

YJJD

冶金行业特有职业鉴定培训教材

YEJIN HANGYE TEYOU ZHIYE JIANDING PEIXUN JIAOCAI

烧结配料工

冶金行业特有职业鉴定培训教材编审委员会
冶金工业职业技能鉴定指导中心

主 编 陈学英

副主编 范文生



冶 金 工 业 出 版 社
Metallurgical Industry Press

冶金行业特有职业鉴定培训教材

烧 结 配 料 工

冶金行业特有职业鉴定培训教材编审委员会
冶金工业职业技能鉴定指导中心

主 编 陈学英
副主编 范文生

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2014

内 容 提 要

全书共9章,内容包括:烧结原燃料介绍,烧结生产配料工艺,烧结理论配料计算,烧结配料设备,胶带运输设备,配料过程中的事故预防处理及安全生产,烧结矿的成矿机理,烧结矿质量指标及控制,通用基础知识等,每章后面都附有复习思考题。

本书可作为烧结生产配料工从业人员初、中、高级工及技师四个等级职业技能鉴定前培训用书,也可作为配料操作新员工学习、培训技术人员、冶金职业学院(校)师生学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

烧结配料工/陈学英主编. —北京:冶金工业出版社, 2014. 10
冶金行业特有职业鉴定培训教材
ISBN 978-7-5024-5919-2

I. ①烧… II. ①陈… III. ①烧结—配料 IV. ①TF046.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第220978号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号, 邮编 100009 电话 (010) 64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 戈 兰 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-5919-2

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2014年10月第1版, 2014年10月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 17.5印张; 423千字; 270页

49.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010) 64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010) 64044283 传真 (010) 64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010) 65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

前言

本书作为冶金行业特有职业鉴定培训教材,全面阐述了配料岗位操作技能、设备特点、异常情况处置、生产事故处理、配料生产质量管理等内容,并介绍了配料前后工序特点和新技术的发展状况。本书面向生产现场,汲取了过去配料工培训教材的精髓。本书以《国家职业技能标准》为编写依据,坚持理论和实践相结合、先进性和实用性相结合的原则,篇章结构合理,层次分明,内容翔实,文字精练。

全书共分9章,内容包括:烧结原燃料介绍,烧结生产配料工艺,烧结理论配料计算,烧结配料设备,胶带运输设备,配料过程中的事故预防处理及安全生产,烧结矿的成矿机理,烧结矿质量指标及控制,通用基础知识等,每章后面都附有复习思考题。

本书适合作为烧结生产配料工从业人员初、中、高级工及技师四个等级职业技能鉴定前的培训用书,也可作为配料操作新员工岗前学习、技术人员培训及冶金职业学院(校)师生学习的参考用书。

本书由陈学英任主编,范文生任副主编。第1章由陈学英编写;第2章由方丽平编写;第3章由杨金编写;第4章、第6章、第8章部分内容由范文生编写;第5章由顾桂萍编写;第7章由王沧编写;第8章由张义明编写。李庆如、何木光、戴汝昌、刘山平、宋秀丽、王洪连、李万新、李云涛参加了本书的审定工作。

本书第9章通用基础知识部分由蔡新、周秋松、朱洛南等人共同编写。

与国内外同类书比较,本书有下列特点:

(1) 遵循按岗位划分的编写原则。根据配料工岗位选择相应的章节培训内容,更具实用性。

(2) 突出理论知识要求的原则。在保证技能要求的基础上,着眼于理论知识要求的连贯,浓缩精华,突出针对性、典型性和实用性。

(3) 突出职业培训特色。以操作者能够看得懂、学得会、用得上为基本原则。通俗易懂、理论联系实际。

《冶金行业特有职业鉴定培训教材》的编写,得到了中国钢铁工业协会、冶金人才资源开发中心等上级的大力支持,同时得到了30多家钢铁企业和职业院校的通力配合,在此一并表示衷心的感谢。

