

高 职 高 专 规 划 教 材

SHAOJIEKUANG YU
QIUTUANKUANG SHENGCHAN

烧结矿与球团矿生产

王悦祥 主编

冶金工业出版社

高职高专规划教材

烧结矿与球团矿生产

王悦祥 主编
王筱留 主审

江苏工业学院图书馆
藏书章

北 京
冶金工业出版社
2006

内 容 提 要

本书系统介绍了高炉冶炼的含铁原料烧结矿、球团矿生产的基本理论、生产工艺和主体设备,以及实验研究和产品质量检验方法,环境保护措施等。此外,根据生产实际要求,在“实训”中介绍了设备操作要点和维护检修知识。

本书可作为高职高专学校钢铁冶金专业的教材和企业在职人员的培训教材,也可作为本科院校相关专业的教学参考书,并可供从事钢铁冶金生产的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

烧结矿与球团矿生产/王悦祥主编. —北京:冶金工业出版社,2006.7

高职高专规划教材

ISBN 7-5024-3591-3

I. 烧… II. 王… III. ①烧结矿—生产工艺—高等学校:技术学校—教材 ②球团矿—生产工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. TF046.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 050134 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 宋 良 王秋芬 美术编辑 李 心

责任校对 符燕蓉 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

2006 年 7 月第 1 版,2006 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 16.75 印张; 442 千字; 254 页; 1—4000 册

29.00 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)

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
中国冶金百科全书·钢铁冶金	编委会 编	187.00
炼焦学(第3版)(本科教材)	姚昭章 主编	39.00
现代冶金学——钢铁冶金卷(本科教材)	朱苗勇 主编	36.00
钢铁冶金原理(第3版)(本科教材)	黄希祜 编	40.00
冶金物理化学研究方法(第3版)(本科教材)	王常珍 主编	48.00
冶金物理化学(本科教材)	张家芸 主编	39.00
冶金工程实验技术(本科教材)	陈伟庆 主编	39.00
相图原理与冶金相图(本科教材)	陈国发 等编	20.00
合金相与相变(第2版)(本科教材)	肖纪美 主编	37.00
自动检测和过程控制(第3版)(本科教材)	刘元扬 主编	36.00
炉外精炼(高职高专规划教材)	高泽平 等编	30.00
冶炼基础知识(职业技术学院教材)	马 青 主编	36.00
铁合金生产(职业技术学院教材)	刘 卫 主编	26.00
炼铁原理与工艺(职业技术学院教材)	王明海 主编	38.00
炼钢原理及工艺(职业技术学院教材)	刘根来 主编	40.00
转炉炼钢实训(职业技术学院教材)	冯 捷 主编	35.00
连续铸钢实训(职业技术学院教材)	冯 捷 主编	45.00
冶金过程检测与控制(职业技术学院教材)	郭爱民 主编	20.00
冶金通用机械与冶炼设备(职业技术学院教材)	王庆春 主编	45.00
铁矿粉烧结生产(职业技能培训教材)	贾 艳 主编	23.00
高炉炼铁基础知识(职业技能培训教材)	贾 艳 主编	32.00
高炉喷煤技术(职业技能培训教材)	金艳娟 主编	19.00
高炉炉前操作技术(职业技能培训教材)	胡 先 主编	25.00
炼钢基础知识(职业技能培训教材)	冯 捷 主编	39.00
转炉炼钢生产(职业技能培训教材)	冯 捷 主编	58.00
连续铸钢生产(职业技能培训教材)	冯 捷 主编	45.00
冶金液压设备及其维护(职业技能培训教材)	任占海 主编	35.00
冶炼设备维护与检修(职业技能培训教材)	时彦林 主编	49.00
冶金建设工程技术	李慧民 主编	28.00
炼铁计算	那树人 著	38.00
炼铁原理与工艺	王明海 主编	38.00
烧结生产管理	孙文东 主编	25.00
烧结生产技能知识问答	薛俊虎 主编	48.00

前 言

烧结矿与球团矿生产是现代钢铁生产的重要工艺之一。为了适应钢铁冶炼发展的需要,根据中国钢铁工业协会“十一五”高职高专教材建设规划的要求,受全国钢铁冶金专业课程组的委托,我们编写了本书。

编写过程中,依据教学大纲的要求,合理确定教材的深度和广度,并结合冶金工业的生产实际和发展要求,精选教材内容,既阐明必要的理论知识,也结合生产实际,介绍工艺、设备和操作要点,并力求简明、易懂,便于自学。

本书由四川机电职业技术学院王悦祥主编。王悦祥编写绪论和第1、2章;山西工程职业技术学院侯向东编写第3、9章;贵州冶金职业技术学院詹永红编写第4、7章;山西工程职业技术学院于强编写第5、6、8章。北京科技大学王筱留教授对全书进行了审阅。

在编写过程中,得到四川机电职业技术学院、山西工程职业技术学院、贵州冶金职业技术学院的大力支持和帮助,谨表谢意。

书中的不足之处,恳请读者批评指正。

编 者
2006年4月

目 录

1 烧结原燃料	1
1.1 概述	1
1.1.1 烧结的目的和意义	1
1.1.2 烧结技术的发展及现状	1
1.1.3 烧结生产工艺流程与技术经济指标	2
1.1.4 烧结技术发展趋势	4
1.2 矿物、矿石和岩石的基本概念	5
1.2.1 矿物	5
1.2.2 矿物的形态	5
1.2.3 矿物的物理性质	5
1.3 含铁矿石的种类及作用	7
1.3.1 铁矿石	7
1.3.2 铁矿石的评价	8
1.3.3 铁精矿粉	10
1.3.4 其他含铁原料	12
1.4 烧结生产所用的熔剂、燃料及其作用	12
1.4.1 熔剂	12
1.4.2 燃料	14
复习思考题	16
2 烧结过程的基本理论	17
2.1 抽风烧结过程概述	17
2.1.1 烧结矿层	17
2.1.2 燃烧层	18
2.1.3 预热层	18
2.1.4 干燥层	18
2.1.5 过湿层	18
2.2 燃料的燃烧与热交换	18
2.2.1 燃烧反应的一般规律	18
2.2.2 烧结料层中碳的燃烧反应	19
2.2.3 烧结料层中的温度分布和热交换	21
2.3 烧结料层中的气流运动	26
2.3.1 透气性概念	26
2.3.2 透气性的变化	27

2.3.3 透气性与烧结矿产量的关系	28
2.3.4 改善烧结料层透气性的主要措施	29
2.4 水分的蒸发、分解与冷凝	34
2.5 碳酸盐分解及氧化钙的矿化作用	36
2.5.1 碳酸盐分解	37
2.5.2 氧化钙的矿化作用	38
2.6 烧结过程中金属氧化物的分解、还原与氧化	39
2.6.1 金属氧化物的分解	39
2.6.2 金属氧化物的还原	41
2.6.3 铁氧化物的氧化	42
2.7 固相之间的反应	43
2.8 液相生成与冷却结晶	47
2.8.1 液相生成概念	48
2.8.2 烧结过程的主要液相	48
2.8.3 液相冷却结晶	54
2.9 烧结矿的矿物组成、结构及其对品质的影响	55
2.9.1 烧结矿的矿物组成	56
2.9.2 影响烧结矿矿物组成的因素	57
2.9.3 烧结矿的结构	61
2.10 烧结过程中某些有害元素的脱除	63
2.10.1 硫的去除	63
2.10.2 氟的去除	68
2.10.3 钾、钠的去除	69
2.10.4 砷、铅、锌、铜的去除	69
2.11 烧结理论配料计算	70
2.11.1 烧结配料计算方法与基本原则	70
2.11.2 简易理论配料计算	71
2.12 烧结物料平衡与热平衡计算	74
2.12.1 烧结物料平衡的计算与编制	74
2.12.2 计算实例	76
2.12.3 烧结热平衡计算	78
复习思考题	82
3 球团矿生产过程的基本理论	83
3.1 细磨物料的造球原理	83
3.1.1 细磨物料的表面特性	83
3.1.2 水分在造球过程中的形态与作用	84
3.1.3 铁矿粉的成球过程	86
3.1.4 影响矿粉成球的因素	87
3.2 生球的干燥与预热	92
3.2.1 生球的干燥	93

3.2.2 球团的预热	97
3.3 球团的焙烧固结	98
3.3.1 球团固结机理	98
3.3.2 影响球团矿焙烧固结的因素	101
3.3.3 球团焙烧过程中有害杂质的去除	106
3.4 球团矿的显微结构及矿物组成	107
3.4.1 磁铁矿精矿粉焙烧的非熔剂性球团矿	107
3.4.2 磁铁矿精矿粉焙烧的熔剂性球团矿	108
3.4.3 赤铁矿精矿粉焙烧的非熔剂性球团矿	109
3.4.4 赤铁矿精矿粉焙烧的熔剂性球团矿	109
3.4.5 矿物成分与显微结构对球团矿强度的影响	110
3.5 铁矿球团的质量改进	110
3.5.1 高炉冶炼对球团矿的质量要求	111
3.5.2 球团矿质量的改进	111
复习思考题	115
4 烧结生产工艺	116
4.1 烧结生产工艺流程	116
4.2 烧结原料的准备	116
4.2.1 烧结原料及其要求	116
4.2.2 烧结原料的准备	117
4.3 烧结配料	119
4.3.1 配料的目的和要求	119
4.3.2 配料方法	119
4.4 烧结料的混合与制粒	120
4.4.1 烧结料混合的目的	120
4.4.2 混匀与制粒的方法	120
4.4.3 影响混匀和制粒的因素	121
4.4.4 混匀与制粒效果	124
4.5 混合料的烧结	125
4.5.1 布料	125
4.5.2 烧结料的点火	128
4.5.3 混合料的烧结	130
4.6 烧结矿的处理	133
4.6.1 烧结矿的处理流程	133
4.6.2 烧结矿的冷却	134
4.6.3 烧结矿的整粒	135
4.7 强化烧结过程的途径	136
4.7.1 加强烧结原料准备,改善料层透气性	136
4.7.2 采用大风量、高负压烧结,并减少漏风损失,增大有效风量	142
4.7.3 采用厚料层烧结	144

8 实验	228
8.1 筛分指数、粒度组成的测定	228
8.1.1 实验方法	228
8.1.2 实验设备	228
8.1.3 实验记录与数据整理	228
8.2 转鼓强度的测定	228
8.2.1 实验方法	229
8.2.2 实验设备	229
8.3 密度和气孔度的测定	229
8.3.1 实验方法	229
8.3.2 实验设备	230
复习思考题	230
9 实训	231
9.1 原料的准备处理操作	231
9.1.1 原料的验收、贮存与管理	231
9.1.2 原料卸车	232
9.1.3 原料中和	232
9.1.4 原料破碎	233
9.1.5 原料的筛分	235
9.1.6 破碎筛分系统的巡回检查	235
9.2 配料	236
9.2.1 配料操作要点	236
9.2.2 配料系统的巡回检查	239
9.3 烧结	239
9.3.1 混料	239
9.3.2 点火器操作	241
9.3.3 布料	242
9.3.4 带式抽风烧结机操作	243
9.3.5 烧结机烘炉操作	244
9.3.6 烧结抽油烟机操作	245
9.3.7 烧结矿处理	245
9.3.8 事故的预防及处理	247
9.4 球团	247
9.4.1 圆盘造球机的操作	247
9.4.2 竖炉球团布料车操作	248
9.4.3 竖炉开炉操作	248
9.4.4 竖炉热工制度的控制和调节	250
9.4.5 竖炉事故与处理	250
复习思考题	252
参考文献	254

6.3.2 造球设备	188
6.4 布料设备	190
6.4.1 圆辊布料机	190
6.4.2 联合布料机	190
6.4.3 辊式布料机	191
6.5 带式烧结机	192
6.5.1 烧结机本体	193
6.5.2 点火器	198
6.6 焙烧设备	201
6.6.1 竖炉	201
6.6.2 带式焙烧机	202
6.6.3 链算机—回转窑	202
6.7 冷却设备	202
6.7.1 环式冷却机	203
6.7.2 带式冷却机	204
6.7.3 振动式冷却机	205
6.7.4 机上冷却系统	206
6.8 除尘及环保设备	206
6.8.1 除尘设备	206
6.8.2 抽风机	210
6.8.3 污水处理设备	211
复习思考题	212
7 产品质量检验与鉴定及环境保护	213
7.1 烧结产品的质量指标与检验	213
7.1.1 烧结矿化学成分及其稳定性	213
7.1.2 转鼓强度	214
7.1.3 粒度组成与筛分指数	215
7.1.4 落下强度	215
7.1.5 还原性	216
7.1.6 低温还原粉化性	218
7.1.7 高温软化与熔滴性能	220
7.2 生球和球团矿质量的鉴定	221
7.2.1 生球质量的检验	221
7.2.2 球团矿质量指标与检验	223
7.3 烧结与球团生产的环境保护	224
7.3.1 烧结与球团生产废气及其对环境的影响	225
7.3.2 生产废气的治理与综合利用	225
7.3.3 其他污染	226
复习思考题	227

4.7.4 其他新工艺新技术的采用	144
4.8 烧结生产的能耗与节能	148
4.8.1 烧结生产的能耗指标	148
4.8.2 烧结生产的节能方向和措施	149
4.9 烧结生产的发展方向	154
复习思考题	155
5 球团矿生产工艺	156
5.1 球团原料及其准备	156
5.1.1 含铁原料	156
5.1.2 黏结剂与添加剂	157
5.2 造球作业	158
5.2.1 配料与混合	158
5.2.2 造球	158
5.2.3 生球输送	160
5.3 球团焙烧工艺	161
5.3.1 竖炉焙烧法	162
5.3.2 带式焙烧法	164
5.3.3 链算机—回转窑焙烧法	168
5.3.4 三种主要焙烧方法的比较	170
5.4 球团矿和烧结矿的比较	170
5.4.1 原料条件	170
5.4.2 冶金性能	171
5.4.3 冶炼效果	171
5.4.4 环境状况	172
5.4.5 设备投资和生产费用	172
5.5 其他球团方法	172
5.5.1 金属化球团	172
5.5.2 低温固结球团	173
复习思考题	174
6 烧结与球团主体设备	175
6.1 破碎磨矿及筛分设备	175
6.1.1 破碎设备	175
6.1.2 磨矿设备	180
6.1.3 筛分设备	181
6.2 给料与配料设备	184
6.2.1 圆盘给料机	184
6.2.2 电子皮带秤	186
6.3 混合与造球设备	186
6.3.1 混合设备	186

1 烧结原燃料

1.1 概述

所谓烧结,即是将各种粉状含铁原料,按要求配入一定数量的燃料和熔剂,均匀混合制粒后布到烧结设备上点火烧结;在燃料燃烧产生高温和一系列物理化学反应的作用下,混合料中部分易熔物质发生软化、熔化,产生一定数量的液相,液相物质润湿其他未熔化的矿石颗粒;随着温度的降低,液相物质将矿粉颗粒粘结成块。这个过程称为烧结,所得的块矿叫烧结矿。

目前,生产人造富矿的方法主要有烧结法和焙烧球团法。由于烧结矿和球团矿都是经过高温制成的,因此又统称为熟料。

1.1.1 烧结的目的和意义

高炉炼铁冶炼过程中,为了保证料柱的透气性良好,要求炉料粒度均匀,粉末少,机械强度(冷强度和热强度)高。为了降低高炉焦比,要求炉料含铁品位高、有害杂质少,且具有自熔性和良好的还原性能。采用烧结方法后,上述要求几乎能全部达到。

贫矿经过选矿后所得到的细粒精矿,天然富矿在开采过程中和破碎分级过程中所产生的粉矿,都必须经过烧结成块才能进入高炉。含碳酸盐和结晶水较多的矿石,经过破碎进行烧结,可以除去挥发分而使铁富集。某些难还原的矿石,或还原期间容易破碎或体积膨胀的矿石,经过烧结可以变成还原性良好和热稳定性高的炉料。

铁矿石中的某些有害元素,如硫、氟、钾、钠、铅、锌、砷等,都可以在烧结过程中大部分去除或回收利用。通过烧结过程,可以利用工业生产中的副产品,如高炉炉尘、转炉炉尘、轧钢皮、硫酸渣等,使其变废为宝,合理利用资源,扩大原料来源,降低生产成本,并可净化环境。

生产实践证明,高炉使用烧结矿和球团矿之后,高炉冶炼可以达到高产、优质、低耗、长寿的目的。

1.1.2 烧结技术的发展及现状

烧结生产起源于英国和德国。大约在 1870 年,这些国家就开始使用烧结锅,用来处理矿山开采、冶金工厂、化工厂等的废弃物。1892 年美国也出现了烧结锅。世界钢铁工业第一台带式烧结机于 1910 年在美国投入生产。这台烧结机的面积为 $8.325 \text{ m}^2 (1.07 \text{ m} \times 7.78 \text{ m})$,当时用于处理高炉炉尘,每天生产烧结矿 140 t。它的出现引起了烧结生产的重大变革,从此带式烧结机得到了广泛的应用。

我国铁矿资源十分丰富。由于历史原因,建国前钢铁工业十分落后,烧结生产更为落后,1926 年 3 月在鞍山建成四台 $21.63 \text{ m}^2 (1.067 \text{ m} \times 20.269 \text{ m})$ 带式烧结机,日产量 1200 t。1935 年,1937 年又相继建成四台 50 m^2 烧结机,每年烧结产量达 19 万 t。

建国后,我国烧结工业有了很大的发展,1952 年鞍钢从苏联引进 75 m^2 烧结设备和技术,这套在当时具有国际先进水平的设备,对新中国的烧结工业起到了示范作用。随着我国钢铁工业

的不断发展,一些钢铁公司的烧结厂相继建成投产。

目前国内已拥有 13 m²、18 m²、24 m²、36 m²、50 m²、75 m²、90 m²、130 m²、182 m²、265 m²、450 m² 等规格的带式烧结机。年生产能力已超过 1 亿 t。

烧结方法根据使用的烧结设备和供风方式不同,可大致分为如图 1-1 所示的各种方法。

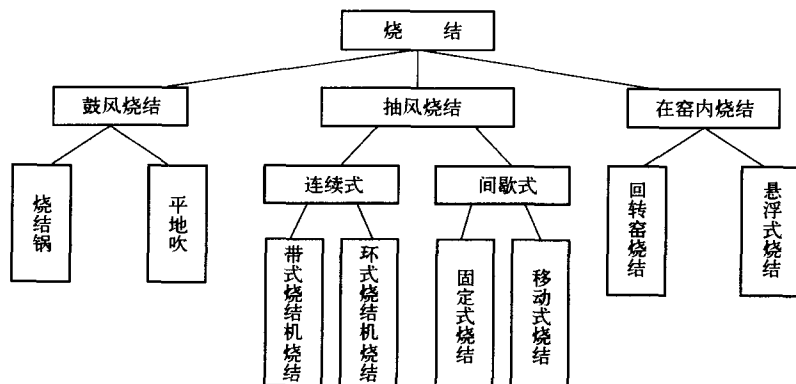


图 1-1 烧结方法分类图

目前广泛采用带式抽风烧结机,因为它的生产率高、原料适应性强、机械化程度高、劳动条件好并便于大型化、自动化,世界上有 90% 以上的烧结矿是用这种方法生产的。间歇式抽风烧结机具有投资少、见效快、易掌握和就地取材等优点,但生产率低、劳动条件差,一些中小型企业采用这种方法。

1.1.3 烧结生产工艺流程与技术经济指标

烧结生产工艺流程通常由下列几部分组成:含铁原料、燃料和熔剂的接受和贮存;原料、燃料和熔剂的破碎筛分;烧结料的配料、混合制粒、布料、点火和烧结;烧结矿的破碎、筛分、冷却和整粒。根据原料条件、工厂生产规律和对产品的要求不同,其流程有比较简单的,有比较完善的。

图 1-2 是上海宝钢烧结厂的工艺流程图,烧结机的面积 450 m²,建有大型原料场和完整的整粒系统。

图 1-2 所示称为线示流程图,一般只表示烧结过程的主要工序,以带箭头的直线表示物料的流向。

烧结厂技术经济指标主要包括:烧结机生产能力指标、烧结矿品质指标及成本等。

利用系数[t/(m²·h)]:是指烧结机每平方米有效抽风面积一小时的产量。它用烧结机台时产量和有效抽风面积的比值来表示。

$$\text{利用系数} = Q/F$$

式中 Q ——烧结机台时产量, t/h;

F ——烧结机有效抽风面积, m²。

烧结机台时产量:是指一台烧结机一小时的产量,这个指标体现了烧结机生产能力的大小。

$$\text{台时产量} = \text{烧结机生产总量} / \text{烧结机实际运行时间}$$

$$\text{烧结机产量 } q(\text{t/h}): q = 60K\gamma\text{CBL} = 60K\gamma\text{BHV}$$

式中 K ——烧结矿产出系数(50% ~ 70%), $K = K_1K_2K_3$;

K_1 ——混合料的干料率, $K_1 = (\text{单位体积中干混合料质量} / \text{单位体积中湿混合料质量}) \times 100\%$;

K_2 ——干混合料的烧成率, $K_2 = (\text{烧成烧结矿的质量} / \text{进行烧结的干混合料的质量}) \times 100\%$;

K_3 ——烧结矿的成品率, $K_3 = [\text{成品矿} / (\text{成品矿} + \text{返矿})] \times 100\%$;

γ ——烧结矿体积密度(堆密度), 取值范围为 $1.5 \sim 1.9 \text{ t/m}^3$;

C ——垂直烧结速度, m/min ;

B ——烧结机宽度, m ;

L ——烧结机长度, m ;

H ——烧结料层高度, m ;

V ——烧结台车移动速度, m/min 。

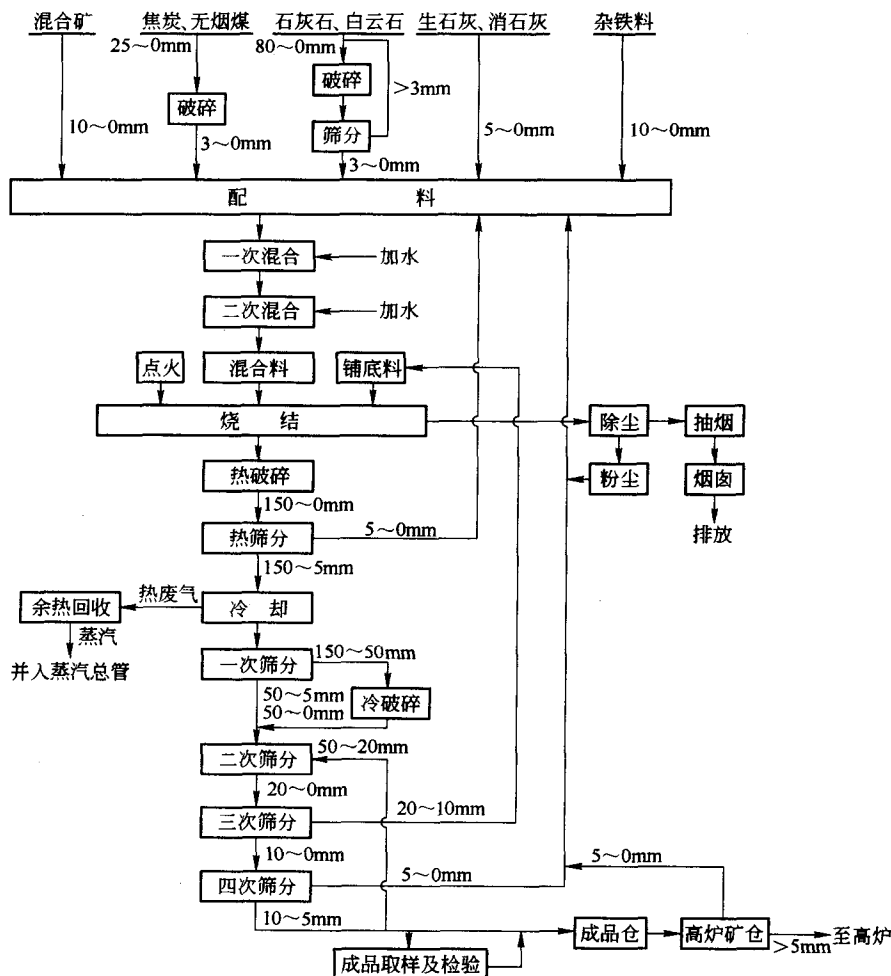


图 1-2 烧结生产工艺流程

烧结机作业率:是衡量设备工作状态的指标,用设备运转时间占日历时间的百分数表示,其计算公式如下:

$$\text{作业率} = (\text{运转台时} / \text{日历台时}) \times 100\%$$

运转台时是按台计算的设备运转时间。

日历台时是一个常数,它与台数、时间有关。

$$\text{日历台时} = \text{台数} \times 24 \times \text{日历天数}$$

事故率:是衡量综合管理水平的指标,用事故停机时间占日历时间的百分数表示:

$$\text{事故率} = (\text{事故台时} / \text{日历台时}) \times 100\%$$

烧结矿品质指标:烧结矿的化学成分、物理性能和冶金性能符合 YB/T 421—2005 标准的烧结矿叫烧结矿的合格品,不符合该标准的烧结矿叫出格品或叫次品。

转鼓指数(国际转鼓指数)指转鼓后大于 6.3 mm 的烧结矿质量占转鼓装入量的百分数。

抗磨指数、筛分指数的测定按 GB8209 规定。

低温还原粉化指数的测定按 GB/T13242 规定。

还原度指数的测定按 GB/T13241 规定。

生产成本:是指生产 1 t 烧结矿所需的费用。它由原料费和加工费两部分构成。

原料费:主要是含铁原料和熔剂。

加工费:辅助材料费(燃料、水、动力、炉算、胶带等)、工人工资、车间经费(设备折旧、维修等)。

工序能耗:是指生产 1 t 烧结矿生产和生活(指厂内)所用的全部煤、焦炭、煤气、重油、电、水、蒸汽、压缩空气、氧气等折合标准煤的量(kg/t)。

1.1.4 烧结技术发展趋势

烧结技术自 20 世纪 60 年代起得到迅速发展,主要表现为:

烧结设备向大型化发展,目前已有 600 m² 的烧结机。烧结机大型化的技术经济效益明显。据德国报道,以 100 m² 烧结机单位面积基建费用为 1 计算,则 150 m²、200 m²、300 m² 烧结机,分别为 0.9、0.8、0.75。据日本消息,当烧结机面积由 18.8 m² 增加到 130 m² 和 500 m² 时,劳动生产率[t/(人·h)]由 17.2 提高到 43 和 162,烧结矿成本价格也随之降低。

烧结设备大型化后,生产过程自动化程度也越来越高。目前,先进的烧结生产从烧结配料、返矿与燃料用量、混合料水分、料槽料位、料层厚度、点火温度、台车速度,一直到烧结终点及冷却温度等,都实现了自动控制。

烧结工艺的新特点:

(1) 圆筒混合机向大型化发展,圆筒的直径和长度都在增加,这种大型的混合机都安装在地面上。

(2) 冷却烧结矿是目前国内外烧结技术发展趋势,原因是冷却矿经整粒工艺,满足高炉精料要求,强化高炉生产。

(3) 重视烧结矿的破碎和筛分。烧结矿除采用一段热破碎和热筛分外,经冷却后还要经过 1~2 次破碎和 2~4 次冷筛分,通过整粒后的烧结矿,粒度上限控制在 40 mm 或 50 mm 以下,成品中小于 5 mm 的粒级含量均在 10% 以下。

(4) 高料层、大风量、高负压。烧结机风量一般为 90~100 m³/(m²·min),料层高度为 400~500 mm,负压为 (1.3~1.6) × 10⁴ Pa(即 1300~1600 mmH₂),有些厂料层高度超过 500 mm,负压高达 2 × 10⁴ Pa(2000 mmH₂)。

(5) 加强混合料的点火作业。从发展的趋势看,点火器的面积日益扩大,而且大部分为二段或三段。如日本若松厂点火器分为点火、加热和保温三段,并将冷却前和烧结后的几个风箱 300~400℃ 的热风回收至保温段。这项措施,可以改善液相结晶条件,减少热应力,从而提高烧结矿成品率,提高烧结矿强度,降低成品矿中的 FeO 含量,获得品质较好的烧结矿。

(6) 生产高碱度烧结矿。高碱度烧结矿的特点是烧结矿的粘结相是以还原性好、强度高的

铁酸钙为主,从而强化烧结过程,提高烧结矿的产量和品质。

原料准备的新技术:

(1) 重视烧结前的原料准备工作。一般在烧结厂内设有中和料场,以解决原料成分波动及粒度偏析的问题。中和料场造堆方法一般采用八字分层法和棋盘式堆叠法。料堆取料都采用单斗或多斗轮式挖掘机及反铲斗轮机。

(2) 重视环境保护工作。采用静电除尘器,能大大提高除尘效果,除尘效率可达96%以上。减少风机噪声,目前采用隔音、消音、减震等方法或使用低噪声风机等。

总之,大型化、自动化、新工艺、高效率、低消耗、少污染和管理科学化是当前造块工业发展的特点。

1.2 矿物、矿石和岩石的基本概念

1.2.1 矿物

矿物是地壳中天然的物理化学作用和生物作用所产生的天然元素或天然化合物,它们具有均一的化学成分和内部结构,具有一定的物理性质和化学性质。地壳中天然元素极少(如自然金 Au、自然铜 Cu 等),绝大多数是天然化合物(如黄铁矿 FeS_2 、黄铜矿 CuFeS_2 等)。矿物在自然界中多数以固态存在,少数呈胶体(如蛋白石 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)、液体(如水银 Hg)及气体(如硫化氢 H_2S)。

矿石和岩石都是矿物的集合体,它可由单一矿物或多种矿物组成。

矿石是在现有的技术经济条件下能以工业规模从中提取金属、金属化合物或有用矿物的物质总称。铁元素在地壳中约占5%的数量,地球上无天然金属状态的铁,而是以氧化物、硫化物等矿物存在于地壳中,常见含铁矿物储量较大的有磁铁矿(Fe_3O_4)、赤铁矿(Fe_2O_3)、褐铁矿($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、菱铁矿(FeCO_3)及黄铁矿(FeS_2)。

在矿石中用来提取金属或金属化合物的矿物称为有用矿物,而那些不含有用矿物或含量过少,不宜以工业规模进行加工提炼的矿物称为脉石矿物,通常在矿石处理过程中被废弃掉。

1.2.2 矿物的形态

自然界矿物的形态是多种多样的,这是由于矿物的化学成分、内部结晶构造以及生产环境不同所造成的。矿物的形态可分为单体形态和集合体形态,矿物呈单体形态出现较少,通常以集合体形态出现。常见的集合体形态有:

葡萄状集合体:由许多圆球状矿物集聚而成,形似葡萄,如硬锰矿。

鲕状集合体:由许多像鱼子一样的颗粒集聚而成,如鲕状赤铁矿。

肾状集合体:由放射状晶群密集而成的外表光滑如肾脏的块体,如肾脏赤铁矿。

豆状集合体:由大小像豆状的球形颗粒聚集而成,如铬铁矿粒状集合体。

致密块状集合体:由极细小的矿物颗粒组成的致密块体。

土状、粉末状集合体:由均匀而细小的物质组成的疏松块体,外形与土壤相似。

针状及柱形集合体:由细长状的矿物组成。

叶片状集合体:由许多片状晶体所组成的集合体。

结核状集合体:球形或瘤形的矿物聚集体。

树枝状集合体:形如树枝的矿物聚集体。

1.2.3 矿物的物理性质

由于不同的矿物具有不同的化学成分和内部构造,因此不同的矿物必然反映出各种不同的

物理性质。根据这些不同矿物的性质来鉴定矿物。

1.2.3.1 矿物的光学性质

矿物的光学性质是矿物对光线的吸收、折射和反射所表现的各种性质。

(1) 颜色 矿物有各种各样的颜色,这是由于矿物的组成部分含有某种色素离子(即有颜色的化学元素)所引起的。如色素离子 Fe^{2+} 为绿色, Fe^{3+} 为褐色或红色。当矿物中含有杂质时,由于杂质的影响,矿物的颜色也会改变。

(2) 条痕 矿物的条痕就是矿物粉末的颜色。矿物的颜色常有变化,但矿物的条痕则较为固定。如磁铁矿的条痕色是铁黑色,赤铁矿的条痕色是砖红色。矿物的条痕也是可靠的鉴定矿物的方法之一。

(3) 光泽 光线投到矿物表面时,一部分光被折射和吸收,而另一部分则从其表面反射出来,这种反射光就构成了矿物的光泽。根据光泽的强弱可分为:

金属光泽:光泽极强,像新的金属制品那样光亮,如自然金、方铅矿。

半金属光泽:较金属光泽弱,像用久了的金属制品那样,如磁铁矿、赤铁矿。

非金属光泽:反光的能力很弱,具有此种光泽的矿物多为透明和半透明矿物,如云母、金刚石。

(4) 透明度 矿物透光的能力叫透明度,根据矿物透光的能力不同可分为:

透明矿物:能允许绝大部分光线通过,隔之可以清晰地透视另一物体,如水晶、萤石。

半透明矿物:光可以部分通过,但隔之不能透视另一物体,如闪锌矿、砷砂。

不透明矿物:光不能透过,如磁铁矿。

1.2.3.2 矿物的力学性质

矿物在外力作用下所呈现的性质称为矿物的力学性质。

(1) 解理与断口 矿物被敲打后,如果沿着一定方向有规则地裂开成光滑平面的性质叫解理,另外也有一些矿物敲打后呈无规则的裂开,叫断口。

(2) 硬度 矿物的软硬程度叫硬度。

(3) 密度 矿物的质量与其体积的比值。

(4) 韧性 受压轧、切割、锤击、弯曲或拉引等外力作用时,矿物所呈现的抵抗性能,叫做矿物的韧性。

1.2.3.3 矿物的磁学性质

矿物的磁性是矿物可被磁铁吸引或排斥的性质。绝大多数磁性物质与其中的铁、钴、锰、铬等元素有关。按磁性来说,一般矿物可分为两类,一类称为顺磁性矿物,即能为磁石所吸引;一类为抗磁性矿物,能为磁石所排斥,如自然银。

矿物磁性的强弱以磁化系数的大小来表示,按磁化系数大小可将矿物分以下四类:

(1) 强磁性矿物 磁化系数大于 3000×10^{-6} ,此类矿物在较弱的磁场中容易与其他矿物分离(磁场为 $72 \sim 96 \text{ kA/m}$),如磁铁矿、磁黄铁矿。

(2) 中磁性矿物 磁化系数为 $300 \times 10^{-6} \sim 3000 \times 10^{-6}$,要选此类矿物磁场需要 $128 \sim 320 \text{ kA/m}$,如假象赤铁矿。

(3) 弱磁性矿物 磁化系数低于 $25 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$,选此类矿物磁场需高至 1280 kA/m ,如赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿。

(4) 非磁性矿物 磁化系数低于 25×10^{-6} ,如石英、方解石、萤石。

利用矿物的磁性不仅可以鉴定矿物,还可以进行磁力选矿和磁力探矿。

1.2.3.4 矿物的膨胀性和润湿性

(1) 膨胀性 指矿物受热后体积长大的性质,如石英。