



国外有色冶金工厂

铜

陈维东 主编

冶金工业出版社

87
TF808
↑
:2

国外有色冶金工厂

铜

陈维东 主编



冶金工业出版社

B 374835

内 容 简 介

本书按生产过程和处理方法阐述了国外铜冶金工业的现状与新技术,介绍了国外160多个铜冶金工厂的生产历史及其现状,详细叙述了各冶炼厂的生产流程、设备操作情况、生产特点和附属设施以及某些工厂的综合回收状况,并列举了各冶炼厂的一些主要技术经济指标。书中注意介绍了有关厂家生产工艺流程演变的原因和结果。附录列出了包括苏联、东欧一些国家在内的铜工厂的名称、工厂类型、冶炼方法、生产能力等。资料年代从五十年代至1982年。

本书可供从事有色冶金工业方面设计、科研、生产企业的技术人员、管理人员使用,也可供从事对外经济、贸易的工作人员以及大专院校师生参考。

国外有色冶金工厂

铜

陈维东 主编

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 26 3/4 字数 634 千字

1985年3月第一版 1985年3月第一次印刷

印数00,001~1,500册

统一书号: 15062·4148 定价6.00元

前 言

为了适应我国社会主义建设的需要,促进有色冶金工业的迅速发展,我们编写了《国外有色冶金工厂》一书,供有色冶金工业界的各级管理人员、广大工程技术人员了解世界有色冶金工厂生产现状和发展趋势,从中吸取对我国有益的经验。

本分册是该书的铜部分,是编者根据廿多年来国外各种期刊文献所发表的有关资料,经过分析综合编写而成。全书按地区、国家编排。本书中未收入苏联等国家的详细资料。

本书阐述了世界铜冶金生产的概况,介绍了国外160多个铜冶金工厂的生产历史及其现状,详细地叙述了各工厂的生产流程、设备操作、生产特点和附属设施,还叙述了某些工厂的综合回收状况,列举了各工厂的主要技术经济指标。

参加本书编写的有:陈维东、董庆和、沙地、张锦耘、方绍富、张国康、赖晋、林礼藩等。在本书编写过程中,曾得到罗清华、李庆芬、潘传璞、彭景勋、陈英明等的热情帮助,在此谨致以谢意。

由于文献资料来源不一和编者水平有限,书中难免有缺点和错误,恳请广大读者予以指正。

编 者

一九八三年八月于北京

目 录

第一章 概述	1
一、火法冶金	3
1. 熔炼	3
2. 吹炼	11
3. 精炼	12
二、湿法冶金	15
1. 低品位氧化矿和硫化矿石的处理	15
2. 硫化铜精矿和氧化铜精矿的处理	16
3. 铜精矿的其它处理方法	17
三、结语	17
第二章 国外铜冶金工厂	20
亚 洲 地 区	
一、日本	20
小名滨铜冶炼厂	20
小坂铜冶炼厂	33
玉野炼铜厂	37
佐贺关冶炼厂	43
日立铜冶炼厂	54
直岛铜冶炼厂	61
足尾铜冶炼厂	67
东予铜冶炼厂	74
宫古炼铜厂	82
日比炼铜厂	83
东邦锌公司小名滨冶炼厂的铜冶炼	85
东予铜电解厂	86
新居滨铜精炼厂	87
日光电解铜厂	90
竹原精炼厂	93
大阪精炼厂	94
二、印度	97
加特西拉铜冶炼厂	97
凯特利铜冶炼厂	101
姆汗达尔铜电解精炼厂	102
三、巴基斯坦	103
皮普里铜冶炼厂	103
四、伊朗	103
萨尔切什迈铜冶炼厂	103
五、土耳其	106

萨姆桑炼铜厂	106
埃尔加尼炼铜厂	111
木尔古尔铜厂	111
伊斯坦布尔铜电解厂	112
基里卡尔铜电解厂	112
六、菲律宾	112
艾利根湾铜厂	112
利潘托铜冶炼厂	114
亚特拉斯联合铜冶炼厂	114
七、阿曼	115
索哈尔铜冶炼厂	115
八、南朝鲜	115
长项炼铜厂	115
温山铜冶炼厂	115
九、以色列	117
铁姆纳铜厂	117
非 洲 地 区	
十、埃及	118
埃及铜铅锌联合冶炼厂	118
十一、南非(阿扎尼亚)	119
巴拉波拉铜冶炼厂	119
巴拉波拉铜精炼厂	122
默西纳炼铜厂	124
纳巴比浦冶炼厂	125
十二、纳米比亚(西南非)	126
楚梅布炼铜厂	126
十三、津巴布韦	127
阿拉斯卡炼铜厂	127
曼古拉湿法炼铜厂	127
十四、博茨瓦纳	128
皮科威冶炼厂	128
十五、乌干达	131
金贾铜冶炼厂	131
十六、扎伊尔	134
卢本巴希炼铜厂	134
卢伊卢湿法炼铜厂	138
卢伊卢铜闪速熔炼厂	140
希土鲁湿法炼铜厂	141
十七、赞比亚	142
穆富利拉铜冶炼厂	142
卢安夏冶炼厂	147
恩多拉铜电解厂	148
查姆比希湿法炼铜厂	149

钦戈拉湿法炼铜厂	153
罗卡纳铜冶炼厂	158
十八、毛里塔尼亚	162
阿克儒特铜离析厂	162
欧 洲 地 区	
十九、芬兰	166
哈里雅伐尔塔炼铜厂	166
波里电解铜厂	173
二十、挪威	175
苏利特捷尔马铜冶炼厂	175
奥克拉—格鲁比铜厂	177
二十一、瑞典	178
隆斯卡尔炼铜厂	178
二十二、西德	183
杜伊斯堡铜厂	183
汉堡冶炼厂	196
吕伦炼铜厂	200
柏林—维尔梅斯多夫厂	200
二十三、比利时	201
霍波肯冶炼厂	201
奥伦铜精炼厂	202
二十四、法国	205
巴莱铜精炼厂	205
普瓦西铜精炼厂	206
二十五、西班牙	206
韦尔瓦铜厂	206
巴赛罗那铜电解厂	208
二十六、葡萄牙	208
巴雷鲁冶炼厂	208
二十七、英国	208
沃尔索尔铜精炼厂	208
普列斯柯特铜精炼厂	211
维德纳斯铜精炼厂	213
詹姆斯桥铜厂	214
维德纳斯炼铜厂	217
布林斯当铜精炼厂	218
通用金属公司铜精炼厂	219
二十八、意大利	219
意大利冶金公司铜的生产	219
二十九、奥地利	220
布利赫勒格铜厂	220
三十、南斯拉夫	223
博尔炼铜厂	223

卡巴洛夫无氧铜生产厂	226
------------------	-----

美洲地区

三十一、加拿大	228
诺兰达铜冶炼厂	228
加斯佩铜冶炼厂	236
铜崖冶炼厂	237
阿弗顿铜冶炼厂	243
梯敏斯铜厂	245
弗林·弗朗冶炼厂	250
蒙特利尔铜电解精炼厂	257
萨斯喀彻温堡精炼厂	264
三十二、美国	269
茵斯皮雷森炼铜厂	269
阿纳康达铜冶炼厂	276
犹他铜冶炼厂	278
钦诺铜冶炼厂	282
海登铜冶炼厂	287
麦吉尔铜冶炼厂	289
圣·马诺尔铜冶炼厂	291
伊达尔戈炼铜厂	293
阿霍铜冶炼厂	294
道格拉斯炼铜厂	299
莫伦西铜冶炼厂	301
劳雷尔·希尔铜冶炼厂	305
铜山冶炼厂	305
白松铜冶炼厂	307
塔科马铜冶炼厂	309
埃尔·帕索冶炼厂	310
卡特里特炼铜厂	312
阿马里洛铜精炼厂	314
圣·马诺尔铜电解精炼厂	314
犹他铜电解精炼厂	317
巴尔的摩铜电解厂	319
大瀑布铜精炼厂	321
拉里坦铜精炼厂	323
卡洛尔顿铜电解厂	324
埃尔·帕索铜电解精炼厂	327
圣·汉威湿法炼铜厂	328
巴格达德湿法炼铜厂	330
湖岸湿法炼铜厂	331
蓝鸟湿法炼铜厂	332
本森湿法炼铜厂	339
塔克森湿法炼铜厂	340

特温·布特斯湿法炼铜厂	342
巴格达德铜粉厂	345
堪萨斯铜粉厂	349
三十三、墨西哥	351
卡纳内阿铜矿冶联合企业	351
卡里达德铜冶炼厂	352
阿茨卡波特佐哥铜精炼厂	352
康塞普西翁冶炼厂	353
三十四、智利	353
波特雷里略斯炼铜厂	353
卡勒托内斯铜冶炼厂	357
丘基卡马塔炼铜厂	359
安托发加斯塔铜冶炼厂	366
帕波特炼铜厂	369
温塔纳斯铜冶炼厂	372
温塔纳斯铜精炼厂	373
阿吉雷湿法炼铜厂	377
三十五、秘鲁	379
奥罗亚冶炼厂	379
依洛铜冶炼厂	381
依洛铜精炼厂	385
赛罗·维德湿法炼铜厂	385
圣卢西亚冶炼厂	387
三十六、巴西	389
卡拉依巴铜联合企业	389
大洋洲地区	
三十七、澳大利亚	390
芒特·艾萨铜冶炼厂	390
芒特·摩尔根炼铜厂	394
特南特·克里克炼铜厂	395
肯布拉港铜冶炼厂	397
汤斯维尔铜精炼厂	401
拉姆·杨格尔湿法炼铜厂	406
三十八、巴布亚—新几内亚	408
潘圭那湿法炼铜厂	408
附录 世界铜生产厂家表	409

第一章 概 述

铜及其合金(主要是青铜),在文字出现前就为人类所应用。公元前七千到六千多年,在土耳其的安纳托利亚(Anatolia)就出现了铜制品。公元前两千多年,中国已经冶炼并制造出铜和青铜的器皿。

直到十八世纪,世界铜的产量还不多。据统计,1800年国外铜产量只有1.8万多吨,1878年为15万吨,第一次世界大战时为100万吨。近二十年来,铜产量增长较快。1960年为430万吨,1975年为735万吨,1980年为770万吨。但从1978年起,国外粗铜产量的增长速度有明显减慢的趋势。据文献资料的分析,1980~1990年间,粗铜产量每年增长率不超过4%,1900~2000年间每年增长率3.5%。据此推算,以1980年粗铜产量为基础,1990年国外粗铜产量将达到1140万吨,而到2000年约为1610万吨。

1974~1981年间,世界各主要产铜国的粗铜产量见下表。

世界各主要产铜国的粗铜产量

国家或地区	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
亚 洲								
印度	1.10	2.20	2.48	2.35	1.95	2.15	2.85	2.59
伊朗	0.4	0.4	0.4	0.70	0.60	0.07	—	—
日本	95.25	82.15	83.82	91.52	90.59	92.14	92.98	98.01
南朝鲜	1.24	2.03	3.09	3.68	5.49	4.82	6.41	10.12
土耳其	2.96	2.70	2.81	3.17	2.62	2.23	1.59	2.66
非 洲								
津巴布韦	3.00	3.00	2.35	2.80	3.42	3.14	2.67	2.99
阿扎尼亚	17.26	16.68	16.80	18.84	18.94	18.23	18.58	18.54
纳米比亚	4.66	3.64	3.61	5.34	4.59	4.27	4.00	3.97
乌干达	0.89	0.83	0.70	0.83	0.13	—	—	—
扎伊尔	45.40	46.26	40.77	45.07	39.10	37.02	42.57	46.82
赞比亚	70.95	65.90	70.59	65.85	65.39	59.51	60.13	57.16

续表

国家或地区	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
欧 洲								
阿尔巴尼亚	0.74	0.85	0.9	0.90	0.95	0.97	1.05	1.20
奥地利	1.10	1.10	2.07	2.15	1.98	2.18	2.61	2.71
比利时	7.85	4.00	7.20	6.16	5.59	5.54	2.92	6.17
保加利亚	5.50	6.00	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	6.20
捷克斯洛伐克	1.10	1.00	0.90	0.70	0.60	0.70	0.60	0.80
芬兰	4.84	4.62	5.03	6.08	6.29	5.46	4.72	5.40
法国	0.93	0.28	0.22	0.53	0.32	0.50	0.73	0.65
民主德国	1.80	1.65	1.6	1.80	1.70	1.90	1.80	1.60
联邦德国	24.47	22.46	24.45	24.80	22.15	25.07	25.78	25.14
匈牙利	0.10	0.25	0.52	0.38	—	—	—	—
挪威	3.17	2.63	2.39	2.66	2.01	2.73	3.37	3.20
波兰	18.50	23.00	27.00	29.00	32.00	32.00	32.00	28.80
葡萄牙	0.36	0.32	0.28	0.34	0.30	0.55	0.66	0.52
罗马尼亚	4.80	5.00	4.05	4.14	3.89	3.90	4.00	3.80
西班牙	9.90	10.50	11.25	11.75	11.25	10.83	10.31	10.79
瑞典	5.99	5.70	6.20	6.17	6.70	6.45	5.64	7.38
苏联	106.00	110.00	113.00	110.00	117.00	117.00	115.00	116.00
南斯拉夫	12.49	11.91	13.51	10.30	11.70	11.00	10.42	10.24
美 洲								
加拿大	51.56	49.63	48.86	50.03	42.53	38.45	49.27	46.51
美国	149.63	135.76	134.85	134.68	134.26	139.58	105.33	137.76
巴西	0.35	0.17	—	—	—	—	—	—
智利	72.43	72.44	85.63	88.84	92.74	94.69	95.31	95.38
墨西哥	7.12	6.15	8.52	8.75	8.70	8.39	8.57	6.13
秘鲁	17.74	16.13	18.84	32.11	31.90	37.06	34.86	31.50
大 洋 洲								
澳大利亚	19.98	18.26	17.04	17.14	16.78	17.34	17.84	17.85
国外总计	771.56	735.60	767.43	705.26	789.86	791.57	770.2	809.03

由上表可以看出,美国是最大的产铜国,其次是苏联、日本、智利、赞比亚和扎伊尔。

1980年,国外精铜的消耗总量为909万吨,其中美国186.6万吨,占20.5%;苏联130万吨,占14.3%;日本132.6万吨,占14.6%;西德74.78万吨,占8.2%;英国40.92万吨,占4.5%;法国43.34万吨,占4.8%。

目前各种炼铜方法的产铜量比例于下:

冶炼方法	产量比例, %	发展趋势
鼓风炉熔炼	8	下降
反射炉熔炼	52	下降
电炉熔炼	9	稍有增长
闪速炉熔炼	16	迅速发展
顶吹回转炉熔炼	1	新出现
诺兰达法	3	新出现
三菱法	1	新出现
湿 法	10	增长较快

一、火 法 冶 金

1. 熔 炼

1) 鼓风炉熔炼 目前, 国外采用鼓风炉炼铜的工厂已为数不多, 仅在扎伊尔、日本、苏联、挪威、英国和澳大利亚等老厂中使用。然而, 鼓风炉用来处理废杂铜, 特别是黄杂铜, 仍比其它炉子优越。这表现在鼓风炉中铅、锌的脱除率高、设备紧凑、床能力高、生产规模可大可小。例如, 英国的埃尔金顿公司的铜精炼厂和美国金属精炼公司的卡特里特铜厂都采用鼓风炉熔炼杂铜。

2) 反射炉熔炼 目前世界的主要产铜国, 如美国、智利、赞比亚、加拿大、秘鲁和苏联等国的粗铜仍主要是用反射炉生产的。

三十年代前, 由于磨矿和浮选技术水平不高, 难以产出高品位铜精矿, 多数炼铜厂为产出高品位冰铜, 采用了多膛焙烧炉预先将精矿焙烧脱硫, 以减少转炉的负荷。三十年代后, 随着选矿技术的发展, 可产出高品位铜精矿, 而且很多炼铜厂使用了重油或天然气作燃料, 故省去了焙烧工序, 而采用反射炉直接熔炼生精矿。这是当时反射炉熔炼中的一项重大革新。

反射炉直接熔炼生精矿, 省去焙烧工序, 可节省投资10~15%, 同时, 又可降低炉渣含铜, 铜的回收率提高3%左右。

现代反射炉趋向大型化, 长达35~37米, 宽达10~11.5米, 都采用镁砖吊顶, 并配备有大型余热锅炉。反射炉向大型发展, 可降低燃料消耗, 增大处理量。

然而, 反射炉熔炼具有两个难以克服的缺点, 即:

(1) 热的利用率低, 燃料费用高。表1-1-1列出几种炼铜方法的能量消耗比较。

几种主要炼铜法的能量消耗比较 (每吨精矿或海绵铜消耗的能量, 按百万英热单位计) 表 1-1-1

工 序	类 型				
	反射炉熔炼焙砂	反射炉熔炼精矿	闪 速 炉	电 炉	焙烧→浸出→电解沉积
焙 烧	0.52	—	—	—	0.61
干 燥	—	—	0.52	0.52	—
熔 炼	3.20	5.70	1.80	5.52	—
(余热)	(0.96)	(1.45)	(0.81)	(0.29)	—
烟气净化与二 氧化硫回收	1.86	1.62	2.35	2.32	2.26

(2) 烟气中二氧化硫浓度低, 一般为0.5~1.0%。就大型反射炉炼铜厂来说, 要处理这种含二氧化硫低的烟气, 能量消耗大, 设备也十分庞大, 不得不将烟气排入大气, 从而造成严重的环境污染。

为了降低反射炉的能耗, 如南斯拉夫的博尔炼铜厂把焙烧炉建立在反射炉的上方, 使焙烧炉排出的热焙砂经反射炉顶的料仓直接落入反射炉熔池内, 这样既减少了反射炉的能耗, 也减少了输送中焙砂的损失。

反射炉熔炼采用预热空气, 可以提高炉子的床能力, 降低燃料消耗。例如智利帕波特炼铜厂采用金属管式预热器将空气预热到约400℃, 取得了上述效果。

为了解决反射炉的烟害,并降低燃料消耗,日本、智利、美国 and 苏联等国的某些反射炉熔炼都已采用富氧熔炼。日本小名滨铜冶炼厂将反射炉的一半烟气用氢氧化镁吸收,经脱吸后产出浓度为10%的二氧化硫烟气,送去制酸。吸收后尾气可达到排放标准。另一部分烟气用石灰乳吸收。

1982年10月,美国莫伦西铜冶炼厂进行了反射炉喷氧熔炼试验。试验表明,这种新熔炼法不仅减少了二氧化硫的排放,而且也使熔炼的能耗降低一半,产量提高一倍。这样该厂就可用两台喷氧熔炼炉代替原来的五座反射炉,而产量不变,并满足对控制大气污染的要求。由于熔炼中用氧代替燃料油与空气,使进入酸厂前的烟气中二氧化硫稳定在6%,从而也提高了冶炼烟气制酸的经济效益。看来此法是改造现有反射炉的可行途径之一。

纵观反射炉熔炼的发展过程,可以说反射炉熔炼技术已经比较成熟和完善。反射炉作为一种熔炼设备,简易可靠,炉体寿命长,对物料的适应性较大,易于操作,作业率高。所以,反射炉从出现到现在已使用了一百多年,还将会在一些铜厂中继续作为熔炼设备使用。但由于能源的紧张和环境保护要求日益严格,已显示出反射炉熔炼的缺点,预料反射炉熔炼今后不会有很大发展。

3) 电炉熔炼 采用电炉熔炼的厂家多限于电价便宜的国家和地区,如瑞典、挪威等国。挪威的苏利特捷尔马铜冶炼厂是世界上第一个采用电炉熔炼的工厂。

值得提出的是奥地利的布利赫勒格铜厂,将含铜26~31%、硫32~35%的精矿在多膛炉内死烧脱硫,二氧化硫烟气送往制酸,含硫1~1.2%的焙砂在一台3000千伏安的电炉内还原熔炼,直接产出粗铜。每吨焙砂耗电750度。熔炼时控制还原剂用量,使焙砂中残余的硫在电炉内生成一层较薄的白冰铜(品位65%),介于炉渣和粗铜之间,以利于降低渣含铜。该厂这种独特的生产方法解决了二氧化硫烟气的污染问题。

电炉熔炼的投资比反射炉省,烟气量少,且烟气中二氧化硫可达4%左右,能用来生产硫酸,容易控制磁性氧化铁的生成。近几年来,新建和改建的冶炼厂也有采用电炉熔炼的。美国于1972年6月在铜山冶炼厂建成了第一座炼铜电炉,就采用沸腾焙烧—电炉熔炼流程。

美国茵斯皮雷森炼铜厂的反射炉熔炼已改为生精矿电炉熔炼。该厂建了一座51000千伏安的电炉,炉长35.68米,宽10.38米,有6根 ϕ 1780毫米的自焙电极,是目前世界上最大的炼铜电炉。电炉的烟气含 SO_2 约4~6%,与虹吸转炉的烟气混合净化后,含 SO_2 可达7.2%,送去制酸。又如赞比亚的穆富利拉铜冶炼厂,原有三台反射炉,1971年用一台36000千伏安的电炉代替其中两台反射炉。电炉年产铜15万吨。

美国阿纳康达铜冶炼厂由于对环境污染严重,1977年改为沸腾炉焙烧→电炉熔炼→转炉吹炼流程。电炉功率为36000千伏安,熔炼电能消耗为230度/吨炉料。沸腾炉、电炉和转炉的二氧化硫烟气,均用于生产硫酸。

然而,电炉熔炼每吨生精矿要耗电500度左右,而处理一吨焙砂耗电约350度。如果考虑反射炉烟气通过余热锅炉回收一部分热量,则电炉比反射炉的能量消耗还大,这是现代电炉熔炼的重大缺陷。

4) 闪速炉熔炼 1949年,芬兰奥托昆普公司哈里雅伐尔塔炼铜厂由于能源困难,将原有的电炉熔炼改为热风闪速炉熔炼以处理硫化铜精矿,强化了火法熔炼过程。加拿大国际镍公司铜崖冶炼厂于1952年也采用独特的氧气闪速熔炼。这两个厂代表了两种类型的闪

速炉熔炼。

闪速熔炼的实质是将干精矿、熔剂与预热空气或富氧空气一起在精矿喷嘴内充分混合后，高速喷入闪速炉的反应塔内，使物料呈悬浮状态，靠硫和铁的氧化反应产生的热量，在1.5~2秒钟内完成熔化过程。因此闪速炉的熔炼强度很大。

苏联阿尔马累克铜厂1968年将反射炉熔炼改为 INCO 型氧气闪速炉熔炼，其技术经济指标比反射炉熔炼大为改善。

INCO型氧气闪速炉熔炼与芬兰奥托昆普型热风闪速炉熔炼比较见表1-1-2。

两种闪速熔炼比较

表 1-1-2

指 标	单 位	INCO型闪速炉熔炼 (1972年3月资料)	奥托昆普型闪速炉熔炼
床能力	吨炉料/日·米 ²	11.6	8.7
烟尘率(占炉料量的%)	%	2	5~10
烟气中二氧化硫浓度(体积计)	%	80	10~15
烟气量	标米 ³ /吨炉料	175	1100
炉渣含铜	%	0.7	~1.0
辅助设备		制氧厂	空气预热器或热交换器 小型贫化电炉
燃料消耗	公斤/吨炉料	8(油)	55(油)
所需氧量	公斤/吨炉料	200(95%O ₂)	—
炉渣贫化所需电能	度/吨炉料	—	40

奥托昆普型闪速炉熔炼处理一吨固体料需55公斤燃料油，而INCO型闪速炉熔炼需200公斤氧和8公斤燃料油(干料计)。

与传统的反射炉熔炼相比，闪速炉熔炼具有过程强化、生产率高、冰铜品位高、燃料消耗低等特点。烟气含二氧化硫高达10~15%，适于制酸，也可生产液态二氧化硫或元素硫。但闪速炉熔炼要求炉料严格干燥，通常要求炉料含水<0.3%；由于炉内气流速度大，烟尘率较高(约10%)，造成余热锅炉工作条件恶化，也增大了收尘设备的负荷；此外，由于产出高品位冰铜，而且熔炼时产生大量磁性氧化铁，致使渣含铜较高，需另行处理。

尽管闪速熔炼有上述缺点，但它作为一种强化的冶金过程仍然引起了很多国家的注意，尤其是此法能产出高浓度二氧化硫烟气，便于用现行方法经济地回收二氧化硫，从而比较容易地解决二氧化硫污染问题，所以闪速熔炼从六十年代末期起，迅速地为许多国家采用。不仅用于炼铜，也用于炼镍，还用来处理黄铁矿以生产元素硫。

当前闪速炉熔炼发展的趋势是：

(1) 设备大型化和操作自动化。现在最大的闪速炉反应塔直径达7米以上，处理能力达2000吨/日。近几年来，炉子的控制和生产自动化方面取得了很大发展，检测和控制仪表日趋完备，佐贺关和东予等厂已采用电子计算机来控制和指导生产过程。

(2) 强化熔炼过程，提高设备寿命。前已述及，很多厂采用高温富氧空气来强化熔炼过程。通过改进炉体耐火材料并加强冷却、改进冷却部件诸方面的努力，使闪速炉的寿命延长，如日本的闪速炉可达五年以上。

(3) 提高硫的回收率，注意环境保护。现在许多工厂采用双接触法制酸，使尾气中二氧化硫含量降到400ppm以下，硫的回收率可达95%。

此外，芬兰哈里雅伐尔塔厂研究过在闪速炉内直接熔炼粗铜的方法。

5) 氧气顶吹法 1973年4月，铜崖冶炼厂进行了工业规模的氧气顶吹转炉炼铜试验。精矿含Cu30%、Fe29%、S29%。先将部分铜精矿和熔剂装入预热的顶吹转炉内，用天然气和氧混合气体吹炼熔化，待形成适当的熔池后，靠冶炼过程产生的热量来熔炼其后加入的铜精矿和熔剂，最后吹炼产出粗铜。试验结果表明：每台氧气顶吹炉每日可处理200~300吨上述成分的铜精矿，氧的利用率达95%；每吨精矿消耗的天然气少于14 m³；烟气中二氧化硫的浓度至少可达35%；所消耗的氧折算成能量后约为电炉或反射炉所需能量的25%。此法的投资和处理费用都比标准流程低。

1975年，加拿大阿弗顿铜冶炼厂按此法建有一台氧气顶吹转炉，设计能力年产三万吨粗铜。顶吹转炉直径4.3米、长6.4米，可旋转360°，衬里为高温烧结的含MgO60%的铬镁砖。

喷枪为多孔水冷喷枪，通过调节喷枪的氧油比例来控制炉内气氛和熔体温度。炉内物料的运动可通过炉子的转动实现。

瑞典隆斯卡尔炼铜厂，为了处理复杂铜精矿和增加生产能力，1978年建成了一台规格为 $\phi 3.6 \times 6.0$ 米氧气顶吹转炉。该炉设有三个喷嘴，其中两个分别送入精矿(含水0.3%)和熔剂，另一个为氧油喷嘴。炉子一次处理精矿135吨，总共需时12小时。该厂顶吹转炉生产系统已与电炉熔炼流程并行作业。

6) 氧气旋涡电热熔炼法 苏联进行了氧气旋涡电热熔炼法的研究，基于所作的日处理300吨铜铅锌混合精矿的工业试验结果，已建成投产一工厂，其日处理能力为600吨精矿。

将干燥的硫化精矿在旋涡炉内用工业氧气进行闪速熔炼。熔体流入电热部炉膛，在还原气氛中澄清、蒸发锌并分离出炉渣。冰铜定期放出，炉渣含铜较低，可弃去。蒸发的锌或冷凝成液态锌回收或以氧化锌形态回收。

此法适于处理多金属硫化精矿，可同时生产铜、铅、锌、镍、锡及镉等金属。此法有如下优点：

(1) 当精矿中含硫量高于20%时，炉内熔烧—熔炼反应可自热进行，其能耗仅为反射炉的一半。(2) 在自热熔炼情况下，烟气量小，二氧化硫浓度高。(3) 渣含铜低，不需进一步贫化。

然而，此法的严重缺点是炉衬耐火材料腐蚀严重，能耗仍较高，有待改进。

7) 连续炼铜

(1) 诺兰达法 此法于1964年开始试验研究，1968年5月进行了日处理100吨精矿的半工业试验。试验成功后，于1973年投产了一座日处理800吨精矿(年产七万吨精铜)的工厂。

诺兰达法的实质是在圆筒型的炉子中，由硫化精矿一步产出粗铜或高品位冰铜。

诺兰达法的主要设备是一台卧式圆筒型炉子(见图1-1-1)。炉子的一端的炉膛升高，中部有一个池状的低凹处。沿炉子的熔炼和吹炼区，设有一排风眼，炉子两端都有烧嘴，烟气由铜液池上部的炉口排入烟罩。

制粒精矿和熔剂从炉子的给料端用链式给料机加入炉内，从风口鼓入空气或富氧，使熔池保持高端动状态，造成非常有效的热传递物质传递放热的吹炼反应，为熔炼提供了部

分热量。物料经熔化、造渣并吹炼成粗铜后，炉渣、冰铜和粗铜同向流入铜液池，在此沉淀和分离。该法可产出含Cu97.5%的粗铜，也可产出白冰铜。

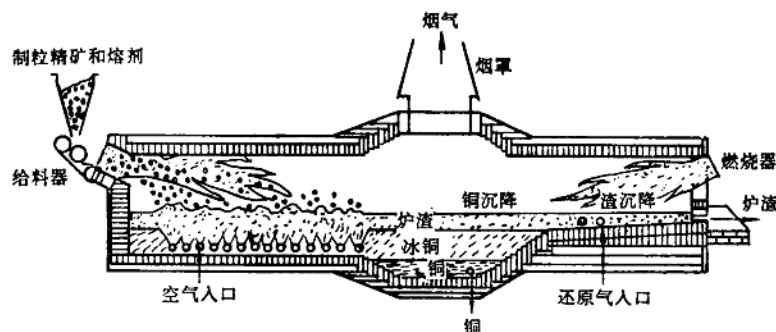


图 1-1-1 诺兰达炉示意图

诺兰达法的优点是：(i) 单位处理量高，用富氧生产白冰铜时为6.41吨精矿/日·米³，比闪速炉高一倍；(ii) 可处理含水8~10%的精矿；(iii) 烟尘率较低，约5%左右；(iv) 烟气中二氧化硫浓度高，用富氧空气时可达10%；(v) 操作简单。

此法的缺点是：(i) 炉内炉渣和金属顺流接触，不利于降低渣含铜。同时，因炉内氧势大，炉渣氧化程度高，因而炉渣含四氧化三铁高。生产粗铜时，炉渣含Fe₃O₄ 20~30%，生产白冰铜时为15~25%，因而使渣含铜升高。虽然在炉渣沉淀区鼓入还原性气体，但排出的渣含铜仍然高，铜的直接回收率低。渣中的铜一半为金属铜，一半为硫化物；(ii) 由于四氧化三铁大量生成，须提高炉温以保持渣的流动性，而高温又加剧了炉衬耐火材料的腐蚀，炉子寿命缩短；(iii) 粗铜含硫达2%，仍需吹炼。

美国新改建的犹他铜冶炼厂引进了三台诺兰达炉，采用富氧鼓风生产白冰铜，该厂已于1978年秋季投产。

(2) 三菱法 日本三菱金属公司于1961年开始研究连续炼铜，1969年建了一座月产粗铜500吨的小型试验厂，于1971年11月建成了一座月产1500吨粗铜的半工业试验厂，1974年3月在直岛厂将此法正式用于工业生产。图1-1-2为三菱法设备示意图。

此法实际上是用一台熔炼炉、一台吹炼炉和一台炉渣贫化炉分别连续地完成熔炼、吹炼和炉渣贫化作业。精矿、熔剂和富氧空气利用喷枪连续从顶部喷入熔炼炉的熔池内，产生的冰铜和炉渣连续地流入贫化炉，在此加入黄铁矿进行贫化。贫化后炉渣平均含铜约0.4%，连续地从炉内放出，水碎后弃去。废渣中铜的损失量约占入炉精矿中铜含量的2%。贫化炉内的冰铜连续流进吹炼炉内，用空气喷枪吹炼成粗铜，粗铜连续从吹炼炉流出。吹炼炉的炉渣含Cu7~15%，返回熔炼炉。粗铜含Cu98~99%，含S0.4~0.8%。当采用含氧25%的富氧空气熔炼时，烟气含SO₂达10%。

此法的优点为：(i) 由于采用喷枪将精矿和熔剂喷入炉内，能有效地利用反应热熔化物料；由于熔体激烈翻动，物料与熔池之间质交换好，所以熔炼速度约为反射炉的6倍，为闪速炉的2倍，生产率大为提高；(ii) 烟气含二氧化硫高，便于回收，减少了对大气的污染；(iii) 充分利用了反应热和中间产品的热量，总能耗低；(iv) 配置紧凑，厂房小，投资省；(v) 渣含铜低。

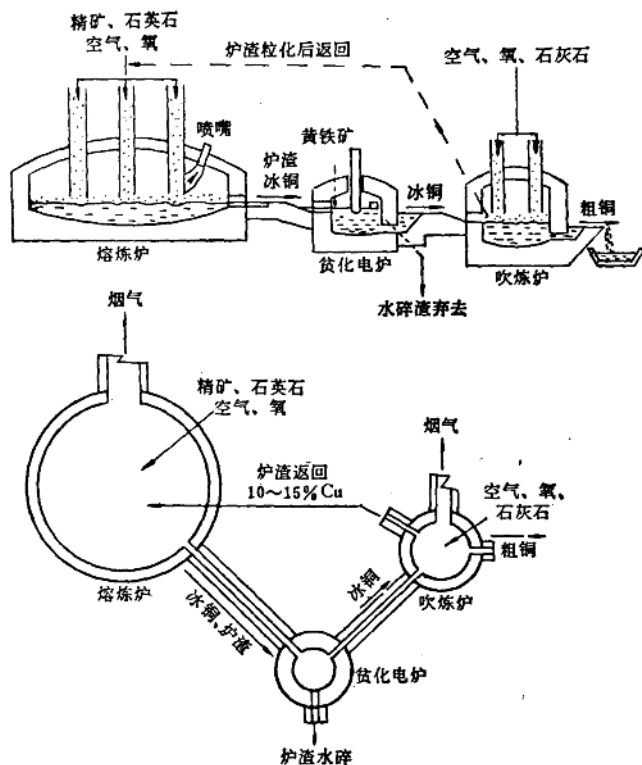


图 1-1-2 三菱法设备示意图

此法不同于诺兰达法及其他各种连续炼铜法，其特点是两台固定顶吹炉同一台炉渣贫化炉巧妙组合。熔炼、吹炼、炉渣贫化分别在单独炉内进行，每一过程的条件容易准确控制，从而允许熔炼时采用较低的氧势，而吹炼时则可采用较高的氧势，以利于降低渣中含铜量。

此法存在的问题是：(i) 三台炉子彼此相连，互相制约，设备不便灵活控制，如果失调易产生混乱；(ii) 炉子腐蚀严重，耐火材料消耗大；(iii) 喷枪插入炉内，接近熔池，易于损耗。为减少喷枪损耗需用空气冷却，又使得采用预热空气困难；(iv) 粗铜含硫0.4~0.8%，虽比其他连续炼铜法低，但仍需火法精炼。

直岛铜冶炼厂迫于环境保护的要求，于1974年3月建成了世界上第一个三菱法工业系统。

加拿大梯敏斯铜厂考虑了环境保护、劳力消耗、基建投资等因素，最后决定引进日本三菱法。

(3) 沃克拉法 此法于1963年开始研究，1968年7月在肯布拉港铜冶炼厂进行了规模为100~140吨精矿/日的半工业试验。此法的特点是：(i) 熔烧、熔炼、吹炼及炉渣贫化等工序都在一个炉内完成（见图1-1-3），反应热得到了充分利用；(ii) 采用喷枪加料，