高温冶金性能测试基础之上,分析了不同炉料搭配对综合炉料高温冶金性能的影响。通过试验研究不仅对这几种炉料有了进一步了解,同时也可以指导高炉的合理用料,有利于高炉的顺行。

2 试验原料及研究方法

2.1 试验原料

试验中使用了3种烧结矿,编号分别为烧1、烧2、烧3。这3种烧结矿化学成分相近,二元碱度均在1.7左右,铁品位、MgO和Al₂O₃含量均较高。两种块矿和球团矿均为国外进

口矿,其铁品位较高, SiO_2 较低。具体化学成分如表 1 所示。

表 1 试验用原料化学成分(%)

原 料	TFe	FeO	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3
烧 1	59.41	9.5	7.9	4.7	2.14	1.74
烧 2	58.73	8.15	8.01	4.7	2.23	1.7
烧 3	59.01	7.84	8.13	4.8	2.18	1.67
块 矿 1	68.95	0.48	0.002	0.76	0.033	0.48
块 矿 2	64.97	0.42	0.012	2.7	0.03	1.6
球 团 矿	66.74	0.9	0.923	2.2	0.14	0.516

2.2 试验方法

通过对单一炉料和综合炉料进行高温荷重还原软化—熔滴性能测试,来研究和评价炉料结构。高温荷重还原软化—熔滴试验参数如表 2 所示^[1,4,5]。

表 2 高温荷重还原软化—熔滴试验参数

试验名称	高温荷重软化—熔滴性能
反应器尺寸	$\phi 50\text{mm} \times 300\text{mm}$ 石墨管
试样高度	$60 \pm 1\text{mm}$
试样粒度	10.0~12.5mm
升温速率	$<900^\circ\text{C}, 10^\circ\text{C}/\text{min}; 900^\circ\text{C}$ 恒温 30min; $>900^\circ\text{C}, 5^\circ\text{C}/\text{min}$
气体组成	$\text{N}_2(70\%) + \text{CO}(30\%)$
气体流量	10L/min

为模拟高炉环境,试样底层、顶层各放置 10g 焦炭。试验中需要测量或计算的指标有软化开始温度 $T_{10\%}(^\circ\text{C})$,即试样收缩 10%的温度;软化结束温度 $T_{40\%}(^\circ\text{C})$,即试样收缩 40%的温度;软化温度区间 $\Delta T(^\circ\text{C})$,即 $T_{40\%} - T_{10\%}$;熔融开始温度 $T_s(^\circ\text{C})$;最大压差 $\Delta p_m(\text{Pa})$;滴落温度 $T_d(^\circ\text{C})$;熔融温度区间 $\Delta T_d(^\circ\text{C})$;透气性指数,即特性值 $S(\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C})$ 。通过上述指标对炉料的高温冶金性能进行分析、比较^[4,5]。

3 结果与讨论

3.1 单种炉料软熔性能

对 3 种烧结矿、2 种块矿和 1 种球团矿进行了荷重还原软化—熔滴性能试验,其结果如表 3 所示。

表 3 单种炉料荷重还原软化—熔滴性能试验结果

原 料	$T_{10\%}/^\circ\text{C}$	$\Delta p_m/\text{Pa}$	$T_d/^\circ\text{C}$	$S/\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}$	$\Delta T/^\circ\text{C}$	$\Delta T_d/^\circ\text{C}$
烧 1	1108	2833	1517	123	141	205
烧 2	1090	2272	1501	126	151	217
烧 3	1076	1914	1497	73	148	182
块 矿 1	1116	2463	1407	62	149	225
块 矿 2	1017	4783	1417	177	148	215
球 团 矿	1010	3830	1417	26	129	149

