

· 高职高专“十二五”规划教材 ·



烧结矿与球团矿生产实训

SHAOJIEKUANG YU QIUTUANKUANG SHENGCHAN SHIXUN

主 编 吕晓芳 韩宏亮



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高职高专“十二五”规划教材

烧结矿与球团矿生产实训

主 编 吕晓芳 韩宏亮

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2011

内 容 提 要

本书为职业技术学院实训教学用书。全书共分两个学习情境,其中学习情境一为烧结矿生产,包括原燃料的识别、选用与准备操作,配料分析判断、计算调整及操作,混合与制粒操作,布料、点火操作与控制,烧结机操作,烧结矿处理操作,返矿及混合料仓料位的平衡与控制,烧结矿生产成本和产量的控制,烧结矿质量的评价及改进调整共九个学习性工作任务;学习情境二为球团矿生产,包括造球操作与控制,竖炉焙烧操作,链算机一回转窑工艺参数的控制和调节,球团矿的质量评价及改进调整共四个学习性工作任务。内容以烧结矿与球团矿生产实际操作技能为重点,兼顾烧结球团生产工艺、原理及设备等相关知识。

本书学习任务的设计注重学生的职业成长历程,内容上考虑职业教育的特点,力求少而精,通俗易懂,理论联系实际,注重应用。

本书为高职高专教材,也可作为钢铁行业工人技术培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

烧结矿与球团矿生产实训/吕晓芳,韩宏亮主编. —北京:冶金工业出版社,2011.5

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5560-6

I. ① 烧… II. ① 吕… ② 韩… III. ① 烧结矿—生产工艺—高等职业教育—教材 ② 球团矿—生产工艺—高等职业教育—教材 IV. ① TF046.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 069016 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 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 尚海霞 张熙莹 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 石 静 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5560-6

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

2011 年 5 月第 1 版,2011 年 5 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16;17.25 印张;417 千字;263 页

36.00 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

目前,随着我国生铁产量不断攀升,高炉对烧结矿和球团矿的要求日益提高,烧结、球团也得到了快速发展,烧结矿和球团矿的生产已成为现代钢铁生产的重要工艺之一。随着烧结、球团技术的发展,对操作人员技术水平的要求也逐渐提高,烧结、球团生产也成为冶金行业高职高专学生将来主要就业岗位群之一。为了适应烧结生产技术发展以及满足学生就业后快速适应企业工作岗位的需要,受冶金工业出版社的委托,编写了本书。

本书是职业技术学院冶金工程专业的教学用书,工学结合作为职业教育的重要特征已经逐渐被大家所认识,本书与“工学结合”特色的教学改革相配套,充分体现了教学过程与工作过程的一致性。全书共分为烧结矿生产和球团矿生产两个学习情境,考虑学生的职业成长历程及认知规律,共设计了13个学习性工作任务,包括原燃料的识别、选用与准备操作,配料分析判断、计算调整及操作,混合与制粒操作,布料、点火操作与控制,烧结机操作,烧结矿处理操作,返矿及混合料仓料位的平衡与控制,烧结矿生产成本和产量的控制,烧结矿质量的评价及改进调整,造球操作与控制,竖炉焙烧操作,链算机一回转窑工艺参数的控制和调节,球团矿的质量评价及改进调整等,内容以烧结矿与球团矿生产实际操作技能为重点,兼顾烧结、球团的生产工艺、原理及设备等相关知识。

本书以实际工作中典型工作任务为基础,融入工作过程知识(经验和方法),学习任务的设计注重学生的职业成长历程,内容以理论知识够用为度,力求少而精,讲究实践过程的系统性和完整性,理论联系实际,注重应用。

本书可作为高职高专教学之用,也可作为钢铁行业工人技术培训用书,对现场从事烧结工作的技术人员也有一定的参考价值。

本书主编为邢台职业技术学院的吕晓芳和中国科学院过程工程研究所的韩宏亮。副主编为邢台钢铁公司刘玉江和德龙钢铁公司王利刚。全书由吕晓

芳统稿。在编写本书时,参阅了有关烧结和球团方面的著作、杂志以及有关人员提供的资料与经验,还得到了邢台职业技术学院资源与环境工程系冶金教研室老师的大力支持,在此深表感谢。

