



PENGNI JI QITA HANPENG WULIAO ZAI
SHAOJIE QIUTUAN ZHONG DE YINGYONG

硼泥及其他含硼物料在 烧结球团中的应用

范广权 燕兆存 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



硼泥及其他含硼物料在 烧结球团中的应用

范广权 燕兆存 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2011

内 容 简 介

本书共8章,分别介绍了在烧结和球团生产中添加硼泥和其他含硼矿物的作用、硼泥及其他含硼物料的性能及用法、硼泥在烧结和球团生产上的研究及应用情况、高炉冶炼含硼球团矿和烧结矿的效果、经济效益和环境效益分析、存在的问题和进一步开发的途径。

本书可供钢铁企业烧结和球团生产、炼铁部门的科研技术人员、冶金科研院所的研究人员、高等院校相关专业的师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

硼泥及其他含硼物料在烧结球团中的应用/范广权,
燕兆存编著. —北京:冶金工业出版社, 2011. 8

ISBN 978-7-5024-5615-3

I. ①硼… II. ①范… ②燕… III. ①硼泥—应用—
烧结—球团 IV. ①TF046

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 139826 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 李 雪 于昕蕾 张 晶 美术编辑 李 新

版式设计 孙跃红 责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-5615-3

北京印刷一厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2011 年 8 月第 1 版, 2011 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 18 印张; 434 千字; 275 页

56.00 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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)



前 言

我国采用硼泥及其他含硼物料作为烧结球团添加剂的研究工作始于20世纪60年代末,迄今已有40余年。在这期间国内一些高等院校、科研设计单位、大中型钢铁企业和硼化工企业,先后进行了大量烧结球团添加各种含硼物料的试验研究工作,其中以添加硼泥的试验研究为最多,其次是含硼铁精矿、含硼铁矿,另外还有硼酸、含硼复合添加剂等。据资料报道,这些试验研究都取得了很好的效果,并先后有一批试验研究成果和生产应用效果在国家级刊物,如《金属学报》、《钢铁》、《矿冶工程》、《炼铁》、《烧结球团》,及省级刊物上发表,也有一些在企业的科技期刊上发表。有些论文在各种专业技术会议上发表,并收集于会议论文集中。

试验研究与生产实践表明,烧结和球团添加少量硼泥,既可提高烧结矿和球团矿的质量,又可改善生产工艺过程,在烧结球团工序可减少气体燃料或固体燃料的消耗,降低废气和粉尘的排放。高炉冶炼加硼泥烧结矿和加硼泥球团矿,可使炉况顺行改善,产量增加,焦比降低,生铁质量提高,做到节能减排。烧结球团生产添加硼泥和高炉冶炼含硼泥的烧结矿和球团矿,符合低碳生产的理念,是炼铁生产实现节能减排、低碳生产的重要措施。硼泥和含硼铁精矿是生产硼砂、硼酸的副产物,烧结球团生产用其作为添加剂可形成循环经济,尤其是把硼泥开发为烧结球团添加剂,可变废为宝,对钢铁工业、硼化工的发展和环境保护工作都有着十分重要的意义,所获经济效益和社会效益显著,可提供一大批就业岗位。

本书根据笔者多年来收集到的有关烧结球团添加硼泥和其他含硼物料的试验研究和生产实践的资料、高炉冶炼含硼烧结矿和球团矿效果的资料,结合笔者多年参加烧结球团矿加硼泥试验研究,以及硼泥配加前准备处理工艺的实践经验写成。书中简明扼要地介绍了多年来国内外一些单位进行烧结球团添加硼泥和其他含硼物料试验研究成果、生产实践经验及高炉冶炼含硼烧结矿和球团矿的效果,并从作用机理做了初步分析,以供有关同志、有关部门,尤其是主要领导同志和主管部门参考,从中较全面地了解国内开发利用硼泥已取得的成果,这些前期成果已为今后进一步开发利用硼泥打下了坚实的基础,若能尽快

Ⅱ 前 言

把硼泥开发利用工作深入开展起来,则可为我国钢铁工业、硼化工业、环保工作的发展,为实现节能减排、低碳生产、循环经济做出贡献。

本书共有8章,分别为:硼泥的理化性能及配加前的准备处理,硼泥在烧结生产中的应用,硼泥在铁矿球团中的应用,高炉冶炼加硼泥烧结矿和球团矿的效果及操作,硼泥在烧结球团生产中的应用,其他几种含硼物料在烧结球团中的应用,经济效益与社会效益,回顾与展望。

本书可供钢铁企业,硼化工企业的领导、技术人员、管理人员及一线生产人员,化工、环保部门的领导和技术人员使用,也可供有关科研院所的研究人员参考,也可作为高等院校、中等专业学校的有关专业的教学参考用书。

在编写过程中,笔者参考了国内外一些论文和试验研究报告的有关数据和资料,在此对这些作者表示感谢!在本书编写过程中曾得到施月循、李学曾、王双立、苏志远、张文敏、胥志宏、李子飞、刘志国、线胜男、任心瞳、范钦刚、刘恋、毛彩霞、丛日东、李桂珠、杨桂芹、张远富、张振、肖贵礼等同志的支持和帮助,在此表示感谢!