为今后提高鉴定培训教材的质量,更广泛适用于各钢铁企业和职业院校,大家在使用本书过程中发现不足之处,欢迎提出宝贵意见和建议,以便我们进一步修改和完善。

编 者
2014年8月

目 录

第1章 烧结用原燃料	1
1.1 概述	1
1.1.1 烧结的目的及意义	1
1.1.2 烧结技术的发展、现状及趋势	2
1.1.3 烧结工艺流程及技术指标	4
1.1.4 高炉生产对烧结矿质量的要求	9
1.2 含铁物料	12
1.2.1 矿物概论	12
1.2.2 含铁物料的种类及作用	14
1.2.3 混匀料	19
1.3 熔剂	22
1.3.1 熔剂的种类及作用	22
1.3.2 对熔剂性的品质要求	23
1.4 燃料	23
1.4.1 点火燃料	23
1.4.2 烧结燃料	23
1.4.3 各种燃料简介	23
1.5 返矿	26
1.5.1 返矿概述	26
1.5.2 返矿的作用	26
1.5.3 返矿平衡	27
1.6 其他含铁原料	29
1.6.1 富矿粉	29
1.6.2 高炉炉尘	29
1.6.3 氧气转炉炉尘	30
1.6.4 轧钢皮	30
1.6.5 硫酸渣	30
复习思考题	30
第2章 烧结生产配料工艺	32
2.1 烧结原料的准备与质量控制	32

2.1.1 原燃料和混匀料的取样要求	32
2.1.2 原燃料的主要工业分析	36
2.1.3 烧结原料的准备	38
2.1.4 烧结原料贮存与供应量的关系	40
2.1.5 烧结原燃料的质量控制	41
2.2 烧结配料	49
2.2.1 烧结配料的目的要求	49
2.2.2 配料方法	50
2.2.3 影响配料准确性的因素	51
2.2.4 自动配料技术	51
2.3 烧结混合料的制备	55
2.3.1 混合的目的和要求	55
2.3.2 混匀与制粒的方法	55
2.3.3 影响混匀与制粒的因素	56
2.3.4 混匀制粒的效果	57
2.3.5 水分控制及加水喷洒装置	58
2.3.6 混合料水分检测装置	58
复习思考题	59
第3章 烧结理论配料计算	60
3.1 烧结理论配料计算	60
3.1.1 烧结配料计算方法	60
3.1.2 烧结配料的基本原则	61
3.2 简易理论配料计算	61
3.3 烧结物料平衡	65
3.3.1 烧结物料平衡的计算与物料平衡表编制	65
3.3.2 计算实例	66
3.3.3 马钢实例	69
复习思考题	72
第4章 烧结配料设备	73
4.1 配料矿槽	73
4.1.1 矿槽结构方式选择	73
4.1.2 仓顶设备工艺配置	76
4.1.3 料仓设备选择	78
4.1.4 料仓结拱及防堵措施	80
4.1.5 料位检测	86
4.1.6 防堵塞装置	87
4.1.7 料仓内物料防冻	90

4.1.8 气力输送装置	90
4.2 配料装置	95
4.2.1 圆盘给料机	95
4.2.2 失重秤	101
4.2.3 螺旋称重给料机	102
4.2.4 电子皮带秤	103
4.2.5 核子秤	104
4.2.6 配料皮带秤	105
4.2.7 配料秤的鉴定方法	112
4.3 混料设备	119
4.3.1 原料混合的目的与要求	119
4.3.2 混料制粒设备	120
4.3.3 混料操作	121
4.4 各设备操作规范	125
复习思考题	125
第5章 胶带运输设备	127
5.1 胶带运输机	127
5.1.1 胶带运输机概况	127
5.1.2 胶带运输机各部件简介	128
5.1.3 胶带	131
5.2 故障检测与事故处理	150
5.2.1 电器及安全保护装置	150
5.2.2 常见事故发生的原因及处理方法	151
5.3 胶带机的点检与维护	154
5.3.1 胶带机的日常点检	154
5.3.2 输送带的使用和维护	154
复习思考题	155
第6章 配料过程中的事故预防处理及安全生产	157
6.1 烧结配料操作	157
6.1.1 技术操作方法	160
6.1.2 开停机操作	160
6.1.3 操作运转注意事项	161
6.1.4 配料工设备点检与维护	161
6.1.5 配料工安全规程	165
6.2 事故应急预案	165
6.2.1 事故应急预案的建立原则与内容	165
6.2.2 事故应急预案的演练与实施	167