由于编者学识水平及对职业教育工学结合课程改革理解深度所限,不足之处敬请广大读者和同行批评指正。

编 者

2011 年 2 月

目 录

学习情境一 烧结矿生产

任务一 原燃料的识别、选用与准备操作	5
一、任务分析	5
（一）任务的提出	5
（二）工作任务描述	5
二、任务实施	5
（一）含铁原料的识别与选用	5
（二）熔剂的识别与选用	8
（三）燃料的选用	9
（四）原料的验收、储存与管理	9
（五）原料卸车	10
（六）原料中和	11
（七）原料破碎	12
（八）原料筛分	16
三、相关知识	18
（一）矿物、岩石、矿石和铁矿石的基本概念	18
（二）矿物的基本性质	18
（三）铁矿石	20
（四）烧结用含铁原料	22
（五）熔剂	23
（六）燃料	26
（七）破碎与筛分设备	26
巩固训练	31
任务二 配料分析判断、计算调整及操作	33
一、任务分析	33
（一）任务的提出	33
（二）工作任务描述	33
二、任务实施	34

(一) 烧结原燃料基本配比计算	34
(二) 给料量的运算	39
(三) 配料的分析判断	40
(四) 快速调整配料计算	42
(五) 过渡配料计算	49
(六) 用 Excel 表格做配料计算	50
(七) 配料操作	53
三、相关知识	56
(一) 烧结矿碱度	56
(二) 配料意义、方法及要求	56
(三) 现场配料算法	57
(四) 配料设备	58
巩固训练	61
任务三 混合与制粒操作	63
一、任务分析	63
(一) 任务的提出	63
(二) 工作任务描述	63
二、任务实施	64
(一) 影响混匀和制粒的因素	64
(二) 烧结混合料水分的判断与控制	66
(三) 烧结混合料粒度的检测及强化制粒	67
(四) 混料工技术操作要点	68
(五) 圆筒混料机操作	68
(六) 混料系统常见故障及处理	69
三、相关知识	70
(一) 原料混合制粒的目的与要求	70
(二) 混合与制粒设备	71
(三) 混合制料基本理论	72
(四) 水分自动检测与控制系统	74
巩固训练	77
任务四 布料、点火操作与控制	80
一、任务分析	80
(一) 任务的提出	80
(二) 工作任务描述	80
二、任务实施	81
(一) 布料操作	81
(二) 烧结点火参数的控制	82

(三) 点火器日常操作·····	84
(四) 点火器烘炉操作·····	84
(五) 点火器的点火操作·····	85
(六) 点火器停炉操作·····	85
(七) 点火器控制方式·····	86
三、相关知识·····	87
(一) 烧结生产对布料作业的要求·····	87
(二) 影响布料作业的因素·····	88
(三) 布料设备·····	88
(四) 点火装置·····	91
巩固训练·····	92
任务五 烧结机操作 ·····	94
一、任务分析·····	94
(一) 任务的提出·····	94
(二) 工作任务描述·····	94
二、任务实施·····	96
(一) 烧结风量和负压的判断与控制·····	96
(二) 料层厚度与机速的控制·····	97
(三) 烧结料水分的判断与控制·····	97
(四) 烧结过程碳的判断与控制·····	98
(五) 烧结终点的判断与控制·····	98
(六) 烧结机常见故障及处理方法·····	99
(七) 烧结机紧急事故处理·····	100
(八) 烧结机启动与停车操作·····	101
三、相关知识·····	103
(一) 抽风烧结过程·····	103
(二) 固体碳的燃烧·····	104
(三) 水分的蒸发、分解和冷凝·····	106
(四) 碳酸盐分解及氧化钙的矿化作用·····	108
(五) 烧结过程中金属氧化物的分解、还原与氧化·····	109
(六) 固相之间的反应·····	112
(七) 液相生成与冷却结晶·····	115
(八) 烧结料层中的传热现象·····	121
(九) 带式烧结机本体·····	124
(十) 烧结料层中的气流运动·····	130
巩固训练·····	132