从单种原料荷重还原软化—熔滴性能来看,由于烧结配料相差不大,其烧结矿成分相近,所以 3 种烧结矿软熔性能亦相近,由于烧结矿的碱度较低,其软化开始温度和滴落温度与高碱度烧结矿相比都相对较低。与块矿、球团矿相比,烧结矿的软化开始温度、滴落温度均较高,除块矿 1 外,其他球团矿和块矿的软化开始温度及滴落温度明显较低,其最大压差较大,其中块矿 2 的性能最差,软化温度低,最大压差高。

从化学成分上分析认为块矿 1 的含铁品位最高,渣量最少,因此可以生成低熔点的物质少,致使软化开始温度很高,软化区间比较窄,同时低渣量也可以使炉料的透气性能保持良好。块矿 1、块矿 2 和球团三者相比较,块矿 2 渣量最多,生成大量的黏性渣造成气体阻力增加,从而使特性值 S 较高。

一般认为球团矿具有良好的透气性^[1],这里也可以得到验证,球团矿的特性值 S 仅为 $26 \text{ kPa} \cdot ^\circ\text{C}$,明显低于其他的炉料。

3.2 综合炉料软熔性能

为了模拟高炉进行综合炉料结构试验研究,我们选择了 7 种配矿方案,各方案炉渣碱度为 1.18,为了控制综合炉料的碱度,添加了少量的硅石。其配料方案如表 4 所示。

表 4 综合炉料配料方案

编号	炉料结构组成	编号	炉料结构组成
综 1	83%烧 1+16%块矿 2+硅石	综 5	82%烧结矿 2+12%块矿 2+5%球团+硅石
综 2	82%烧 1+9%块矿 2+8%块矿 1+硅石	综 6	82%烧结矿 3+8%块矿 2+8%块矿 1+硅石
综 3	82%烧 1+12%块矿 2+5%球团+硅石	综 7	82%烧结矿 3+12%块矿 2+5%球团+硅石
综 4	82%烧结矿 2+8%块矿 2+8%块矿 1+硅石		

根据以上配料方案进行综合炉料的荷重还原软化—熔滴性能试验,所得结果如表 5 所示。

表 5 综合炉料荷重还原软化—熔滴性能试验结果

编号	$T_{10\%}/^\circ\text{C}$	$\Delta p_m/\text{Pa}$	$T_d/^\circ\text{C}$	$S/\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}$	$\Delta T/^\circ\text{C}$	$\Delta T_d/^\circ\text{C}$
综 1	1097	4137	1461	186	143	139
综 2	1123	1635	1478	42	134	107
综 3	1112	2404	1474	50	156	115
综 4	1107	2355	1479	55	137	87
综 5	1042	2877	1480	130	182	188
综 6	1084	1692	1491	49	174	136
综 7	1095	2351	1492	78	148	153

综合炉料配料方案均以烧结矿为主,添加少量块矿或球团矿,综合炉料的高温冶金性能相对于单一的炉料都具有一定的改变。

综 1 方案配加了大量的块矿 2,明显地降低了炉料的软化开始温度,缩小了熔融温度区间,同时块矿 2 透气性差的特点也影响了整体炉料的透气性,使最大压差升高,特性值 S 升高,因此,这种搭配并未取得较好的效果。

综合 2 的炉料搭配取得了较好的效果。在块矿 2 及块矿 1 的共同影响下,软化温度提高,最大压差降低,软化区间和熔融区间也明显缩小,各项指标均有所改善,效果较好。

综合 3、4 的各项指标也都有不同程度上的提高。

综合 5 软化温度降低很多,其他指标均无改善的趋势,其搭配效果比较差。

综合 6、7 对评价指标的改善不够明显,并且在改善了某些性能的同时,也使其他一些性能指标恶化,因此可以认为,这种搭配对炉料没有改善作用。

添加块矿 1 的综 2、综 4、综 6 方案,同添加球团矿的综 3、综 5、综 7 方案相比,炉料的透气性得到改善的效果更好,最大压差和特性值 S 较低,滴落温度稍低,熔融区间较窄,块矿 1 对烧 1、烧 2 的影响更加明显。从试验结果看得出,球团矿对 3 种烧结矿表现出了不同的作用,其中对烧结矿 1 起到了很好的改善作用,提高了软化开始温度,减小了特性值 S ,并且明显的使熔融区间变窄。但对烧结矿 2 的影响较差,对于烧结矿 3 的影响总体不大。

4 结论

通过以上研究可以得到以下结论:

(1) 综合炉料方案 2、3、4 具有良好的冶金性能,优于其他的搭配方案,是较为合理的炉料搭配结构。

(2) 块矿 1 对综合炉料结构的影响比球团矿更加明显,尤其与 1、2 号烧结矿搭配,能够取得很好的改善作用。

(3) 球团矿配加烧 1 搭配方案,效果较好,因此应该选择 1 号烧结矿同球团矿搭配的炉料结构。

参考文献

- 1 高泽平,刘竹林.湘钢合理炉料结构研究.钢铁,2002,37(11):1~5
- 2 胡宾生,杜鹤桂.高炉合理炉料结构的研究.炼铁,1991,(5):40~44
- 3 许满兴,冯根生,张宗旺,等.几种铁精矿烧结性能的试验研究.烧结球团,1998,23(3):21~24
- 4 许满兴,冯根生,韩玉祥,等.石钢高炉炉料结构的试验研究.烧结球团,1998,23(6):1~5
- 5 王连昌,齐东旗,张华卫,等.莱钢高炉炉料冶金性能研究及合理炉料结构实践.山东冶金,2002,(增):76~78

高比例进口矿粉烧结配矿试验研究

王冬青 张建良

单洎华 王学峰 刘文运

(北京科技大学)

(首钢技术研究院)

摘 要:考虑到抚宁厂烧结原料将以进口矿粉为主,根据实际用矿的可能性和可行性,选用高比例进口矿粉进行烧结配矿实验研究。本文分析了各种进口矿配比的烧结矿冶金性能,提出了几种可行的不同配矿方案。本次试验方案稍后就在抚宁厂投产使用,取得了满意的效果。

关键词:烧结矿 进口矿粉 烧结矿碱度 冶金性能

EXPERIMENTAL STUDY OF SINTERING WITH HIGH PROPORTIONAL IMPORTED IRON ORE

Wang Dongqing Zhang Jianliang

(University of Science and Technology of Beijing)

Shan Jihua Wang Xuefeng Liu Wenyun

(Shougang Research Institute of Technology)

Abstract: According to the actual-situation that the Funing Steel Works would mainly use imported iron ore in the future, the sintering experiment with high portion of imported iron ore has been carried out. The metallurgical properties of sinter mainly made by imported iron ore from different countries have been studied. Several rational patterns with different portion of imported iron ore has been put forward and has been successfully applied in Funing Steel Works.

Keywords: sinter imported iron ore sinter basicity metallurgical properties

1 引言

随着我国钢铁工业的快速发展,用于高炉炼铁的国产铁矿粉的比例近几年明显下降,钢铁生产所需的含铁原料很快以国产矿为主转变为国产进口两种资源的格局,进而还会很快转变为以进口矿为主的格局^[1]。为适应首都环保形势的要求,首钢要发展“一业三地”建设,以减少北京地区烧结矿的生产^[2]。首钢高炉使用进口矿始于 20 世纪 70 年代,入炉比例曾达 25%,当时最大高炉有效容积仅 1327m³。后因生产规模扩大导致原燃料供应紧张而质量下降,入炉生矿比例降低,1999~2001 年仅为 13%~15%^[3]。为了使抚宁厂顺利开炉,炼铁厂和技术研究院针对抚宁厂的实际情况进行了高比例进口矿的烧结配矿试验研究。

2 烧结试验研究

2.1 试验原料

含铁原料包括秘鲁细精粉、澳大利亚哈默斯利 HIP 富矿粉(简称 HIP 澳粉)、迁安精粉