6.2.3 事故应急预案的实效	169
6.3 安全生产与环境保护知识	169
6.3.1 概述	169
6.3.2 危险因素辨识	170
6.3.3 危险评价(风险评价)	171
6.3.4 班组作业活动危险源的辨识及风险控制方法	172
6.3.5 电气安全危险辨识	176
6.3.6 环境保护	177
复习思考题	180
第7章 烧结矿的成矿机理	181
7.1 烧结基本原理	181
7.1.1 抽风烧结过程概述	181
7.1.2 烧结过程燃料的燃烧与热交换	182
7.1.3 烧结过程中水分的蒸发、分解和冷凝	186
7.1.4 碳酸盐分解及氧化钙的矿化作用	188
7.1.5 烧结过程中铁、锰氧化物的分解、还原与氧化	190
7.1.6 烧结过程中硫及其他有害杂质的去除	192
7.1.7 烧结料层中的气流运动	196
7.2 烧结矿的成矿机理	203
7.2.1 烧结过程中的固相反应	203
7.2.2 烧结过程中液相的生成与冷却结晶	206
7.3 烧结矿的矿物组成、结构及其对质量的影响	211
7.3.1 烧结矿的矿物组成	211
7.3.2 烧结矿的结构	212
复习思考题	212
第8章 烧结矿质量指标及控制	213
8.1 烧结矿的质量指标	213
8.1.1 烧结矿中矿物组成和结构及其性质	213
8.1.2 影响烧结矿矿物组成和结构的因素	216
8.1.3 烧结矿的矿物组成和结构对其质量的影响	219
8.2 烧结矿质量指标及检验方法	221
8.2.1 烧结试验	221
8.2.2 烧结工艺实验	234
8.3 配料工序中原料质量对烧结矿质量的影响	237
8.3.1 原料的化学成分对烧结矿的矿物组成的影响	237
8.3.2 原料波动引起烧结矿化学成分波动的原因类型及调整措施	238
8.3.3 固体燃料质量对烧结矿产质量的影响	238

8.3.4 熔剂质量对烧结矿产质量的影响	239
8.4 质量管理知识	240
8.4.1 入厂原料标准及烧结矿产品质量标准	240
8.4.2 工艺纪律管理	241
8.4.3 过程控制管理	242
8.4.4 产品质量事故管理	242
复习思考题	244
第9章 通用基础知识	245
9.1 职业道德	245
9.1.1 职业道德基本知识	245
9.1.2 职业守则	247
9.2 安全文明生产与环境保护知识	247
9.2.1 安全文明生产要求	247
9.2.2 安全操作与劳动保护知识	248
9.2.3 环境保护知识	249
9.3 管理基本知识	250
9.3.1 钢铁生产工艺流程	250
9.3.2 人力资源管理	252
9.3.3 劳动合同管理	252
9.3.4 职业资格证书制度	252
9.3.5 技术质量管理	253
9.4 相关法律、法规知识	254
9.4.1 《劳动法》相关知识	254
9.4.2 《安全生产法》相关知识	255
9.4.3 《环境保护法》相关知识	256
9.5 计算机基础知识	257
9.5.1 Windows 操作	257
9.5.2 文字处理软件 Word	260
9.5.3 Excel 电子表格	264
9.5.4 Internet 操作	266
复习思考题	268
参考文献	270

第 1 章 烧结用原燃料

学习目的:

初级工掌握烧结常用的原燃料、熔剂的种类、名称、符号、规格、性质。能按标准进行各类原料、燃料、熔剂的准备。

中级工掌握各种熔剂的化学成分及各种成分对烧结矿的质量影响,能判断熔剂物料品质、能识别烧结常用原燃料粒度和水分、烧结添加生石灰的作用。

高级工掌握铁矿石品位高低对烧结的影响,返矿在配料中的作用,烧结矿的化学成分,烧结矿的冶金性能,能判断铁矿石的品位高低,能判断返矿质量的好坏,返矿平衡及其控制。

1.1 概述

1.1.1 烧结的目的及意义

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,之后随着温度的降低,液相物质将矿粉颗粒黏结成块的过程,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。

铁矿粉烧结是目前最重要的造块技术。由于开采时产生大量铁矿粉,特别是贫铁矿富选促进了铁精矿粉的生产发展,使铁矿粉烧结成为规模较大的造块作业。其物料的处理量约占钢铁联合企业的第二位(仅次于炼铁生产),能耗仅次于炼铁及轧钢而居第三位,成为现代钢铁工业中重要的生产工序。铁矿粉烧结要求烧结矿有很好的物理、冶金性能。由于现代炼铁设备的大型化,炉料倒运次数多、落差大,要求烧结矿有较高的冷强度,如转鼓强度等。烧结矿经历冶炼中的高温过程,因此又要求具备一定的热强度,即在高温还原气氛下抗压、耐磨及耐急热爆裂性能。烧结矿在高炉内经历物理化学反应,还要求它具有良好的冶金性能,如还原性、软化性、熔滴性等。铁矿粉烧结技术的困难还在于追求合理的经济效益,因此,铁矿粉烧结是一门技术复杂的专门学科。

随着炼铁“精料”的研究工作越来越深入,烧结矿朝着品位高、成分稳定、粒度均匀、强度高、冶金性能好的方向发展。在烧结料中加入一定数量的石灰石或生石灰、消石

灰,可生产出具有一定碱度的自熔性烧结矿、高碱度烧结矿。高炉冶炼这种原料时可不加或少加熔剂,从而进一步降低焦比,提高生产率。综上所述,烧结具有如下重要意义:

(1) 通过烧结可为高炉提供化学成分稳定、粒度均匀、还原性好、冶金性能高的优质烧结矿,为高炉优质、高产、低耗、长寿创造了良好的条件;

(2) 可去除有害杂质,如硫、锌等;

(3) 可扩大炼铁原料来源,利用工业生产的废弃物,如高炉炉尘、轧钢皮、硫酸渣、钢渣等,对钢铁冶金过程减少排放、发展循环经济发挥着重要作用。

在长期的生产实践中,人们发现经过选矿、烧结处理后的人造富矿能进一步使矿物富集和去除有害杂质,提高高炉生产率,使焦比下降。对高炉炼铁来说,烧结矿和天然矿石相比有许多优点,如铁含量高、气孔率大、易还原、有害杂质少、含碱性熔剂等,且对原料要求不像球团矿那么严格,所以烧结生产发展得十分迅速,在世界上得到了广泛应用。

1.1.2 烧结技术的发展、现状及趋势

1.1.2.1 烧结生产的发展历史

烧结生产的历史已有一个多世纪。它起源于资本主义发展较早的英国、瑞典和德国。大约在1870年前后,这些国家就开始使用烧结锅。美国在1892年也出现烧结锅,1905年美国曾用大型烧结锅处理高炉炉尘。世界钢铁工业上第一台带式烧结机于1910年在美国投入生产。烧结机的面积为 8.325m^2 ($1.07\text{m} \times 7.78\text{m}$),当时是用来处理高炉炉尘的,每天生产烧结矿140t。它的出现,引起烧结生产的重大革新,从此带式烧结机得到了广泛的应用。但在1952年以前,由于钢铁工业发展缓慢,天然富矿入炉率还占很大比例,所以烧结生产的发展也不快。烧结工业的迅速发展是近几十年的事。

日本烧结工艺完善,设备先进,技术可靠,自动化水平高,是世界上烧结技术发展最快的国家,单机平均烧结面积达 218m^2 ,有 400m^2 以上的烧结机11台。世界上最大的烧结机为 660m^2 ,包括机上冷却面积的带式烧结机最大则为 700m^2 (巴西)。

在1949年以前,我国钢铁工业十分落后,烧结生产更为落后,1926年3月在鞍山建成4台 21.63m^2 带式烧结机,日产最高1200t;1930年又扩建2台;1935年和1937年又相继建成4台 59m^2 的烧结机。至此共建有10台烧结机,总面积为 330m^2 ,但工艺设备落后,生产能力很低,最高年产量仅十几万吨。

1949年以后,我国烧结工业有了很大发展,改建和扩建了鞍钢烧结厂,同时本钢、马钢、首钢、武钢、包钢、太钢、重钢、湘钢、攀钢、酒钢、水钢、邯钢、舞钢、宝钢等烧结厂相继建成投产。主要的带式烧结机规格有: 24m^2 、 36m^2 、 50m^2 、 75m^2 、 90m^2 、 130m^2 、 182m^2 、 265m^2 、 360m^2 、 400m^2 、 450m^2 等。新中国成立60年来,我国铁矿石烧结工业取得了很大成就。到2000年,全世界烧结机年生产能力已超过 $10 \times 10^8\text{t}$,其中2000年我国的烧结矿产量占全世界产量的一半左右,相当于排名第2~第7名的6个国家产量之和。我国钢铁工业中人造富矿主要靠烧结法生产,占高炉用含铁炉料的80%以上。

1.1.2.2 国内外烧结生产的现状及发展趋势

铁矿石烧结造块技术的进步为钢铁工业的快速发展已经并将继续提供强有力的支撑。目前,在信息技术和控制技术的迅猛发展和广泛应用的推动下,钢铁工业向高精度、连续化、自动化、高效化快速发展。其中,烧结生产的现状主要体现在以下几个方面。

A 设备大型化

据统计,我国现有烧结机近 500 台,其中在建和投产的 $180 \sim 660\text{m}^2$ 烧结机 125 台,其烧结面积达 38590m^2 。已投产的大于 360m^2 的烧结机 27 台,其中京唐公司曹妃甸 550m^2 烧结机是最大的。太钢 2011 年 7 月 660m^2 烧结机已投入生产,该烧结机在国际上可称为巨型烧结机。它采用了一系列先进的工艺技术,达到国际一流装备水平。至此,我国大中型烧结机面积在全国烧结机总面积之中已占明显优势,烧结矿的质量也得到明显提高。

2009 年,我国新投产 21 台烧结面积大于 150m^2 的烧结机,其中大于 180m^2 的有 20 台,大于 360m^2 的有 11 台。目前正在建设的烧结机有 14 台,其中 11 台大于 360m^2 ,沙钢和宣钢在建烧结机为 550m^2 。这些说明我国加快了烧结机大型化的步伐。烧结机大型化会促进烧结质量的提高,降低工序能耗,减少污染物排放,降低单位面积投资和运行成本。

B 生产技术不断进步

我国烧结生产技术进步体现在如下几个方面:

(1) 一批先进成熟的烧结生产技术得到全面推广。这主要体现在:1) 建立综合原料混均料场;2) 自动称重配料;3) 添加生石灰;4) 采用小球烧结;5) 烧结机科学布料;6) 广泛采用铺底料;7) 燃料分加;8) 超厚料层烧结;9) 低温烧结;10) 高铁低硅烧结;11) 热风烧结;12) 取消热矿筛;13) 烧结矿整粒。

(2) 烧结机漏风率降低。20 世纪 70 年代,我国烧结机漏风率在 60% 以上。目前新建的烧结机漏风率为 30% 左右,如宝钢 2 号烧结机系统漏风率在 30% ~ 48%。采用一种液密封鼓风环式冷却机,其漏风率可降低到 5% 以下,可节能 20%,还可取消原环冷机配套的一些辅助设备,节省投资。涟钢 360m^2 烧结机和济钢 460m^2 烧结机的环冷机漏风率仅为 4.7%。

(3) 烧结烟气脱硫。现在我国有 35 台烧结机安装了烟气脱硫设施,年脱硫量为 $8 \times 10^4\text{t}$ 。2008 年 7 月工信部提出 3 年内要增加脱硫量 $20 \times 10^4\text{t}$,提高环保水平。

目前,烧结烟气脱硫成熟的工艺技术有 20 多种,但尚未有一个标准的、适合于每个企业的技术装备,均要根据每个企业的具体情况进行选择。评价烧结烟气脱硫工艺技术设备好坏的标准是:脱硫效率、设备的寿命和作业率、投资、运行费、副产品的价值和综合利用、占地、维护和操作等因素。

烧结机点火器之后的约 $1/3$ 风箱烟气含 SO_2 较低,温度高,可以不进行烟气脱硫,将这部分烟气回用于烧结,实现热风烧结,可提高烧结矿质量,降低固体燃耗。所以,烧结烟气脱硫不必是全量烟气脱硫,这样可以降低投资和运行费约 $1/3$,提高经济效益。

(4) 低温余热利用一直是冶金行业废物利用的一个难题,冷却机废气带走的热量,其热能大约为烧结矿烧成系统热耗量的 35%,充分利用这部分热量可显著降低烧结工序的能耗。

我国目前烧结合余热的利用方式有:1) 用作点火保温炉的助燃;2) 用做预热混合料;3) 用于热风烧结;4) 用于产生蒸汽;5) 余热发电。发达国家于 20 世纪 80 年代就开始研究烧结环冷机烟气余热回收发电技术,具有高效、成熟运行稳定等特点,目前,世界各地已有很多烧结厂成功采用此技术,大大提高了烧结能源利用率,经济效益十分可观。

C 自动化水平不断提高

烧结生产过程的自动化水平与烧结矿产量、质量的稳定息息相关。随着工业自动化技

术、信息技术和控制技术的快速发展,在硬件方面,大量的数字、智能仪表提高了信息检测的精度,先进的自动执行设备逐渐取代传统的人工操作。随着计算机软件技术和人工智能技术的应用逐渐深入,模糊控制、专家系统和神经网络在一些厂家的应用取得初步成效,由现场总线到车间网、工厂网、企业综合网络系统构成的企业信息高速公路在一些大型钢铁公司开始实施。

同时,随着建设资源节约型、环境友好型社会的要求越来越高,烧结生产在资源、环保方面面临着新的巨大挑战,今后的烧结技术发展必须要解决好如下问题:

(1) 铁矿石资源问题。近年来,随着中国成为世界上最大的钢铁生产国,国内铁矿石供应缺口越来越大,铁矿石的进口规模也相应扩大,而进口价格也水涨船高。进口铁矿石量及价格增长很快,特别是2003~2008年,铁矿石进口数量增加3倍,而进口额则增加近15倍,进口额的增长远远超过了数量的增长。2006年进口量首次超过了 $3 \times 10^8 \text{ t}$,而2008年则达到超过 $4.4 \times 10^8 \text{ t}$,每吨铁矿石价格则飙升到136.5美元。从总体上看,如此大的增幅不仅给钢铁企业带来巨大的经济压力,而且给烧结生产带来了很大影响,由于矿源紧张,许多钢铁厂有时处在“等米下锅”的状态,而且“吃的”矿很杂。因此,必须对各种铁矿石进行合理的配矿研究和烧结性能研究,同时对价格相对低廉的难烧结矿石(如褐铁矿等)进行研究,从而保证烧结矿的优质、高产。

(2) 能源消耗问题。我国钢铁企业的能量消耗约占全国能量消耗总量的10%,作为钢铁生产重要组成部分的烧结生产,其能耗约占钢铁生产总能耗的10%~15%。烧结能耗主要包括固体燃料消耗、电力消耗、点火煤气消耗等。其中固体燃料消耗占烧结总能耗的75%~80%,电力消耗占13%~20%,点火热耗占5%~10%。当前,能源供不应求,制约了钢铁企业的可持续发展,降低了其经济效益,因此,余热回收利用、节能新设备的开发与应用等成为节能降耗的有效手段。

(3) 环境保护问题。钢铁生产工序多、工艺流程长,是环境污染的“大户”,其中每吨钢耗水100~300t,产生废气 10000 m^3 、粉尘100kg、废渣0.5t。对烧结而言,主要的污染物是烧结废气中的 SO_2 、 NO_x 、 CO_2 和具有生物毒性、免疫毒性和内分泌毒性的致癌物质二噁英。其中 SO_2 排放量占整个钢铁工业的33.26%, CO_2 排放量占整个钢铁工业的10%。由于烧结废气量大,烟气含尘高, SO_2 、 NO_x 、 CO_2 浓度低,后续处理成本高,给治理带来很大困难。

(4) 烧结过程控制问题。从控制的角度来看,烧结过程是具有多变量、非线性、强耦合特征的工艺流程。传统的依靠人工“眼观—手动”的调节方法已经无法满足大型烧结设备的控制要求,需要更加精确和稳定的自动控制。目前新建和改建的烧结机都配备了集散控制系统,具备了基本检测和基础控制功能,进一步开发适应烧结过程特点的智能控制系统是目前需要解决的问题。

针对这些问题,必须加强对烧结过程机理的深入研究,才能从根本上提高烧结技术水平,减轻能源、环境等问题的压力,实现烧结工艺的可持续发展。

1.1.3 烧结工艺流程及技术指标

1.1.3.1 烧结生产工艺流程

按照烧结设备和供风方式的不同,烧结方法可分为鼓风烧结、抽风烧结和在烟气中烧

结。鼓风烧结是烧结锅、平地吹。这是小型厂的土法烧结，逐渐被淘汰。

抽风烧结分连续式和间歇式。连续式烧结设备有带式烧结机和环式烧结机等；间歇式烧结设备有固定式烧结机和移动式烧结机，固定式烧结机如盘式烧结机和箱式烧结机，移动式烧结机如步进式烧结机。在烟气中烧结包括回转窑烧结和悬浮烧结。图 1-1 所示为烧结方法分类。

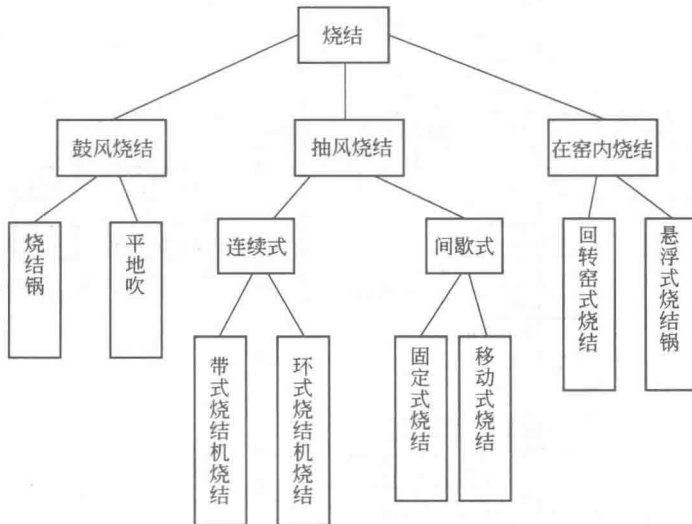


图 1-1 烧结方法分类

目前，广泛采用带式抽风烧结机，因为它具有生产率高，原料适应性强，机械化程度高，劳动条件好和便于大型化、自动化等优点，所以世界上 90% 以上的烧结矿是这种方法生产的。

带式抽风烧结过程是将混合料（铁矿粉、燃料、熔剂及返矿）配以适量的水分，混合、制粒后，铺在带式烧结机的炉箅上，点火后用一定负压抽风，使烧结过程自上而下地进行。烧结矿从烧结台车上卸下，经破碎、冷却、制粒、筛分，分出成品烧结矿、返矿和铺底料。图 1-2 是某烧结厂的工艺流程图，烧结机的面积 450m^2 ，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。

1.1.3.2 典型的烧结生产工艺流程

较典型的烧结生产工艺流程可分为 8 个系统：

(1) 受料系统，主要包括翻车机系统、受料槽、精矿仓库、熔剂仓库、燃料仓库等，其任务是担负进厂原料的接受、运输和储存。

(2) 原料准备系统，包括含铁原料的中和、燃料的破碎、熔剂的破碎和筛分，其任务是为配料工序准备好符合生产要求的原料、熔剂和燃料。

(3) 配料系统，包括配料间的矿槽、圆盘给料机、称量设施等；根据规定的烧结矿化学成分和使用的原料种类，通过计算，各原料按计算的重量进行给料，以保证混合料和



烧结矿化学成分稳定及燃料量的调整。

(4) 混合、制粒系统, 主要包括冷热返矿圆盘、一次混合, 混合料矿槽、二次混合等工序。其任务是加水、润湿混合料, 再用一次混合机将混合料混匀, 二次混合机造成小球后预热。

(5) 烧结系统, 包括铺底料、布料、点火、烧结等。主要任务是将混合料烧结成合格的烧结矿。其示意图如图 1-2 所示, 此部分是烧结工艺的核心, 前面的工序都是准备烧结的原料, 而后面的工序都是对烧结矿产品进行处理及相关的辅助工序。

(6) 抽风系统, 包括风箱、集尘管、除尘器、抽风机、烟囱等。

(7) 成品处理系统, 包括热破碎、热筛分、冷却、冷破碎、冷筛分及成品运输系统。该工序的任务在于分出 5~50mm 的成品烧结矿、10~25mm 的铺底料、小于 5mm 的冷返矿 (部分厂为小于 3~6mm)。

(8) 烟气净化系统, 主要是用电除尘器系统将烧结机尾部卸矿处、热筛、冷却、返矿及整粒系统各处扬尘点的废气经过除尘器净化后排入大气, 粉尘经过润湿后加入烧结混

合料中再烧结。其任务是担负烧结生产的环境保护。

烧结过程是许多物理化学变化的综合过程。这个过程不仅错综复杂,而且瞬息万变,在几分钟甚至几秒钟内,烧结料就因强烈的热交换而从70℃以下被加热到1200~1400℃,与此同时,它还要从固相中产生液相,然后液相又被迅速冷却而凝固。这些物理化学变化包括:

- 1) 燃料的燃烧和热交换;
- 2) 水分的蒸发及冷凝;
- 3) 碳酸盐的分解,燃料中挥发分的挥发;
- 4) 铁矿物的氧化、还原与分解;
- 5) 硫化物的氧化和去除;
- 6) 固相间的反应与液相生成;
- 7) 液相的冷却凝结和烧结矿的再氧化等。

1.1.3.3 烧结厂技术经济指标

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指标等。

A 生产能力指标

烧结生产能力指标包括:

(1) 利用系数 $[t/(m^2 \cdot h)]$: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, m^2 。

(2) 烧结机台时产量: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。

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

(3) 烧结机产量 $q(t/h)$:

$$q = 60KCrBL = 60KrBhv$$

式中 K ——烧结矿成矿率(50%~70%), $K = K_1 K_2 K_3$;

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, $K_3 = [\text{成品矿} / (\text{成品矿} + \text{返矿})] \times 100\%$;

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

C ——垂直烧结速度, m/min ;

B ——烧结机宽度, m ;

L ——烧结机有效长度, m ;

h ——烧结料层厚度, m ;

v ——烧结台车移动速度, m/min 。