任务六 烧结矿处理操作..... 135

 一、任务分析..... 135

 (一) 任务的提出 135

 (二) 工作任务描述 135

 二、任务实施..... 135

 (一) 单辊破碎操作 135

 (二) 烧结矿冷却操作 136

 (三) 烧结矿整粒操作 137

 (四) 成品处理设备常见事故处理 138

 三、相关知识..... 140

 (一) 烧结矿冷却的意义及方法 140

 (二) 烧结冷却设备 141

 (三) 烧结矿的整粒流程 144

 (四) 烧结矿整理设备 145

 巩固训练..... 146

任务七 返矿及混合料仓料位的平衡与控制..... 148

 一、任务分析..... 148

 (一) 任务的提出 148

 (二) 工作任务描述 149

 二、任务实施..... 149

 (一) 自循环返矿平衡 149

 (二) 混合料仓料位平衡 150

 三、相关知识..... 150

 (一) 返矿的分类及其对烧结的影响 150

 (二) 返矿料位变化的原因 153

 (三) 混合料仓料位变化对生产的影响 154

 巩固训练..... 154

任务八 烧结矿生产成本和产量的控制..... 156

 一、任务分析..... 156

 (一) 任务的提出 156

 (二) 工作任务描述 156

 二、任务实施..... 157

 (一) 提高烧结矿产量的技术措施 157

 (二) 计算工序能耗 159

 (三) 烧结矿生产成本的控制措施 159

 三、相关知识..... 164

(一) 烧结矿生产成本	164
(二) 烧结新工艺和新技术	165
(三) 关于作业率的几个概念	167
巩固训练	168
任务九 烧结矿质量的评价及改进调整	170
一、任务分析	170
(一) 任务的提出	170
(二) 工作任务描述	170
二、任务实施	171
(一) 烧结矿的质量检测	171
(二) 烧结矿冷态强度的改进	178
(三) 烧结矿 FeO 的判断及改进调整	180
(四) 烧结矿低温还原粉化性能的改进	181
三、相关知识	183
(一) 烧结矿的质量标准及对高炉冶炼的影响	183
(二) 烧结矿的矿物组成、结构及其对品质的影响	184
巩固训练	186

学习情境二 球团矿生产

任务十 造球操作与控制	191
一、任务分析	191
(一) 任务的提出	191
(二) 工作任务描述	191
二、任务实施	192
(一) 生球的质量检测	192
(二) 造球过程中生球水分的控制	194
(三) 造球过程中生球粒度的控制	194
(四) 造球过程中生球成球速度的控制	195
(五) 生球强度的改进与调整	195
(六) 圆盘造球机操作	197
(七) 造球过程中常见事故及处理办法	198
(八) 圆盘造球机开停机操作	199
(九) 造球操作技术要点总结	200
三、相关知识	200
(一) 球团用原料	200

(二) 原燃料的准备工艺及设备	201
(三) 细磨物料的造球原理	203
(四) 造球设备	207
(五) 影响矿粉成球的因素	208
(六) 生球的粒度要求及范围	213
巩固训练	213
任务十一 竖炉焙烧操作	215
一、任务分析	215
(一) 任务的提出	215
(二) 工作任务描述	215
二、任务实施	217
(一) 竖炉球团布料车操作	217
(二) 竖炉热工制度的控制和调节	217
(三) 竖炉事故与处理	219
(四) 竖炉开炉操作	220
(五) 竖炉停炉操作	223
三、相关知识	224
(一) 竖炉	224
(二) 布料	225
(三) 生球的干燥	226
(四) 球团的预热	228
(五) 球团的焙烧固结	229
(六) 球团矿的处理	233
巩固训练	234
任务十二 链算机一回转窑工艺参数的控制和调节	235
一、任务分析	235
(一) 任务的提出	235
(二) 工作任务描述	235
二、任务实施	236
(一) 链算机各段温度的调节	236
(二) 链算机常见事故及其处理	236
(三) 链算机高温停机操作	237
(四) 回转窑焙烧气氛的调节	237
(五) 回转窑常见事故及处理	238
(六) 回转窑点火及升温	239
(七) 回转窑开停机操作	239
三、相关知识	240

(一) 链算机—回转窑焙烧工艺	240
(二) 与竖炉焙烧方法的比较	243
(三) 链算机—回转窑的主要组成	243
巩固训练	246
任务十三 球团矿的质量评价及改进调整	247
一、任务分析	247
(一) 任务的提出	247
(二) 工作任务描述	247
二、任务实施	247
(一) 球团矿理化性能的检测	247
(二) 球团矿冶金性能的检测	248
(三) 球团矿的质量改进措施	249
(四) 引起球团矿还原过程中异常膨胀的原因及其改进措施	250
三、相关知识	253
(一) 球团矿的质量检测指标及高炉对球团矿的质量要求	253
(二) 影响球团矿焙烧固结的因素	254
(三) 球团矿的显微结构和矿物组成及其对强度的影响	259
巩固训练	261
参考文献	263

烧结矿生产

钢铁生产的基本工艺流程如图 0-1 所示。

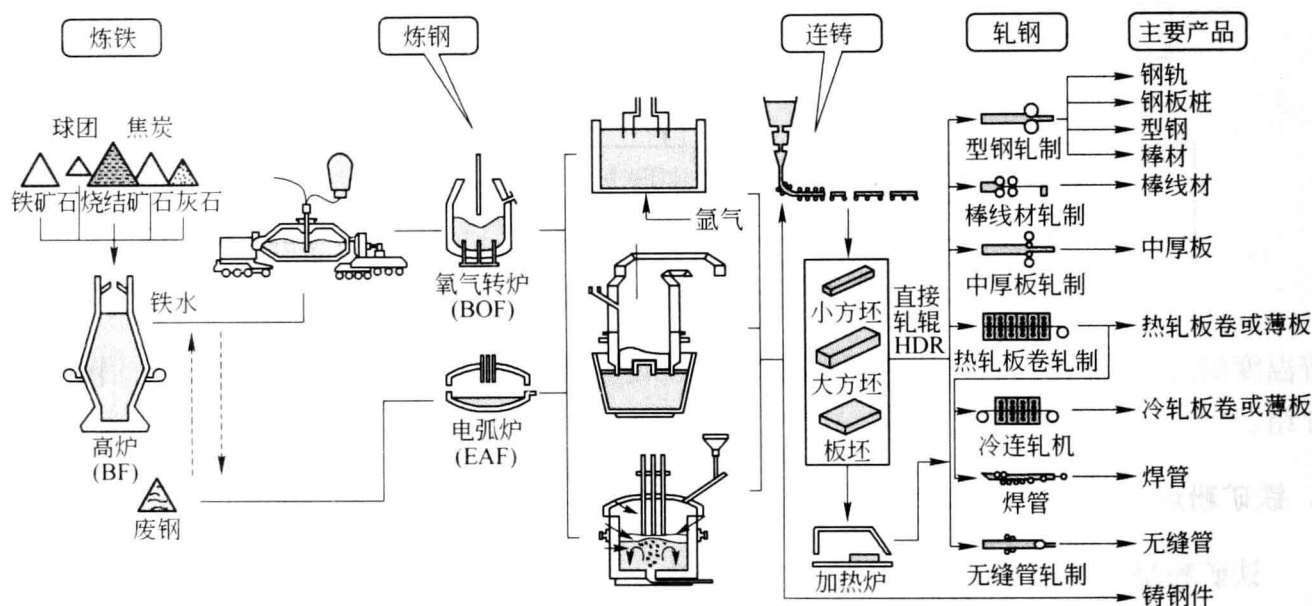


图 0-1 钢铁生产的基本工艺流程

钢铁冶金的任务是把铁矿石冶炼成合格的钢。具体过程为：

铁矿石→去脉石、杂质和氧→铁→精炼(脱 C、Si、P 等)→钢

还原冶炼过程 (炼铁) 氧化精炼过程 (炼钢)

铁矿石主要包括铁氧化物和脉石杂质。

炼铁是采用还原的方法去除铁矿石中的氧及大部分杂质,形成液态铁水或固态的铁(海绵铁)。如果是液态铁水,要与炉渣分离。

炼钢是把铁水进一步去除杂质,进行氧化精炼。

目前,高炉使用的原料主要是烧结矿和球团矿。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。

国内外炼铁原料模式的发展如图 0-2 所示。

由图 0-2 可见,我国普遍推行的是“高碱度烧结矿配加酸性球团矿、块矿”这种合理的炉料结构。

烧结矿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

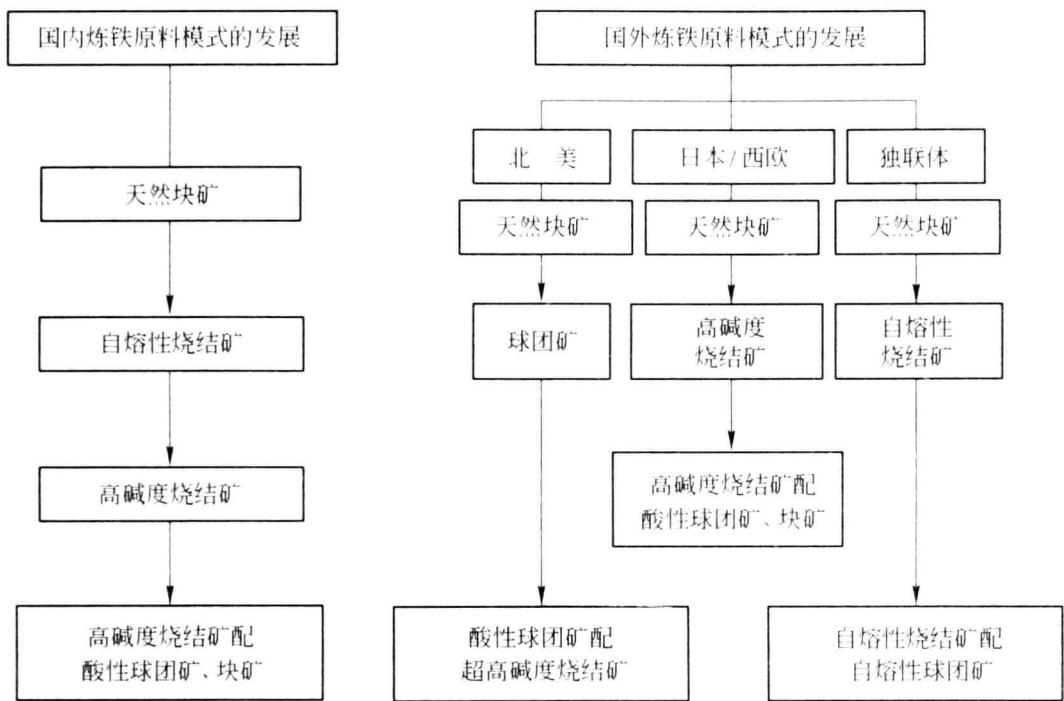


图 0-2 国内外炼铁原料模式的发展

着温度的降低,液相物质将矿粉颗粒黏结成块,得到烧结矿。以下对烧结矿生产做一下简单介绍。

1. 铁矿粉烧结的意义和作用

铁矿粉烧结是最重要的造块技术之一。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最大的造块作业。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和冶金性能。由于现代炼铁设备的大型化,炉料倒运次数多、落差大,要求烧结矿有高的冷强度,如耐压强度等;烧结矿经历冶炼中的高温过程,要求一定的热强度,即在高温还原气氛下耐压、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,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果。因此,铁矿粉烧结是一门技术复杂的专门学科。

在长期的生产实践中,人们发现经过选矿和烧结处理后的人造富矿能进一步地使矿物富集和去除有害杂质,因而使高炉生产率提高,焦比下降,其经济效果比天然矿好。

对“精料”的研究工作也越来越深入,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、长寿创造良好的条件;
 - (2) 可去除有害杂质,如硫、锌等;

- (3) 可利用工业生产的废弃物,如高炉炉尘、轧钢皮、硫酸渣、钢渣等;
(4) 可回收有色金属,如稀有金属、稀土金属等。

2. 烧结生产工艺流程

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储存;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,也有比较完善的。图0-3所示为上海宝钢烧结厂的工艺流程图,烧结机的面积为 450m^2 ,建有大型原料场和完整的整粒系统。

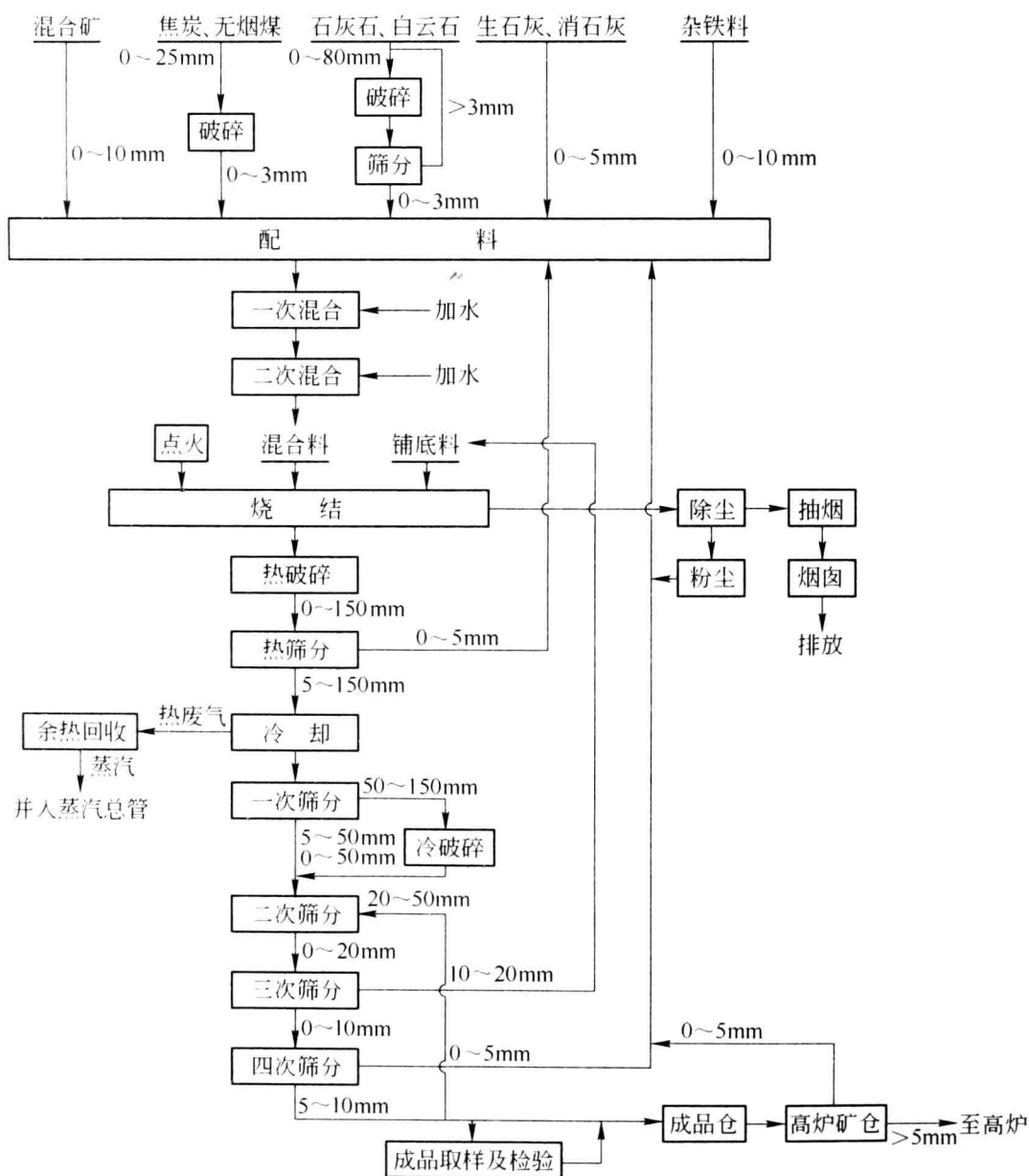


图 0-3 上海宝钢烧结厂的工艺流程图

3. 学习情境描述

本学习情境在企业一般对应于烧结工区,在此工作的相关技术工人共分成4个作业班,班内有原料工、配料工、混料工、看火工、中控工、成品工,一个班共有各类技术工人十几名,

作业长(或称班长)监督并管理整个作业班。作业长的工位主要是中控室,其中有配料、料仓料位、点火、混料、烧结机等计算机监控画面,可用于对生产过程中工艺参数进行监控、调整和优化;其次,作业长的工位是烧结机,烧结机设备复杂、灰尘多、温度高,作业长可对生产设备及烧结过程进行现场检查与监控。

烧结作业长接班后和上一班作业长沟通,全面了解上一班的生产情况,具体包括烧结矿的质量指标(转鼓强度、化学成分、粒度等)、设备情况(有无异常等)、高炉料仓情况、原料供应情况、能源介质使用情况有无要求、混合矿仓料位情况、生产中工艺参数控制情况等。交接班完毕后开班前会,与原料工、配料工、混料工、看火工等各岗位工强调一些生产中的问题,传达一下厂部指示、活动等,另外核实本班人员情况。

开班后,第一步,原料工将外购的各种含铁原料、熔剂、燃料按规定备到相应的原料仓中;第二步,依据生产要求,按一定配比加以配料,如果烧结矿化学成分出现问题,烧结作业长需要到配料室协助配料工查找原因,及时予以调整处理;第三步,将配合料加水润湿,进行混合制粒,得到混合料,混合料的水分和粒度应满足一定要求;第四步,将混合料均匀布到烧结机台车上,经点火进行抽风烧结,通过观察火焰颜色、料面颜色、机尾断面及观测仪表上显示的负压、废气温度等热工参数来正确控制烧结终点;第五步,烧好的烧结矿经冷却、破碎、筛分处理后,按要求取样,送往质检中心检验,质量检验结果给烧结生产提供参考;最后,成品烧结矿由皮带运往高炉车间,作为高炉的原料,高炉对成品烧结矿的要求是化学成分均匀、粒度合适、冶金性能优良、有害杂质少。整个生产过程要求设备运转正常,当出现设备或质量事故时,要及时、正确地处理。

任务一 原燃料的识别、选用与准备操作

教学目标

- (1) 根据原燃料的理化性能正确识别各种原燃料。
- (2) 能根据生产技术要求正确选用各种原燃料。
- (3) 能够完成原燃料的接受、储存、中和混匀、破碎、筛分等作业。

一、任务分析

(一) 任务的提出

烧结所使用的原燃料主要包括含铁原料、熔剂和燃料3大类。以含铁原料为例,某烧结厂使用的含铁原料有本地碱精粉、澳矿、巴西矿、印度粉、伊朗粉、杂料、炼钢红泥等十几种,这些矿粉产地不同,其化学成分和烧结性能也不相同,而且配比各有不同。在使用过程中,如果不能识别各种含铁原料,就容易出现混料,从而造成配料出现波动,混合料水分和粒度、配炭量不合适,最终影响到烧结矿质量和产量。因此,作为从事烧结技术工作的人员,必须能辨别出不同的原燃料。

烧结厂所处理的原料来源广、数量大、品种多,物理化学性质差异悬殊,为了获得优质产品并保证生产过程的持续进行,在烧结配料前必须对原料进行准备处理,使烧结用料供应充分,成分稳定,粒度适宜。烧结原料的准备处理包括原燃料的接受、储存、中和混匀、破碎、筛分等作业。

(二) 工作任务描述

汽车将各种铁矿粉按品种运至汽车受料槽,接受各类含铁原料并分类入仓,由皮带输送机运送到预配室的储矿仓内,按照计算好的配比设定各种物料的下料量进行配料,配合料经皮带输送机和堆料机进行堆料,将堆好的混匀料经过取料机取料,皮带机运输到烧结工区配料室的混匀料仓参加配料;进厂的熔剂、石灰和白云灰通过高压氮气或料罐送入配料室的熔剂料仓参加配料,对于粒度大的石灰石和白云石等熔剂需要经过破碎,使其粒度满足烧结要求,然后通过专用设备送入熔剂料仓参加配料;进厂的燃料(无烟煤、焦粉)经过四辊破碎机破碎后,由皮带运送到配料室燃料仓参加配料。

对该工作的要求是:能识别烧结所用的原燃料;能对设备故障和工艺事故采取果断、及时的处理;能检查设备运行状态,加以维护和保养;工序内各岗位成员之间进行熟练的专业沟通;严格执行车间的岗位作业标准、安全、技术操作规程和设备维护规程。

二、任务实施

(一) 含铁原料的识别与选用

1. 含铁原料的识别

目测判断精矿粉全铁的高低。可以从精矿粉的粒度和颜色来进行判断: