



国家职业资格培训教程

焙 烧 工

Bei Shao Gong

中国有色金属工业协会 组织编写
有色金属行业职业技能鉴定指导中心

主 编 廖春图
副主编 文丕忠 梁敏炎



广西科学技术出版社

国家职业资格培训教程

焙 烧 工

中 国 有 色 金 属 工 业 协 会
有色金属行业职业技能鉴定指导中心 组织编写

主 编 廖春图

副主编 文丕忠 梁敏炎

广西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

焙烧工/廖春图主编.—南宁:广西科学技术出版社,2007.3

ISBN 978-7-80666-896-2

I. 焙… II. 廖… III. 焙烧—技术培训—教材 IV. TF046.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 026375 号

焙 烧 工

中国有色金属工业协会 组织编写
有色金属行业职业技能鉴定指导中心

主 编 廖春图

副主编 文丕忠 梁敏炎

*

广西科学技术出版社出版

(南宁市东葛路 66 号 邮政编码 530022)

广西新华书店发行

广西壮族自治区人民政府办公厅印刷厂印刷

(南宁市民生路 2 号 邮政编码 530013)

*

开本 787mm×1092mm 1/32 印张 28 字数 641 000

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—3 000 册

ISBN 978-7-80666-896-2/TG.1 定价:49.00 元

本书如有倒装缺页,请与承印厂调换

国家职业资格培训教程

焙 烧 工

编审委员会

主 任：蒋维湘

副主任：丁学全 邓熙骅

委 员：丁跃华 郑维亚 谢承杰 刘裕华

苏杰光 黄蔚毅 陈 茂

主 编：廖春图

副主编：文丕忠 梁敏炎

前 言

为了在重有色金属冶炼生产从业人员中开展职业培训和职业技能鉴定，根据劳动和社会保障部有关规定，中国有色金属工业协会、有色金属行业职业技能鉴定指导中心组织柳州华锡集团有限责任公司牵头编写了《国家职业资格培训教程——焙烧工》（以下简称《教程》）。

《教程》以劳动和社会保障部颁布的《国家职业标准——焙烧工》（以下简称《标准》）为依据，内容上紧贴《标准》，遵循“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上针对焙烧工职业活动领域，按照《标准》中划分的职业功能模块，按锌、锡、铅/铅锌、铅锑、镍等金属品种分初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别编写。《教程》的基础知识部分覆盖《标准》的“基本要求”；操作技能部分的“章”对应于《标准》的“职业功能”，“节”对应于《标准》的“工作内容”，“节”中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《教程》适用于焙烧工各级别的技能培训，是有色金属行业职业技能鉴定的推荐培训教材。

《教程》基础知识部分由梁敏炎、潘久华、梁仁峰、陈茂、梁福华、张其冠、李建斌编写。《教程》操作技能部分按金属品种分别编写，“锌”由梁敏炎、彭耀明、潘久华编写，“锡”由梁敏炎、赵明、潘久华、宋兴诚、徐胜利编写，“铅/铅锌”由彭耀明编写，“铅锑”由梁仁峰编写，“镍”由李建斌、贾宏杰、李育平编写。

全书由廖春图、梁敏炎终审定稿，梁敏炎、苏杰光任编辑。

白银有色金属集团公司、大冶有色金属有限公司、金川集团有限公司、云南锡业集团有限责任公司、株洲冶炼集团有限责任公司等单位的一些专家对《教程》的内容进行了必要的补充和完善。另外，《教程》在编写过程中还得到了劳动和社会保障部培训就业司和职业技能鉴定中心的大力支持，在此一并表示诚挚的感谢。

由于第一次组织编写与《国家职业标准——焙烧工》配套的职业技能培训教程，不足之处在所难免，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议，以便再版时完善。

中国有色金属工业协会
有色金属行业职业技能鉴定指导中心

2007年1月

目 录

第一篇 基础知识

第一章 焙烧基本知识	1
第一节 金属及其主要化合物的物理化学性质	1
第二节 焙烧基本知识	18
第三节 焙烧工艺流程简介	29
第二章 焙烧炉基础知识	34
第一节 焙烧炉简介	34
第二节 常用耐火材料知识	49
第三章 机电设备常识	62
第一节 识图知识	62
第二节 机械常识	92
第三节 用电常识	102
第四节 设备维护基础知识	106
第四章 热工仪表使用基础知识	109
第一节 常用测温仪表与工具	109
第二节 常用测压仪表与工具	114
第五章 安全与卫生知识	119
第一节 安全生产管理	119
第二节 职业病的防治	122
第三节 消防器材的使用	126
第六章 全面质量管理基础知识	130
第一节 质量基本概念	130
第二节 现场质量管理	133
第三节 质量认证体系	139
第七章 相关法律、法规知识与职业道德	142
第一节 劳动法知识	142
第二节 安全生产法知识	146
第三节 环境保护法知识	148
第四节 职业道德	150

第二篇 操作技能

■ ■ ■ 初级工

第一单元 锌冶炼焙烧	154
第一章 开炉准备	154
第一节 备料	154
第二节 烘炉	156
第三节 开炉	158
第二章 作业过程	163
第一节 记录的填写	163
第二节 控制运行参数	164
第三节 处理故障	169
第四节 交接班	170
第三章 质量管理	171
第一节 质量判断	171
第二节 质量控制	172
第二单元 锡精矿焙烧	175
第一章 开炉准备	175
第一节 备料	175
第二节 烘炉	176
第三节 开炉	178
第二章 作业过程	180
第一节 记录的填写	180
第二节 控制运行参数	181
第三节 处理故障	184
第四节 交接班	185
第三章 质量管理	186
第一节 质量判断	186
第二节 质量控制	186
第三单元 铅精矿与铅锌共生精矿的烧结焙烧	188
第一章 开机准备	188
第一节 备料	188
第二节 开机	189
第二章 作业过程	190

第一节	记录的填写	190
第二节	控制运行参数	190
第三节	异常现象	191
第三章	质量管理	192
第一节	质量判断	192
第二节	质量控制	192
第四单元	脆硫铅锑精矿的沸腾炉焙烧	194
第一章	开炉准备	194
第一节	备料	194
第二节	烘炉	195
第三节	开炉	196
第二章	作业过程	199
第一节	记录的填写	199
第二节	控制运行参数	200
第三节	异常现象	201
第四节	交接班	201
第三章	质量管理	202
第一节	质量判断	202
第二节	质量控制	202
第五单元	镍精矿的焙烧	204
第一章	开炉准备	204
第一节	备料	204
第二节	烘窑	204
第三节	开炉	205
第二章	作业过程	206
第一节	记录的填写	206
第二节	控制运行参数	206
第三节	处理故障	207
第四节	交接班	208
第三章	质量管理	209
第一节	质量判断	209
第二节	质量控制	209
第六单元	设备维护与安全环保	210
第一章	设备维护	210
第一节	设备检查	210

第二节 设备维护.....	210
第二章 安全与环保.....	213
第一节 安全生产.....	213
第二节 环境保护.....	214

■ ■ ■ 中级工

第一单元 锌冶炼焙烧	220
------------------	-----

第一章 开炉准备.....	220
第一节 备料.....	220
第二节 烘炉.....	221
第三节 开炉.....	223
第二章 作业过程.....	226
第一节 分析记录.....	226
第二节 控制运行参数.....	227
第三节 处理故障及停炉.....	228
第三章 质量管理.....	232
第一节 质量判断.....	232
第二节 质量控制.....	233

第二单元 锡精矿的焙烧	235
-------------------	-----

第一章 开炉准备.....	235
第一节 备料.....	235
第二节 烘炉.....	236
第三节 开炉.....	237
第二章 作业过程.....	239
第一节 分析记录.....	239
第二节 控制运行参数.....	241
第三节 处理故障及停炉.....	242
第三章 质量管理.....	244
第一节 质量判断.....	244
第二节 质量控制.....	245

第三单元 硫化铅精矿与铅锌共生精矿的烧结焙烧	247
------------------------------	-----

第一章 开机准备——备料.....	247
第二章 作业过程.....	249
第一节 分析记录.....	249
第二节 控制运行参数.....	249

第三节 故障处理·····	250
第三章 质量管理·····	251
第一节 质量判断·····	251
第二节 质量控制·····	252
 第四单元 脆硫铅锑精矿的沸腾炉焙烧 ·····	253
第一章 开炉准备·····	253
第一节 备料·····	253
第二节 烘炉·····	253
第三节 开炉·····	254
第二章 作业过程·····	256
第一节 分析记录·····	256
第二节 控制运行参数·····	257
第三节 处理故障及停炉·····	258
第三章 质量管理·····	259
第一节 质量判断·····	259
第二节 质量控制·····	260
 第五单元 镍精矿焙烧 ·····	262
第一章 开炉准备·····	262
第一节 备料·····	262
第二节 烘窑·····	262
第三节 开炉·····	263
第二章 作业过程 ·····	265
第一节 分析记录·····	265
第二节 控制运行参数·····	265
第三节 处理故障及停炉·····	265
第三章 质量管理 ·····	267
第一节 质量判断·····	267
第二节 质量控制·····	267
 第六单元 设备维护与安全环保 ·····	268
第一章 设备维护·····	268
第一节 设备检查·····	268
第二节 设备维护·····	268
第二章 安全与环保·····	270
第一节 安全防护·····	270
第二节 环境保护·····	271

■ ■ ■ 高级工

第一单元 锌冶炼焙烧	274
第一章 开炉准备	274
第一节 备料	274
第二节 烘炉	276
第三节 开炉	279
第二章 作业过程	281
第一节 分析指标	281
第二节 控制运行参数	283
第三节 处理故障及停炉	285
第三章 质量控制	293
第二单元 锡精矿的沸腾炉焙烧	295
第一章 开炉准备	295
第一节 备料	295
第二节 烘炉	296
第三节 开炉	298
第二章 作业过程	301
第一节 分析指标	301
第二节 控制运行参数	302
第三节 处理故障及停炉	303
第三章 质量控制	306
第三单元 硫化铅精矿和铅锌共生精矿的烧结焙烧	307
第一章 开炉准备——备料	307
第二章 作业过程	311
第一节 分析指标	311
第二节 控制运行参数	311
第三节 故障处理	312
第三章 质量管理	314
第四单元 脆硫铅锑精矿的沸腾炉焙烧	316
第一章 开炉准备	316
第一节 备料	316
第二节 烘炉	317
第三节 开炉	318
第二章 作业过程	320

第一节 分析指标·····	320
第二节 控制运行参数·····	320
第三节 处理故障及停炉·····	321
第三章 质量管理·····	323

第五单元 镍精矿焙烧 ····· 324

第一章 开炉准备····· 324

第一节 备料·····	324
第二节 烘窑·····	324
第三节 开炉·····	325

第二章 作业过程 ····· 327

第一节 分析记录·····	327
第二节 控制运行参数·····	327
第三节 处理故障及停炉·····	328

第三章 质量管理 ····· 329

第一节 质量判断·····	329
第二节 质量控制·····	329

第六单元 设备维护、安全环保与业务指导 ····· 330

第一章 设备维护····· 330

第二章 安全与环保····· 331

第一节 安全检查·····	331
第二节 环境保护·····	331

第三章 业务指导····· 334

■ ■ ■ 技师

第一单元 锌冶炼焙烧 ····· 335

第一章 作业过程····· 335

第一节 工艺控制·····	335
第二节 分析数据·····	337
第三节 检修炉窑·····	340
第四节 成本核算·····	342

第二章 质量管理····· 343

第三章 技术管理与创新····· 344

第一节 制订方案·····	344
第二节 工艺改进·····	345

第二单元 锡精矿的沸腾炉焙烧	349
第一章 作业过程	349
第一节 工艺控制	349
第二节 分析数据	351
第三节 检修炉窑	353
第四节 成本核算	355
第二章 质量管理	357
第三章 技术管理与创新	359
第一节 方案制订	359
第二节 工艺改进	360
 第三单元 铅精矿与铅锌共生精矿的烧结焙烧	 363
第一章 作业过程	363
第一节 工艺控制	363
第二节 分析数据	363
第三节 烧结机检修	364
第四节 成本核算	364
第二章 质量管理	366
第一节 产品质量异常波动的原因	366
第二节 预防产品质量波动的主要措施	366
 第四单元 脆硫铅锑精矿的沸腾炉焙烧	 368
第一章 作业过程	368
第一节 工艺控制	368
第二节 分析数据	369
第三节 检修炉窑	371
第四节 成本核算	372
第二章 质量管理	374
第三章 技术管理与创新	376
第一节 方案制订	376
第二节 工艺改进	377
 第五单元 镍精矿的焙烧	 379
第一章 作业过程	379
第一节 工艺控制	379
第二节 分析数据	379
第三节 检修炉窑	380

第四节 成本核算.....	381
第二章 质量管理.....	382

第六单元 技术创新与培训指导	383
第一章 技术管理与创新——技术总结.....	383
第二章 培训指导.....	386
第一节 操作指导.....	386
第二节 理论培训.....	388

■ ■ ■ 高级技师

第一单元 锌冶炼焙烧	392
第一章 作业过程.....	392
第一节 工艺控制.....	392
第二节 检修炉窑.....	392
第三节 成本核算.....	395
第二章 质量管理.....	397

第二单元 锡精矿的沸腾炉焙烧	399
第一章 作业过程.....	399
第一节 工艺控制.....	399
第二节 检修炉窑.....	400
第三节 成本核算.....	402
第二章 质量管理.....	403

第三单元 铅精矿和铅锌共生精矿的烧结焙烧	405
第一章 作业过程.....	405
第一节 工艺控制.....	405
第二节 检修.....	405
第三节 成本核算.....	406

第四单元 脆硫铅锑精矿的焙烧	407
第一章 作业过程.....	407
第一节 工艺控制.....	407
第二节 检修炉窑.....	408
第三节 成本核算.....	408
第二章 质量管理.....	410

第一节 质量改进·····	410
第二节 质量管理·····	411
第三章 技术管理与创新·····	413
 第五单元 镍精矿的焙烧 ·····	415
第一章 作业过程·····	415
第一节 工艺控制·····	415
第二节 检修炉窑·····	416
第三节 成本核算·····	418
第二章 质量管理·····	419
 第六单元 技术创新与培训指导 ·····	420
第一章 技术管理与创新·····	420
第一节 技术管理·····	420
第二节 技术创新·····	421
第三节 撰写技师论文·····	422
第二章 培训指导·····	428
第一节 操作指导·····	428
第二节 理论培训·····	428
 主要参考文献·····	431
后 记·····	432

第一篇 基础知识

第一章 焙烧基本知识

第一节 金属及其主要化合物的物理化学性质

一、锌的性质及用途

(一) 锌的物理化学性质

锌是化学元素周期表第四周期第二副族的元素，原子序数为 30，原子量为 65.38。锌为浅蓝白色的有色金属，新鲜断面具有金属光泽。

锌是比较软的金属之一，较铅、锡稍硬。锌在常温下性脆，延展性差，当加热到 100~150℃ 时富有延展性，能压成薄板或拉成丝；当加热到 250℃ 时，又失去延展性而变脆。

锌的熔点为 419.58℃，沸点为 906.94℃。常温下锌的密度为 7.1g/cm³，液态锌的密度为 6.48g/cm³。

锌的导电性是银的导电性的 27.9%，导热性是银的导热性的 24.2%。

锌的抗腐蚀性能较好，干燥的空气在常温下对锌没有影响；若在常温下与湿空气接触，其表面逐渐被氧化，生成一层灰白色致密的碱式碳酸锌 $\text{ZnCO}_3 \cdot 2\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的薄膜，包覆表面，保护内部的锌不再继续被氧化。

纯锌与纯硫酸或纯盐酸不易发生化学反应，但当锌中含有少量杂质时，则极易与硫酸或盐酸作用而被溶解，同时产生氢气，且溶解的速率视杂质含量的多少而定。

锌在电位序表中位置很高，能从很多重金属盐溶液中置换出重金属。二氧化碳与水蒸气相混，可使锌蒸气极快地氧化，生成氧化锌和一氧化碳。

锌还能与许多金属组成合金，最常见的是铜锌合金（黄铜）。

(二) 锌的主要化合物的性质

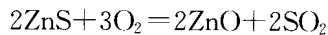
锌的主要化合物有硫化锌、氧化锌、硫酸锌和氯化锌等。

1. 硫化锌。硫化锌（ZnS）在自然界中以锌矿矿物状态存在。金属锌在有硫或硫化氢存在的条件下加热可形成硫化锌。将硫化氢通入含锌离子的溶液时亦可从溶液中制得

硫化锌。

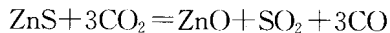
硫化锌是一种难熔的化合物，其熔点目前尚未能精确地确定，约为1 800~1 900℃，在1 200℃时硫化锌就会显著挥发。

硫化锌在高温下易被空气氧化成氧化锌或硫酸锌：

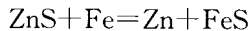


或 $\text{ZnS} + 2\text{O}_2 = \text{ZnSO}_4$

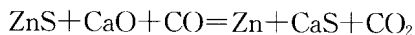
二氧化碳在 750℃ 时开始氧化 ZnS，这一氧化反应在 900~1 000℃ 时按下式迅速进行：



金属铁在 1 167℃ 开始分解 ZnS，而在 1 250℃ 时分解作用进行得很完全：



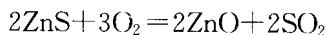
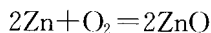
在还原气氛中有 CaO 存在时，ZnS 按下式进行分解：



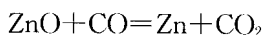
因此，当蒸馏炉料中有金属铁及氧化钙存在时，就能从残留的 ZnS 中提取出锌。

硫化锌不溶于冷的硫酸及稀盐酸溶液，而强烈地溶于硝酸溶液中。

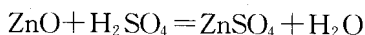
2. 氧化锌。氧化锌 (ZnO) 是一种白色的微细的粉状物。当锌和硫化锌氧化时皆能生成氧化锌：



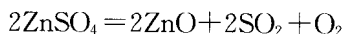
氧化锌在高温条件下能被碳、一氧化碳及氢气还原成金属锌。被一氧化碳还原的反应在火法炼锌中具有重大意义：



氧化锌易溶于稀硫酸中：

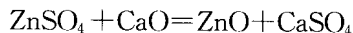


3. 硫酸锌。硫酸锌 (ZnSO₄) 是氧化锌溶解于硫酸中的产物，焙烧硫化锌也可生成硫酸锌。硫酸锌易溶于水。硫酸锌的分解在 600℃ 时可以被观察到，到 800℃ 时就会剧烈地进行：



此反应在 850℃ 时，其分解压力就达 1 个大气压。

当有 CaO 存在时，硫酸锌可与其发生反应，生成氧化锌和硫酸钙：



此反应如果在 850℃ 左右，就进行得非常剧烈。

4. 氯化锌。在低温下将氯作用于金属锌、硫化锌皆可形成氯化锌 (ZnCl₂)。氯化锌的熔点为 262℃，沸点为 730℃。在 500℃ 左右时，氯化锌就会显著挥发。氯化锌易溶于水。

(三) 锌及其合金、化合物的用途

锌的用途很广，在国民经济中占有重要地位，其用量与铜、铅相近。据统计，1997 年世界各国锌消耗量有 765 多万吨。锌的具体用途有：

1. 世界上生产的锌几乎有一半用于镀锌，作为保护钢材或钢铁制品的覆盖物。