编 者
2011年3月

目 录

1 硼泥的理化性能及配加前的准备处理	1
1.1 硼泥的理化性能	1
1.2 硼泥的产生与排放	2
1.3 硼泥配用前的准备处理	2
1.4 硼泥在烧结球团生产上的应用方法	4
1.4.1 加入量	4
1.4.2 加入方法	4
1.4.3 硼泥粉的运输和保管	4
2 硼泥在烧结生产中的应用	5
2.1 迁安铁精矿粉烧结矿风化原因和抑制方法的试验研究	5
2.1.1 迁安烧结矿的矿物组成与风化现象	6
2.1.2 引起迁安烧结矿风化现象的原因	7
2.1.3 抑制或防止烧结矿风化的方法及分析	9
2.1.4 稳定剂的选择与比较	11
2.1.5 对几类稳定剂的分析	12
2.2 邢钢烧结矿加硼泥试验研究	17
2.2.1 实验室烧结矿加硼泥试验简况	17
2.2.2 烧结混合料配加硼泥的工业生产试验研究	24
2.2.3 邢钢高炉冶炼加硼泥烧结矿的效果	25
2.3 张钢与山冶所合作进行的烧结加硼泥试验	26
2.3.1 实验室试验简况	27
2.3.2 工业性烧结加硼泥试验	28
2.3.3 高炉冶炼加硼泥烧结矿的效果	31
2.3.4 经济效益计算	32
2.4 宣钢配加硼泥提高烧结矿质量的试验研究	33
2.4.1 配加硼泥的实验室试验研究	34
2.4.2 配加硼泥的工业性试验	36
2.4.3 结果讨论与分析	39
2.4.4 高炉冶炼加硼泥烧结矿的效果	40
2.4.5 生产加硼泥烧结矿的经济效益	42
2.4.6 烧结加硼泥试验研究结论	42

2.5	2672 工厂烧结配加硼泥替代白云石的工业试验	42
2.5.1	工业试验进行的概况	42
2.5.2	配料加硼泥烧结生产收到的效益	44
2.5.3	高炉冶炼加硼泥烧结矿的效果	45
2.5.4	取得良好效果的原因分析	46
2.5.5	烧结矿加硼对高炉冶炼生铁质量的影响	47
2.5.6	烧结配加硼泥的经济效益分析	47
2.5.7	结语	47
2.6	本钢二铁厂烧结配加硼泥的试验研究	48
2.6.1	原料条件	48
2.6.2	试验方法	49
2.6.3	试验结果及分析	49
2.6.4	结语	52
2.7	北京科技大学提高遵钢烧结矿碱度防止粉化的试验研究	52
2.7.1	原料条件及试验方案	52
2.7.2	试验条件及检验方法	53
2.7.3	试验结果及分析	53
2.7.4	方案评述及最佳方案选择	55
2.7.5	结论	56
2.8	河北省津西铁厂配加硼泥生产概况	56
2.8.1	用硼泥替代磷粉抑制烧结矿风化的效果	56
2.8.2	用配加硼泥降低烧结矿配煤量和 FeO 的效果	56
2.9	通钢炼铁厂烧结加硼泥试验研究	57
2.9.1	试验研究方法	57
2.9.2	实验室烧结杯试验结果	58
2.9.3	对烧结加硼泥试验效果的初步分析	59
2.10	中南大学配加硼泥改善包钢烧结矿粒度组成的研究	61
2.10.1	试验用原料的特性	62
2.10.2	配加硼泥的试验结果	62
2.11	烧结生产配加硼泥试验研究与应用综述	63
2.11.1	烧结配加硼泥的效果综述	64
2.11.2	烧结配加硼泥获得良好效果机理的简单分析	65
3	硼泥在铁矿球团中的应用	67
3.1	凌钢与东北大学合作进行的球团加硼泥试验研究	67
3.1.1	凌钢保国铁精矿球团加硼探索性试验研究	68
3.1.2	在东北大学进行的加硼保国铁精矿球团的试验研究	78
3.1.3	在凌钢进行的球团矿加硼试验研究	90
3.1.4	技术鉴定与项目验收	101

3.2 北京科技大学关于硼泥对球团矿质量影响的试验研究	102
3.2.1 “硼泥对球团矿质量影响的分析”项目的试验研究	102
3.2.2 硼泥对球团矿质量影响的研究项目的试验研究	105
3.3 鞍山钢院对竖炉加硼碱性球团矿性能的试验研究	112
3.3.1 试验研究方法	114
3.3.2 对试样的微观检验	117
3.3.3 试验结果分析	118
3.4 黑山膨润土加硼泥球团试验研究	120
3.4.1 试验用原材料特性	120
3.4.2 成球性能试验	122
3.4.3 球团焙烧试验	123
3.4.4 球团冶金性能测定	125
3.4.5 结论	126
3.5 鞍钢烧结总厂铁矿球团配加硼泥的试验研究	126
3.5.1 造球试验研究	127
3.5.2 焙烧试验研究	130
3.5.3 结论	134
3.6 鞍钢带式焙烧机球团加硼工业试验研究	135
3.6.1 试验条件与研究方法	135
3.6.2 试验结果及初步分析	136
3.6.3 结论	139
3.7 安钢水冶炼铁厂球团矿配加硼泥的生产试验	139
3.7.1 硼泥与膨润土的质量对比	140
3.7.2 硼泥配加量的确定	140
3.7.3 配加硼泥后对生球质量的影响	141
3.7.4 球团矿配加硼泥后对竖炉生产的影响	141
3.7.5 高炉冶炼加硼泥球团矿的效果	142
3.7.6 经济效益分析	143
3.7.7 结论	143
3.8 东北大学关于鞍钢铁矿球团配加含硼添加剂的试验研究	143
3.8.1 试验的原料条件	144
3.8.2 造球和管式炉焙烧试验研究	145
3.8.3 焙烧杯焙烧试验研究	152
3.9 16m ² 球团矿竖炉加硼泥工业试验研究	156
3.9.1 试验用原材料条件	156
3.9.2 试验方法	156
3.9.3 试验结果及分析	157
3.9.4 讨论	159
3.9.5 结论	159

3.10 武安东钢高强度泥球团矿的研制与生产	160
3.10.1 自熔性球团矿配加硼泥及高炉冶炼试验	160
3.10.2 高强度硼泥球团的研制与生产	161
3.10.3 高炉冶炼高强度硼泥球团矿的效果	163
3.10.4 生产高强度硼泥的经济效益	165
3.10.5 “高强度硼泥球团矿”项目的技术鉴定	165
3.11 东北大学加硼改善 MgO 质酸性球团矿焙烧性能的试验研究	166
3.11.1 MgO 质酸性球团矿的冶金性能	166
3.11.2 结论	169
3.12 马钢铁精矿粉加硼制取 MgO 质酸球团矿的试验研究	169
3.12.1 试验研究方法	169
3.12.2 试验结果及分析	171
3.12.3 用加硼泥改善 MgO 质酸性球团造球和焙烧性能的研究	173
3.12.4 结论	175
3.13 配加硼泥对球团生产影响的综述	175
3.13.1 硼泥对成球过程和生球质量的影响	176
3.13.2 配加硼泥改善球团矿质量的效果	176
3.13.3 硼泥改善球团焙烧工艺的良好效果	179
3.13.4 硼泥降低球团矿焙烧温度的效果及其对球团矿生产的意义	180
3.13.5 结语	183
4 高炉冶炼加硼泥烧结矿和球团矿的效果及操作	184
4.1 配加硼泥改善烧结矿和球团矿的质量效果	184
4.1.1 烧结矿	184
4.1.2 配加硼泥改善球团矿质量效果的综述	185
4.2 高炉冶炼配加硼泥球团矿和烧结矿效果综述	186
4.3 凌钢 100m ³ 高炉冶炼加硼泥球团矿的效果	187
4.3.1 100m ³ 高炉冶炼加硼泥球团矿的效果	187
4.3.2 100m ³ 高炉冶炼加硼泥球团矿效果的原因分析	189
4.4 凌钢 300m ³ 高炉冶炼加硼泥球团矿的效果	189
4.4.1 概况	189
4.4.2 300m ³ 高炉冶炼加硼泥球团矿的效果	190
4.4.3 冶炼效果良好的原因分析	191
4.5 高炉冶炼加硼泥球团矿和烧结矿的操作	192
4.5.1 高炉冶炼加硼烧结矿和烧结矿的效果及原因回顾	192
4.5.2 加硼泥球团矿和烧结矿冶炼操作	192
4.6 俄罗斯马钢用含硼炉料改善高炉冶炼状况的试验研究	193
4.6.1 使用卡奇卡纳尔球团矿炉况的变化	193
4.6.2 加含硼物料后高炉炉况的改善	195

5 硼矿石在烧结球团生产中的应用	198
5.1 硼矿石的种类和性质	198
5.1.1 硼矿的矿物性质和化学组成	198
5.1.2 硼及其化合物的性质	199
5.2 含硼铁精矿的产生及其性能	200
5.3 含硼铁精矿在炼铁生产中的应用效果概况	201
5.4 硼矿粉的资源概况	203
5.5 含硼铁精矿在球团中应用的试验研究工作	203
5.5.1 凌钢球团配加含硼铁精矿的试验研究	203
5.5.2 东北大学关于含硼铁精矿在球团生产中的应用研究	206
5.5.3 通钢球团配加硼镁铁精矿粉的工业试验	212
5.6 硼镁矿、含硼铁精矿在烧结生产应用和高炉冶炼试验研究	215
5.6.1 北台钢铁厂用含硼铁精矿抑制粉化、提高烧结矿强度的试验研究	215
5.6.2 鞍钢烧结矿加硼及高炉冶炼试验	225
5.6.3 鞍山钢院关于加硼烧结矿性能的研究	232
5.6.4 新抚钢烧结矿加硼工业试验研究	237
6 其他几种含硼物料在烧结球团中的应用	249
6.1 CYB—II型复合黏结剂的研制与应用试验	249
6.1.1 凌源市膨润土矿对CYB—II型复合黏结剂的试验研究	249
6.1.2 鞍钢球团配加凌源新型黏结剂的试验研究	252
6.2 北京科技大学关于新型球团黏结剂开发的试验研究	257
6.2.1 试验用原料	257
6.2.2 新型添加剂配方的优选试验	257
6.2.3 新型添加剂的造球与焙烧试验	257
6.2.4 冶金性能和矿相分析	259
6.2.5 经济效益分析	260
6.2.6 结论	260
6.3 北京科技大学关于新型球团添加剂(CT—X)的开发研究	261
6.3.1 新型球团添加剂的化学成分	261
6.3.2 造球试验	261
6.3.3 焙烧试验	261
6.3.4 球团矿的化学成分	262
6.3.5 结论	262
6.4 北京科技大学关于球团矿矿化剂开发研制的简况	262
6.4.1 球团矿矿化剂的简要情况	263
6.4.2 球团矿矿化剂的开发研制试验	263
6.4.3 矿化剂对球团矿性能的影响	264

6.4.4 讨论	265
6.5 烧结球团配加硼酸的生产情况	265
6.5.1 硼酸的理化性能和用途	265
6.5.2 硼酸作烧结球团添加剂的优缺点	266
7 经济效益与社会效益	267
7.1 经济效益	267
7.1.1 在球团生产加硼泥的效益	268
7.1.2 在烧结生产加硼的效益	268
7.1.3 在炼铁生产方面的经济效益	268
7.1.4 炼钢生产的经济效益	269
7.2 社会效益	269
8 回顾与展望	270
8.1 回顾	270
8.2 展望	271
参考文献	273



硼泥的理化性能及配加前的准备处理

1.1 硼泥的理化性能

硼泥是化工厂用硼镁石或硼镁铁矿石为原料用火法制取硼砂或硼酸的残余物（或叫副产物），有的人又把硼泥称为硼灰泥或硼矿渣。目前我国排放硼泥的工厂有 30 多个，年排放量约为 90 万吨，其中辽宁省约为 60 万吨。

多年来，我国的硼泥一直靠毁田占地堆弃，既污染环境，又耗费大量的人力和运力。有关部门曾对硼泥的综合利用组织了技术开发，但综合利用率还不高，尚需开拓经济效益好的新途径。近几年将硼泥用作烧结球团添加剂获得成功，给硼泥找到了经济效益好的新用途，对钢铁工业和硼化工工业的发展和环境保护都有重大作用与意义。

硼泥是多种无机化合物的混合物，其主要成分是 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 MgCO_3 ，对硼泥粉晶进行 X 射线分析未发现独立的含硼矿物，硼以微量存在于其他矿物中，主要有氢氧化镁、方解石、镁橄榄石、磁铁矿、蛇纹石等。由于硼镁石和硼镁铁矿石经过高温焙烧使矿物结构发生变化，脱去了结晶水，形成疏松的多孔物质，从而大大提高了化学活性，由于焙烧温度为 $750 \sim 850^\circ\text{C}$ ，使其中 SiO_2 和 Al_2O_3 也有了一定的化学活性。化工厂以湿法排放硼泥，含水率达 30% 以上，呈潮泥状、棕褐色，有较好的可塑性。硼泥的干容重为 $1210 \sim 1260\text{kg}/\text{m}^3$ ，湿容重为 $1580\text{kg}/\text{m}^3$ ，比重为 $2.85 \sim 2.93$ ，比表面积为 $3500 \sim 3900\text{cm}^2/\text{g}$ ，pH 值（潮湿状态时）为 9.8。硼泥粒度较细，但在露天存放风干中黏结成大小不同的硼泥块，故需细磨至 -0.074mm （ -200 目）粒级占 80% 以上后用作球团黏结剂。

统计资料表明，各厂排放硼泥的化学成分不尽相同，但大多数差别还不太大。目前只有少数黑硼泥或白硼泥的化学成分差别大一些。

按化工厂使用原料硼矿石的不同，硼泥又分白硼泥、黑硼泥和褐硼泥几种。其中褐硼泥的产出量最多，颜色为红褐色；国内一直把褐硼泥称为硼泥，其中 SiO_2 含量较高。白硼泥中 SiO_2 含量较少， MgO 较高，颜色为白色，白硼泥产出量很少，国内只有宽甸几个化工厂产出。黑硼泥是用硼镁铁矿石为原料生产硼砂或硼酸的产出物，含铁量较高，但 MgO 含量较低，产出量也不多，因为其颜色发黑，称为黑硼泥。表 1-1 为几种硼泥和其他添加剂的化学成分。

表 1-1 几种硼泥和其他添加剂的化学成分 (%)

品 种	TFe	FeO	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	B_2O_3	Na_2O	MgO/ SiO_2	烧 损
开原硼泥	5.98	1.58	25.61	3.08	0.065	37.03	4.40	0.35	1.45	
凤城硼泥			24.92	1.98		38.52	2.37		1.55	
营口硼泥			28.30	1.58		41.47	3.34		1.58	
牡丹江硼泥	13.18	2.29	23.18	3.65	4.98	28.56	3.90		1.23	13.93

续表 1-1

品 种	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	B ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO/SiO ₂	烧 损
四宝山硼泥	14.59		20.38	2.58	1.02	31.32	3.15		1.04	
辽阳硼泥	14.21	3.37	32.88	2.11	1.19	28.23	2.53		0.88	
宽甸硼泥 1	11.84		20.22	2.04	4.80	36.78			1.82	13.41
凤城黑硼泥	35.36		18.62	1.27		27.44	3.69		1.65	
嘉定硼泥			25.80			36.00	2.30			
永甸硼泥			4.56	5.51	1.21	39.04	2.76			
宽甸硼泥 2		0.80	3.86	3.88	0.88	41.33	3.07			43.20
通化硼泥			23.85	2.83		39.20	3.10			
通远堡硼泥	11.00		26.00	3.10	2.04	34.80	6.80			
菱镁石			2.52	2.18	0.38	44.08			17.49	
蛇纹石	5.78		38.19	0.70	1.25	38.89			1.02	
白云石			1.30	29.80	0.50	20.50			15.77	
膨润土			67.66	1.27	14.40	2.24			0.03	

1.2 硼泥的产生与排放

在硼砂生产过程中，首先将块状硼镁矿石（或硼镁铁矿石）进行高温焙烧，焙烧后的矿石细磨至 0.089mm 为 80% 以上的细矿粉，再把这种细矿粉与纯碱溶液混合制成矿浆，并用泵（或用压缩空气）把矿浆打入碳解罐内，然后往罐内通入 CO₂，在加温加压下进行反应生成硼砂和碱式碳酸镁，还有未参加反应的杂质。为了制取硼砂，还要将硼砂溶液与固体粉分开，其方法是将反应后的料液用泵打入 TM150/1200 型板框式压滤机内，使硼砂溶液流出，制取硼砂；固体物留在压滤机内，经小度水和热水洗涤后，再往其中吹入压缩空气，脱出一定的水分后排出变成硼泥，送露天料场堆弃。这种潮湿硼泥含水量为 17% ~ 30%。当时有一些化工厂还没有压滤机，过滤后的硼泥以矿浆状排放到露天料场堆弃，含水量高达 40% ~ 50%，经存放，水分逐渐蒸发减少。两种排放方式的硼泥在露天堆放风干过程中便黏结成大小不同的硼泥块。需经加工才能用于球团和烧结生产。由于硼泥吸水性较强，遇雨天或雪天就吸水变成潮泥状，无法进行加工，因而也就不能连续供应烧结和球团生产使用。因此，要保证硼泥加工生产能够连续进行，须建设能够连续生产的硼泥加工生产线，其主要工序为硼泥的干燥，其次是粉碎或细磨。

1.3 硼泥配用前的准备处理

烧结和球团生产对添加剂硼泥的粒度和水分都有一定的要求。一般球团生产要求硼泥粉的粒度越细越好，其中 -200 目粒级含量应大于 80%；用于烧结生产硼泥粉的粒度为 0 ~ 3mm，但有的企业也要求硼泥粉的粒度越细越好，以提高烧结混合料的成球性，改善烧结料层透气性，以提高垂直烧结速度。烧结与球团生产对硼泥含水量的要求一致，一般为 8% ~ 12%，配料操作时不会发生黏料仓壁和堵塞下料门的现象，也不会发生粉尘飞扬和穿箭现象，可以均匀、稳定、顺畅地进行配料操作。

在制取硼泥粉的生产过程中,虽然烧结和球团生产方法对硼泥粉的要求有些不同,但两种加工方法对硼泥干燥的要求是相同的,都必须把硼泥的水分脱除到一定程度后才能进行加工。因此,选择好硼泥的干燥工艺和主要设备是十分关键的工作。这是由于硼泥含水很高,黏性大,尤其在颗粒中含有水分,使硼泥在干燥时脱水速度很慢,干燥比较困难。为了解决硼泥的干燥问题,最初几年曾先后采取场地平铺翻腾自然晾晒干燥、干燥坑烘干、圆筒烘干机、压砖坯码垛风干等方法进行了硼泥的干燥试验。上述各种方法都可以使硼泥干燥达到适于加工的程度,但干燥的均匀性不好,水分不均,效率低,烘干量小,成本高,占地面积也很大,因此难于保证正常生产,尤其遇雨天或下大雪时无法保证硼泥干燥和加工生产的连续性,因而也就影响了烧结或球团添加硼泥的正常进行。因此,必须建设机械干燥设备,为了选择适宜的干燥设备,对国内各种干燥设备进行了考察,搜集了大量资料,通过分析对比和工业性试验,最后选择了河北省唐山市干燥筛分设备厂生产的新型干燥设备——层式气流干燥塔。

这种烘干设备采用辐射、对流、传导综合的传热方式进行物料烘干,不同于现有的其他烘干设备。该设备主要通过高温烟道气经金属料盘向物料间接传热,对物料无污染。具有设备的结构简单合理、新颖、能耗低、热效率高、操作稳定可靠、使用寿命长、投资少等很多优点。各项主要技术性能指标达到了国内外同类各种干燥设备的先进水平,是国内首创。属专利产品,专利号:89204389。

该设备的适用范围为:

- (1) 非热敏性无机盐、矿砂、水泥、陶瓷等原料或产品;
- (2) 含水率不大于40%的粉状或粒状湿料;
- (3) 含水率较高,大于40%的湿料入塔干燥时,应预先造粒并在塔内增设预干部件。

本设备不适用于硬块状或高黏度膏状物料,以及热敏性较大的物料干燥。这种设备投入运行后,基本上可以满足硼泥连续干燥脱水的要求,但仍存在硼泥黏结料盘问题,运行一段时间后料盘内黏结层逐渐加厚,造成运料器负荷加大,甚至出现拉断现象,最终使干燥设备处于无法运转的困境。

为了解决这个问题,对该设备进行了技术改造,而其中核心技术是将烟道气从下部进入塔内改为由上部进入塔内和提高烟气温度,即温度为 $820 \sim 830^{\circ}\text{C}$ 、流量为 $3900 \sim 6500\text{m}^3/\text{t}$ 的烟气从上部进入塔内与硼泥料流相遇,使加入料盘的硼泥表面迅速干燥成一层硬层,并有很多硼泥干粉脱落在料盘表面上,后续加入的硼泥不再黏结料盘(起到“补面”作用),在运料器推动下,物料由上层沿阿基米德螺线逐层下移,并均衡地进行热量交换,使物料中水分不断蒸发,并通过自然通入的净化空气上升,最后从排潮管排出,直至塔底物料完全干燥,由产品出口排出。对干燥后的硼泥经链式粉碎机或万能粉碎机粉碎,便可生产出水分和粒度均可满足烧结矿和球团矿生产配用的硼泥细粉。

此项技术已申报国家发明专利,发明名称为“一种制备干燥的硼泥设备及其工艺方法”,专利批准号为200310105216.6。

在硼泥配加前和准备处理工作上,除选择适宜的烘干和粉碎机械设备外,还要设有足够面积的自然人工晾晒场,先把硼泥水分烘掉一部分后再送入烘干机中去烘干,以减少燃料消耗,实现节能低碳生产。自然晾晒场要有足够的面积,其晾晒量除直接供给烘干机外,还应有一定的多余数量储存,以备阴天、雨雪天供给烘干机生产需要。

烘干粉碎后的硼泥粉也应有一定的储备量，以确保火车皮到站或汽车到厂后能及时装车发运，确保满足用户需要。

辽宁省开原市工矿实业公司经多年努力已使用这套设备和工艺方法生产出作烧结球团添加剂的商品硼泥细粉，满足用户需要。

1.4 硼泥在烧结球团生产上的应用方法

1.4.1 加入量

试验研究与生产使用实践表明：

(1) 从烧结和球团生产看，硼泥的适宜配加量为 1.5% ~ 3.0%，通常配加 2% 左右就可获得明显效果。

(2) 从高炉冶炼看，如果 100% 冶炼硼泥球团矿和烧结矿，其中配加 2% 硼泥便可获得明显效果。如果含铁炉料中加硼泥炉料低于 100% 时，就应按比例增加硼泥烧结矿或球团矿的硼泥配加量，以保持高炉中含铁炉料的硼泥配加量为 2%，以充分发挥硼泥在高炉冶炼中的作用，最好是两种造块方法都配加硼泥，效果会更明显。有的工厂需外购部分球团矿或烧结矿，也应要求生产厂配加硼泥，做到高炉 100% 冶炼含硼泥原料。以充分发挥出硼泥在高炉冶炼中的作用。

1.4.2 加入方法

(1) 先将购入的硼泥粉装入矿槽中。然后经槽下圆盘给料机或电振给料机均匀地给到配料皮带上。由于目前市场上销售的商品硼泥粉（开原市工矿实业总公司生产），粒度细而均匀 -0.074mm（-200 目）粒级在 80% 以上，水分适宜（8% ~ 12%），配料时既不会发生黏料仓和堵塞下料门现象，也不会发生粉尘飞扬和穿箭现象，可均匀、稳定、顺畅地进行配料操作，且不污染环境。如果圆盘直径过大，可在排料闸门上增开一个可上下移动的小闸门进行微调，以保证配料准确。

(2) 矿槽不足的工厂可采取硼泥先与一种原料按比例配合进行一次配料，然后再装入槽内进行二次配料。

(3) 球团厂在矿槽不足时，也可将硼泥粉与膨润土按需要的比例先进行一次预配料和均匀混合，然后再将硼泥与膨润土的混合粉送入膨润土矿槽进行配料。

1.4.3 硼泥粉的运输和保管

(1) 硼泥的运输。硼泥细粉可采用散料罐车或塑料编织袋两种方法运输。因硼泥粉吸水性和黏结性好，遇水后又黏结成块，需经细化后再使用，难度很大，故在运输时必须做好防雨工作。

(2) 硼泥的储存。由于硼泥吸水性很强，黏结性好，一旦被雨水淋着就不能使用。所以烧结厂和球团厂使用硼泥做添加剂时，应设有足够数量的防雨棚，以保证生产上做到连续、稳定地使用。



2 硼泥在烧结生产中的应用

硼泥在烧结生产上的应用研究始于 20 世纪 60 年代末,当时是为了解决首钢迁安铁精矿烧结矿风化严重而进行的。试验结果表明,采用硼泥做添加剂可抑制烧结矿风化,当烧结矿中硼的加入量超过 0.008% 后,烧结矿风化现象就消失了,硼泥的配加量为 1.2% ~ 1.6%。试验结果曾先后于首钢《科技情报》1974 年第 3 期、1975 年第 3 期和《金属学报》1975 年第 1 期上发表,但以后未见用于生产的报道。进入 20 世纪 80 年代,在凌钢球团配加硼泥试验成功的信息发布后,1982 年邢钢为解决碱度 1.0 ~ 1.5 烧结矿强度差、粉化率高、返矿较多的问题,1984 年张钢为解决碱度 1.0 自熔性烧结矿自然风化严重、机械强度低、低温还原粉化率高的问题,先后进行了烧结加硼泥的试验室和工业试验及高炉冶炼试验。两个单位的试验结果一致表明,配加 1.5% ~ 3.0% 硼泥,不但可以抑制烧结矿风化,提高烧结矿机械强度,使小粒度和粉末量减少,粒度组成趋向均匀,还不同程度地改善化学成分和冶金性能,又能强化生产过程,提高垂直烧结速度和烧结矿产量,降低能耗;高炉冶炼硼泥烧结矿炉矿顺行,各项技术经济指标都有不同程度的改善,效果明显,并通过省级技术鉴定。此后又有抚钢、北台、宣钢、2672 工厂、双鸭山一铁厂、呼铁、乌钢、海钢等很多工厂进行了烧结机和平地吹烧结配加硼泥的试验与应用,也都取得了良好的效果。同时又有唐山力达江美烧结厂、首阳山烧结厂、津西铁厂、西钢、承德新恒基、河北理工学院与宁夏焦铁总厂等很多单位也都进行了高碱度烧结矿(碱度 1.8 ~ 2.7)配加硼泥抑制风化、提高强度和成矿率、减少返矿的试验研究与生产使用,都取得了明显的效果。

现从中选取一部分单位进行烧结配加硼泥的试验研究与生产应用的资料作简要介绍,供有关同志参考。

2.1 迁安铁精矿粉烧结矿风化原因和抑制方法的试验研究

迁安铁矿的建成投产对首钢生产发展有着重大意义,但在生产中发现迁安磁选铁精矿粉烧结矿在冷却时发生粉化。在生产中用迁安铁精矿粉烧结自熔性烧结矿时,在迁安铁精矿粉配比增加到 70% 以上后,烧结矿冷却时产生严重粉化现象,即冷却时自动碎裂成粉末,给烧结生产带来一些不利因素:产量下降、强度变坏、烧结矿发生粉化、粉尘增多、抽风机转子寿命缩短等,影响了迁安矿的大量使用。

其中烧结矿粉化是个最突出的问题。一般烧结矿风化时,小于 5mm 部分约占 10%,严重风化时,小于 5mm 部分高达 30%,烧结矿中产生大量粉末,不但影响炼铁生产,也给烧结矿产量、质量带来极大的不利。烧结矿粉化是由于冷却时产生风化现象和一些其他原因造成的。

为了解决这个问题,原北京钢铁学院、北京大学、原北京地质学院先后来到首钢,与首钢烧结厂、钢研所联合进行了实验研究,做了大量工作,取得了良好效果,找出了迁安

铁精矿粉烧结矿粉化的原因和防止措施。

在防止措施中有很多种,而发现加入少量的化学稳定剂,如硼、磷、铝、钒的氧化物,不仅能抑制烧结矿的粉化,生产上易于应用,还能提高烧结矿的产量和质量。这里对当时的试验研究作介绍,并着重介绍以硼氧化物抑制烧结矿风化的试验研究情况及结果。

2.1.1 迁安烧结矿的矿物组成与风化现象

迁安铁精矿有用矿物主要为磁铁矿 (Fe_3O_4),其次有少量假象赤铁矿 (Fe_2O_3);脉石主要成分是石英,其次有极少量的角闪石和辉石类的存在,使烧结矿容易生成硅酸二钙。

迁安精矿粉有害杂质很少,硫、磷含量低,这给炼铁、炼钢创造了条件。可是另一方面,它的含磷量低却给烧结生产制造了麻烦。铁矿物全用迁安精矿粉烧成的烧结矿(简称迁安烧结矿),碱度 (CaO/SiO_2 ,下同) 1.05 以下时不发生风化现象,碱度 1.05 以上开始出现风化,一般常用的碱度为 1.25,此时,风化现象明显,碱度 1.4~1.5 时风化严重。对碱度 1.25 烧结矿作了分析,风化后筛分表明,大于 15mm 的成品烧结矿块风化后产生了 10%~20% 的小于 5mm 的碎块及粉末。对风化粉末部分和残留的烧结矿块部分分别进行矿相观察:矿块部分矿物组成大致如下(体积百分比):磁铁矿 70%,赤铁矿 1%,钙铁橄榄石 17%,钙铁辉石 1%,玻璃质 10%,硅酸二钙 ($\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) 小于 1%,还有极少量的铁酸钙(图 2-1)。

风化后的粉末部分其矿物组成大致与上面一致,不同之点是:

(1) 硅酸二钙较多,且以 $\gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 态存在(图 2-1,图 2-2);

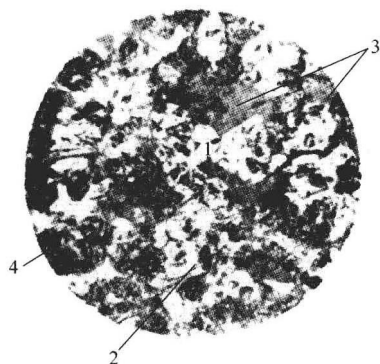


图 2-1 风化后矿块部分(反光 200×)

1—磁铁矿;2—赤铁矿;3—玻璃质;4—孔洞

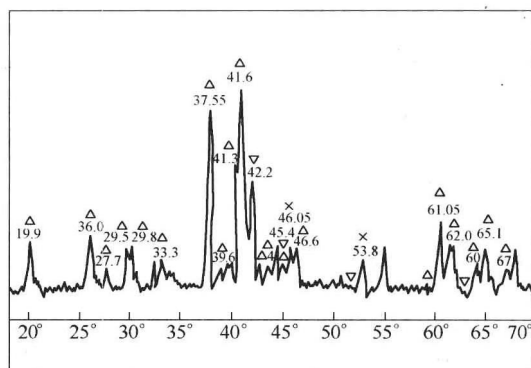


图 2-2 烧结矿风化粉末 X 射线衍射图 (Fe, $\text{K}\alpha$)

Δ — $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$; ∇ — $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$; $\times$ — Fe_{1-x}O

(2) 富氏体 (Fe_{1-x}O) 较多;

(3) 化学分析还发现,粉末部分 FeO 、S 含量较高。

从上面的检验结果可以看出:

烧结矿风化现象是由于烧结矿在冷却过程中硅酸二钙 ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) 晶形转变造成的,此处作简单的介绍。

硅酸二钙的晶形转变可用下式表示: