

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51412 – 2020

锡冶炼厂工艺设计标准

Standard for design of tin smelter processes

2020 – 01 – 16 发布

2020 – 08 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
国家市场监督管理总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

锡冶炼厂工艺设计标准

Standard for design of tin smelter processes

GB 51412 - 2020

主编部门：中国有色金属工业协会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 2 0 年 8 月 1 日

2020 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2020 年 第 44 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《锡冶炼厂工艺设计标准》的公告

现批准《锡冶炼厂工艺设计标准》为国家标准,编号为 GB 51412—2020,自 2020 年 8 月 1 日起实施。其中,第 3.0.11、3.0.14、3.0.15、3.0.16、7.1.8、8.0.15、9.2.11(3、4)、12.4.4(1)、12.4.6、12.5.2 条(款)为强制性条文,必须严格执行。

本标准在住房和城乡建设部门户网站(www.mohurd.gov.cn)公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2020 年 1 月 16 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2014 年工程建设标准规范制订修订计划〉的通知》(建标〔2013〕169 号)的要求,编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:总则,术语,基本规定,原料、辅助原材料、燃料,物料准备,炼前处理,还原熔炼,烟化炉硫化挥发法,锡精炼,中间产物处理,再生锡回收,总平面及车间配置,冶金计算,辅助生产设施。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国有色金属工业工程建设标准规范管理处负责日常管理工作,由昆明有色冶金设计研究院股份公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送昆明有色冶金设计研究院股份公司(地址:云南省昆明市五华区小康大道 399 号,邮编:650224)。

本标准主编单位:中国有色工程有限公司

昆明有色冶金设计研究院股份公司

本标准参编单位:中国恩菲工程技术有限公司

长沙有色冶金设计研究院有限公司

昆明理工大学

广西华锡集团股份有限公司

本标准主要起草人员:姜 华 张志凌 邓兆磊 舒见义

王文禧 杨 斌 陈光耀 郑继勇

陈 霞 刘大春 陈阜东 汤裕源

许 良 吴艳平 朱素梅

本标准主要审查人员：段之杰 雷 霆 宋兴诚 林晓芳
陶政修 何醒民 彭 兵 王 云
杨大锦 何蔼平

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(4)
4	原料、辅助原材料、燃料	(6)
4.1	含锡原料	(6)
4.2	辅助原材料	(6)
4.3	燃料	(7)
5	物料准备	(8)
5.1	物料贮存	(8)
5.2	配料与混合	(9)
6	炼前处理	(10)
6.1	一般规定	(10)
6.2	流态化焙烧	(10)
6.3	回转窑焙烧	(11)
7	还原熔炼	(14)
7.1	顶吹熔池熔炼	(14)
7.2	电炉熔炼	(15)
8	烟化炉硫化挥发法	(17)
9	锡精炼	(19)
9.1	一般规定	(19)
9.2	火法精炼	(19)
9.3	电解精炼	(21)
9.4	高纯锡生产	(23)
10	中间产物处理	(24)

11	再生锡回收	(25)
12	总平面及车间配置	(27)
12.1	一般规定	(27)
12.2	贮矿及配料	(28)
12.3	炼前处理	(28)
12.4	还原熔炼	(29)
12.5	火法精炼	(30)
12.6	电解精炼	(31)
13	冶金计算	(32)
14	辅助生产设施	(33)
	本标准用词说明	(34)
	引用标准名录	(35)
	附:条文说明	(37)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(4)
4	Raw materials, auxiliary materials, fuel	(6)
4.1	Tin bearing raw materials	(6)
4.2	Auxiliary materials	(6)
4.3	Fuel	(7)
5	Storage and preparation of materials	(8)
5.1	Material storage	(8)
5.2	Burdening and mixing	(9)
6	Pretreatment before smelting	(10)
6.1	General requirements	(10)
6.2	Fluid bed roasting	(10)
6.3	Rotary kiln roasting	(11)
7	Reduction smelting	(14)
7.1	Top-submerged lance smelting furnace	(14)
7.2	Electric furnace smelting	(15)
8	Fuming furnace sulphurizing volatilization process	(17)
9	Crude tin-refining	(19)
9.1	General requirements	(19)
9.2	Pyro-refining	(19)
9.3	Electro-refining	(21)
9.4	High purity tin producing	(23)
10	Intermediate products treatment	(24)

11	Tin recovery from other matirals	(25)
12	General layout and plant arrangement	(27)
12.1	General requirements	(27)
12.2	Material storage and burdening	(28)
12.3	Pretreatment before smelting	(28)
12.4	Reduction smelting	(29)
12.5	Pyro-refining	(30)
12.6	Electrorefining	(31)
13	Metallurgical balance	(32)
14	Auxiliary facilites	(33)
	Explanation of wording in this standard	(34)
	List of quoted standards	(35)
	Addition:Explanation of provisions	(37)

1 总 则

1.0.1 为了规范锡冶炼厂工艺设计,做到工艺先进、节能减排、环境友好、循环经济、清洁绿色、安全生产,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建和改建锡冶炼厂的工艺设计。

1.0.3 锡冶炼厂的工艺设计除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 配料 burdening

将冶炼需要的各种物料按一定重量比配合的过程。

2.0.2 炼前处理 pretreatment for smelting

含锡物料还原熔炼前的处理,以降低原料中的砷、硫、铁、铋、钨等杂质含量。

2.0.3 焙烧 roasting

在低于物料熔化温度下完成某种化学反应的火法冶炼过程。

2.0.4 流态化焙烧 fluid bed roasting

精矿颗粒受自下而上的气流作用,在浮动状态下进行焙烧的过程,也称沸腾焙烧。

2.0.5 回转窑焙烧 rotary kiln roasting

物料在回转窑内焙烧的过程。

2.0.6 熔炼 smelting

熔化物料发生一定的物理化学变化,使有价金属与杂质组分分离,产出粗锡或金属富集物及炉渣的过程。

2.0.7 还原熔炼 reduction smelting

在还原气氛下进行熔炼的方法。

2.0.8 顶吹熔池熔炼 top submerged lance furnace

顶部设有浸没式喷枪,原料、熔剂和还原煤由加料口装入炉内,空气或富氧空气和燃料通过喷枪鼓入熔池,在熔池中完成固、液、气相间的反应,经熔炼产出粗锡的过程。

2.0.9 烟化炉硫化挥发法 fuming furnace sulphurizing volatilization process

用硫化剂使熔融锡炉渣、富锡中矿、返料等中的某些金属或金

属氧化物生成易挥发的硫化物,挥发后再氧化成氧化物的过程。

2.0.10 火法精炼 pyro-refining

在熔融条件下,脱除粗金属中杂质的精炼方法。

2.0.11 电热机械连续结晶机 electric heating mechanical crystallier

控制一定温度梯度,使粗金属或合金熔体反复熔析、结晶、连续分离金属的精炼设备。

2.0.12 电解精炼 electrorefining

以粗金属为阳极,金属盐水溶液为电解质,通过电化学作用,使粗金属溶解,在阴极上析出纯度更高金属的方法。

3 基本规定

3.0.1 锡冶炼厂工艺设计应具备下列资料：

- 1 锡精矿、锡中矿等原料供应资料；
- 2 危险废物外销协议；
- 3 项目的供电、供水资料；
- 4 能源评估报告及批复；
- 5 环境影响预评价报告书及批复；
- 6 安全预评价报告书及批复；
- 7 职业病危害预评价报告书及批复；
- 8 项目场地工程地质勘察报告；
- 9 项目场地地形图。

3.0.2 锡冶炼厂工艺设计方案应根据厂址、原料性质、规模、产品方案、国内外工艺现状等因素，经综合比选论证后确定。

3.0.3 新建锡冶炼厂址选择，应在国家法律、法规、行政规章及规划允许区域内经多方案比较确定，应节约使用建设用地。

3.0.4 锡冶炼厂建设规模应符合国家相关锡冶炼行业规范条件的规定。

3.0.5 锡冶炼厂工艺技术及装备应符合下列规定：

- 1 锡精矿还原熔炼宜采用富氧顶吹熔池熔炼等强化熔炼工艺，也可采用电炉熔炼工艺；
- 2 富锡渣和富锡中矿处理应采用烟化炉硫化挥发工艺；
- 3 甲锡火法精炼应采用沉没式离心分离机、自动控温电热机械连续结晶机和真空蒸馏炉等先进工艺设备。

3.0.6 锡冶炼主要设备的选用应符合下列规定：

- 1 宜采用机电一体化定型产品；

- 2 特种设备必须由有相关资质的单位进行设计、制造及安装。
- 3.0.7 锡冶炼有价元素应进行回收和资源综合利用。
- 3.0.8 锡金属综合回收率不应小于 98%。
- 3.0.9 锡冶炼单位产品综合能耗不应大于 1600kgce/t。
- 3.0.10 生产过程中的原料、辅助原材料、中间物料及能源等应设有计量设施。
- 3.0.11 顶吹熔池熔炼炉和烟化炉的冶炼烟气必须设置余热回收装置;顶吹熔池熔炼炉、烟化炉、炼前处理的焙烧炉窑等冶炼烟气必须设置收尘、脱硫设施,冶炼烟气必须达标后排放。
- 3.0.12 锡冶炼厂应配备废水处理设施,处理后的废水应循环使用。水重复利用率应达到 80%及以上。
- 3.0.13 烟化炉产出的水碎渣可作为水泥等建筑材料掺和料。
- 3.0.14 环保、消防、职业卫生及安全设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。
- 3.0.15 吊运熔融金属的起重机必须满足特种设备安全监察的规定。
- 3.0.16 冶金炉炉体冷却元件供水严禁中断、水压必须稳定,冷却水必须使用硬度低的净化水。
- 3.0.17 粉煤的制备、贮存、防火防爆设计应符合国家现行标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058、《有色金属工程设计防火规范》GB 50630、《火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程》DL/T 5203 和《煤粉生产防爆安全技术规范》MT/T 714 等的有关规定。

4 原料、辅助原材料、燃料

4.1 含锡原料

4.1.1 锡精矿质量应符合国家现行标准《锡精矿》YS/T 339、《重金属精矿产品中有害元素的限量规范》GB 20424 和《有色金属矿产品的天然放射性限值》GB 20664 的有关规定。

4.1.2 锡精矿及锡中矿中水分不宜高于 10%；在寒冷地区采暖期内，锡精矿及锡中矿中水分不宜高于 8%。

4.2 辅助原材料

4.2.1 熔剂应符合下列规定：

1 硅石应符合现行行业标准《硅石》YB/T 5268 的有关规定；

2 石灰石应符合现行行业标准《冶金用石灰石》YB/T 5279 的有关规定；

3 熔剂的粒度宜符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 熔剂的粒度(mm)

工 序	硅 石	石 灰 石
顶吹熔池熔炼炉熔炼	5~15	5~15
电炉熔炼	<6	10~15

4.2.2 硫铁矿应符合现行行业标准《硫铁矿和硫精矿》HG/T 2786 的有关规定。

4.2.3 化学品应符合下列规定：

1 盐酸应符合现行国家标准《工业用合成盐酸》GB 320 的有关规定；

2 硫磺应符合现行国家标准《工业硫磺 第 1 部分：固体产

品》GB/T 2449.1 的有关规定。

4.2.4 还原剂焦炭质量应符合现行国家标准《冶金焦炭》GB/T 1996 的有关规定。

4.3 燃 料

4.3.1 原煤灰分宜小于 16%，低发热值宜大于 25MJ/kg。

4.3.2 粉煤的质量指标宜符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 粉煤的质量指标

挥发分 (%)	灰分 (%)	灰分熔点 (℃)	水分 (%)	低发热值 (MJ/kg)	粒度 ($<74\mu\text{m}$)(%)
15.0~25.0	<20.0	>1200	<1.5	>25	80~85

4.3.3 燃气的低发热值宜符合下列规定：

- 1 发生炉净化冷煤气不宜小于 5.23MJ/Nm³；
- 2 天然气不宜小于 31.40MJ/Nm³；
- 3 液化石油气不宜小于 46.00MJ/Nm³。

4.3.4 液体燃料的低发热值宜符合下列规定：

- 1 重油低发热值不宜小于 42MJ/kg；
- 2 柴油低发热值不宜小于 46MJ/kg。

5 物料准备

5.1 物料贮存

5.1.1 含锡物料的贮存应符合下列规定：

- 1 锡精矿、锡中矿宜贮存 15d~30d 用量，北方高寒地区可贮存 60d 用量；
- 2 冶炼过程中返回的含锡物料宜贮存 7d~10d 用量；
- 3 含锡物料应贮存于有屋盖的厂房内；
- 4 含锡物料宜采用半地下式矿仓分格贮存；半地下矿仓应设置防水、排水设施，矿仓深度宜为 3m~4m；
- 5 含锡物料贮存应配置承担装卸料、倒堆、混料、运送等作业的设施；当采用桥式抓斗起重机时，宜设置 1 台备用；
- 6 位于寒冷地区的锡冶炼厂，含锡物料贮存矿仓应设置采暖、防冻和解冻设施。

5.1.2 燃料贮存应符合下列规定：

- 1 燃料宜贮存大于 30d 的用量；
- 2 固体燃料应贮存于有屋盖的厂房内；
- 3 固体燃料宜采用半地下式料仓分格贮存；半地下料仓应设置防水、排水设施，料仓深度宜为 2m~3m；
- 4 烟煤堆高不应大于 3.5m，褐煤堆高不应大于 2.5m；
- 5 重油、柴油等液体燃料贮存罐不宜少于 2 个。

5.1.3 辅助原材料的贮存应符合下列规定：

- 1 粉状物料应贮存于有屋盖的厂房内，并应设置抑尘设施，贮存时间宜为 20d~30d；
- 2 当粉状物料贮存量大于 100m³ 时，宜采用半地下式矿仓分格贮存，半地下矿仓应设置防水、排水设施；

3 块状物料可贮存于露天堆场,贮存时间宜为 20d~30d。

5.1.4 化学品贮存时间宜为 30d~60d,并应符合现行国家标准《常用化学危险品贮存通则》GB 15603 和国家关于危险化学品安全管理的有关规定。

5.1.5 耐火材料的贮存应符合下列规定:

1 贮存仓库宜配置砖加工及粉料加工设备,并应设置通风除尘设施;

2 耐火材料应贮存于有屋盖的厂房内;

3 耐火材料宜贮存 3 个月~6 个月的中、小修计划用量;

4 仓库内耐火砖堆放高度不宜高于 2m,堆与堆之间应留出装卸小车的运行通道;

5 厂房应设置防雨、防潮、排尘、通风设施,并应设置起重、装卸、运输设备。

5.1.6 锡冶炼厂各种物料贮存仓库宜留有发展可能。

5.2 配料与混合

5.2.1 配料宜采用精准配料工艺,配料宜采用仓式配料,也可采用堆式配料;配料堆场应设置在室内,并应设置硬化地面。

5.2.2 锡精矿配料仓宜贮存 6h~8h 用量,熔剂配料仓宜贮存 24h 用量。

5.2.3 精矿配料仓和黏性较高的煤配料仓宜采用圆形钢板仓,仓内壁宜设置耐磨高分子材料或不锈钢板内衬,宜采用减压式料仓,锥体部仓壁倾斜度宜取 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$,并宜安装破拱装置。

5.2.4 配料仓下面应设置给料设备和称量设备。

5.2.5 配料仓进出料处宜设置通风、除尘装置,配料仓应设置料位测量装置或重量传感器和报警装置。

5.2.6 仓式配料宜采用计算机在线控制,配料控制偏差值应小于 2%。

5.2.7 配料后的物料应均匀混合,电炉、顶吹熔池熔炼炉入炉烟尘应进行制粒后再入炉。

6 炼前处理

6.1 一般规定

6.1.1 符合下列情况之一的锡精矿,宜进行炼前处理,经过除硫、除砷处理后,再进行还原熔炼:

- 1 硫和砷含量大于 1.2%;
- 2 硫含量大于 0.8%;
- 3 砷含量大于 0.5%。

6.1.2 锡精矿炼前处理工艺宜采用流态化焙烧工艺,也可采用回转窑焙烧工艺。

6.1.3 焙烧产生的烟尘应进行回收和综合利用。

6.2 流态化焙烧

6.2.1 流态化焙烧炉炉床面积不宜小于 5m^2 。

6.2.2 流态化焙烧年工作日不应小于 300d。

6.2.3 流态化焙烧的给料应符合下列规定:

1 锡精矿的平均粒度宜为 0.1mm,粒度大于 0.074mm 的比例应大于 85%,最大粒度不应大于 5mm,粒度大于 5mm 的精矿锡应进行破碎;

2 入炉锡精矿的水分含量宜为 7%~10%;

3 细煤配入量与锡精矿中硫含量总和宜为料重的 10%。

6.2.4 流态化焙烧气氛应为弱氧化气氛,空气过剩系数宜为 1.05~1.20。

6.2.5 流态化焙烧炉入炉风压宜为 8kPa~18kPa,单位炉床面积鼓风量宜为 $260\text{Nm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})\sim 500\text{Nm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

6.2.6 流态化焙烧炉炉床能力宜为 $10\text{t}/(\text{m}^2\cdot\text{d})\sim 16\text{t}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

6.2.7 流态化焙烧入炉物料宜设置炉前料仓,宜贮存 4h 用量,贮仓锥体部分仓壁倾斜度宜为 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$;宜设置破拱装置、给料装置、称量装置和混料装置等。给料量偏差不应大于 1%。

6.2.8 焙砂冷却宜采用高效内冷式圆筒冷却机,焙砂运输应采用密封性能良好的输送工艺和设备。

6.2.9 处理锡精矿或 5 : 1 比例的锡精矿与砷铁渣等混合料的焙烧产物应符合下列规定:

- 1 焙砂中硫含量不应大于 0.8%;
- 2 焙砂中砷含量不应大于 0.5%;
- 3 焙烧烟尘率宜为 10%~15%。

6.2.10 流态化焙烧技术参数应符合下列规定:

- 1 焙烧温度宜为 $850^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$;
- 2 流态化层高度宜为 0.5m~0.7m;
- 3 直线速度宜为 0.4m/s~0.7m/s;
- 4 物料在炉内的停留时间宜为 2.0h ~2.5h;
- 5 炉顶烟气出口压力宜为 $-20\text{Pa}\sim 0\text{Pa}$ 。

6.2.11 流态化焙烧主要技术经济指标应符合下列规定:

- 1 脱硫率不宜小于 84%;
- 2 脱砷率不宜小于 75%;
- 3 锡回收率不应小于 99.5%。

6.3 回转窑焙烧

6.3.1 回转窑焙烧宜处理下列物料:

- 1 硫和砷含量高的锡精矿;
- 2 火法精炼过程产出的炭渣、硫渣及熔析渣等;
- 3 锡钨混合矿;
- 4 粒度过细的锡精矿。

6.3.2 当锡精矿硫和砷含量不大于 4%时,宜采用氧化还原焙烧工艺;当锡精矿硫和砷含量大于 4%时,宜采用二次焙烧工艺,第

一次宜采用氧化焙烧,第二次宜采用氧化还原焙烧;锡钨混合矿宜采用回转窑苏打焙烧—浸出工艺。

6.3.3 回转窑焙烧年工作日应为 250d~280d。

6.3.4 当回转窑焙烧处理锡精矿时,单位生产能力宜为 $1.3\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \sim 1.6\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

6.3.5 回转窑焙烧所用燃料宜采用天然气或发生炉煤气。

6.3.6 回转窑焙烧给料应符合下列规定:

1 当锡精矿中粒度大于 0.074mm 的比例大于或等于 70% 时,锡精矿宜直接入窑焙烧;当锡精矿中粒度大于 0.074mm 的比例小于 70% 时,宜先制粒后再入窑焙烧;苏打焙烧入窑焙砂应细磨到粒度不大于 0.2mm;

2 当焙烧锡钨混合矿时,苏打加入量宜为三氧化钨含量的 1.8 倍~2.5 倍。

6.3.7 回转窑宜为直筒型,长径比宜为 10.0~16.7,物料流向宜与烟气流向逆向。

6.3.8 回转窑焙烧进料中间仓宜贮存 10h 用量,贮仓锥体部分仓壁倾斜度宜为 $60^\circ \sim 70^\circ$,宜设置破拱装置,给料量偏差不应大于 1%。

6.3.9 焙砂冷却宜采用高效内冷式圆筒冷却机,焙砂运输应采用密封性能好的输送工艺和设备。

6.3.10 回转窑焙烧产物应符合下列规定:

1 焙砂中硫含量不应大于 0.8%,砷含量不应大于 0.5%;

2 回转窑焙烧烟尘率宜为 4%~6%。

6.3.11 回转窑焙烧技术参数应符合下列规定:

1 焙烧温度宜为 $900^\circ\text{C} \sim 960^\circ\text{C}$;

2 出窑烟气温度宜为 $350^\circ\text{C} \sim 450^\circ\text{C}$;

3 烟气出口压力宜为 $-30\text{Pa} \sim -10\text{Pa}$ 。

6.3.12 回转窑焙烧主要技术经济指标应符合下列规定:

1 焙砂产出率不宜小于 90%;

- 2 脱砷率不宜小于 83%；
- 3 脱硫率不宜小于 77%；
- 4 锡回收率不应小于 99.5%；
- 5 还原煤用量宜为 2%~5%。

7 还原熔炼

7.1 顶吹熔池熔炼

- 7.1.1 顶吹熔池熔炼年工作日不应小于 300d。
- 7.1.2 顶吹熔池熔炼应采用熔炼、还原和放渣周期性间断作业，并宜采用多次放锡、一次放渣的操作方式。
- 7.1.3 顶吹熔池熔炼炉顶加料口、喷枪口、备用燃烧器口和取样口应设置密封装置。
- 7.1.4 顶吹熔池熔炼炉的入炉物料应符合下列规定：
 - 1 含锡原料锡含量不宜小于 40%，水分含量宜为 6%~10%；
 - 2 硅石和石灰石粒度宜为 5mm~15mm，碎煤粒度宜为 10mm~20mm；
 - 3 炉料应经混合、制粒后入炉；
 - 4 配料称量偏差宜小于 0.5%。
- 7.1.5 顶吹熔池熔炼炉的燃料及供风系统应符合下列规定：
 - 1 燃料宜采用粉煤、柴油或天然气；
 - 2 熔炼喷吹粉煤宜采用仓式泵定量稀相气体输送装置；
 - 3 计量仪表精度应为 $\pm 1\%$ ；
 - 4 保温烧嘴使用的燃料宜为柴油或天然气；
 - 5 供风系统应设置风压恒定和风量调节装置；
 - 6 当采用富氧熔炼时，富氧浓度宜为 25%~45%。
- 7.1.6 顶吹熔池熔炼炉的产物应符合下列规定：
 - 1 粗锡含锡量不宜小于 92%；
 - 2 炉渣含锡量宜为 3%~5%；
 - 3 炉渣硅酸度宜为 1.0~1.2。
- 7.1.7 顶吹熔池熔炼炉的主要技术经济指标应符合下列规定：

1 空气熔炼炉床能力应大于 $18.0\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,富氧熔炼炉床能力应大于 $21.6\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;

2 空气熔炼烟尘率宜小于 30%,富氧熔炼烟尘率宜小于 20%;

3 锡综合回收率不应小于 99.2%。

7.1.8 顶吹熔池还原熔炼安全及预防设施必须符合下列规定:

1 喷枪必须设置紧急提升装置,提升装置必须设置双电源或直流电源供电系统;

2 喷枪紧急提升装置、喷枪供风调节系统必须与給料输送系统连锁;

3 顶吹熔池还原熔炼必须采用泡沫渣控制技术及预防措施。

7.2 电 炉 熔 炼

7.2.1 电炉熔炼宜处理含锡量大于 50%的含锡烟尘或高硅低铁难熔锡精矿。

7.2.2 当电炉处理含锡二次资源时,单台电炉功率不应小于 $800\text{kV} \cdot \text{A}$ 。

7.2.3 当电炉处理锡精矿时,铁含量宜小于 5%,水分含量应小于 3%,粉料应经制粒、干燥后入炉,粒度宜为 $10\text{mm} \sim 20\text{mm}$ 。

7.2.4 电炉熔炼年工作日不应小于 280d。

7.2.5 电炉宜采用多次进料、多次放锡和一次放渣的周期性间断作业。

7.2.6 在电炉电极孔、加料口应设置密闭设施。

7.2.7 在电炉加料平台应设置一氧化碳浓度检测报警系统。

7.2.8 电炉烟气应经二次燃烧后送收尘系统。

7.2.9 电炉熔炼的还原剂宜采用焦炭或无烟煤,水分含量宜小于 2%,粒度宜为 $5\text{mm} \sim 15\text{mm}$ 。

7.2.10 电炉变压器宜分档设置二次侧电压档。

7.2.11 电炉熔炼的作业温度宜为 $1250^{\circ}\text{C} \sim 1400^{\circ}\text{C}$;当处理含钨

等难熔锡物料时,电炉熔炼可提高熔炼温度。

7.2.12 电炉熔炼的主要技术经济指标应符合下列规定:

- 1 乙锡的产出率不宜大于 20%;
- 2 炉渣含锡量宜为 3%~5%;
- 3 烟尘率不应大于 3%;
- 4 每吨物料的冶炼电耗不应大于 1100kW·h;
- 5 炉床能力不应小于 2t 料/(m²·d);
- 6 锡综合回收率不应小于 99.2%;
- 7 炉床面积功率密度宜为 200kV·A/m²~300kV·A/m²。

8 烟化炉硫化挥发法

8.0.1 烟化炉硫化挥发工艺宜处理下列物料:

- 1 还原熔炼的锡炉渣;
- 2 富锡中矿;
- 3 低品位精矿;
- 4 冷态低锡返料;
- 5 高硫冷态低锡物料。

8.0.2 烟化炉硫化挥发年工作日不应小于 300d。

8.0.3 烟化炉硫化挥发给料应符合下列规定:

1 熔融富锡渣、富锡中矿和冷态低锡物料宜直接入烟化炉处理;富锡中矿及冷态低锡物料宜采用定量给料方式,在熔化阶段均匀连续加入,冷态低锡物料计量偏差应小于 1%;

2 烟化炉硫化挥发所采用的硫化剂应为硫精矿或黄铁矿,硫化剂宜分批次定量加入,硫化剂加入量宜按硫锡比(S/Sn)0.4~0.6 确定;

3 物料及硫化剂水分含量宜小于 10%。

8.0.4 烟化炉硫化挥发燃料及供风系统应符合下列规定:

1 燃料宜采用粉煤;烟化炉喷粉煤宜采用仓式泵定量稀相气体输送装置,粉煤计量偏差应小于 1%;

2 燃料率宜为 24%~30%;

3 烟化炉入炉一次风压宜为 60kPa~70kPa,二次风压宜为 90kPa~110kPa;

4 烟化炉单位炉床面积鼓风量宜为 $20\text{Nm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 30\text{Nm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,风嘴鼓风强度宜为 $0.7\text{Nm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{min}) \sim 0.9\text{Nm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$;

5 烟化炉熔化阶段空气过剩系数宜为 1.0~1.1,硫化挥发阶段空气过剩系数宜为 0.75~0.90;

6 当采用富氧烟化时,宜在熔化阶段使用富氧空气,富氧浓度宜为 25%~50%。

8.0.5 烟化炉硫化挥发产物应符合下列规定:

- 1 烟尘含锡量应大于 40%;
- 2 弃渣含锡量宜为 0.1%~0.3%。

8.0.6 当烟化炉单独处理熔融渣时,宜分为硫化挥发、放渣 2 个阶段;当烟化炉处理冷热混合物料时,宜分为熔化、硫化挥发和放渣 3 个阶段。

8.0.7 烟化炉宜采用汽化水套冷却内壁挂渣的形式,汽化水套的冷却水应为软化水。

8.0.8 烟化炉的三次风宜采用强制鼓风方式。

8.0.9 在烟化炉进料口、放渣口应设置环保通风装置。

8.0.10 在烟化炉放渣口宜设置机械堵口装置。

8.0.11 烟化炉冲渣水水压宜为 0.3MPa~0.4MPa,水渣质量比不应小于 8。

8.0.12 烟化炉炉床面积不应小于 4m²。

8.0.13 烟化炉锡的挥发率不应小于 95%。

8.0.14 烟化炉硫化挥发的炉床能力应符合下列规定:

- 1 处理熔融锡渣时,宜为 23t/(m²·d)~26t/(m²·d);
- 2 处理一半熔融渣、一半冷料时,不宜小于 20t/(m²·d);
- 3 处理全冷料时,宜为 16t/(m²·d)~18t/(m²·d)。

8.0.15 烟化炉粉煤喷吹系统,粉煤输送必须恒定;当停止喷吹时,必须先停止粉煤给料,等粉煤管道中的粉煤全部喷入烟化炉后,再停止风量供给。

9 锡 精 炼

9.1 一 般 规 定

- 9.1.1 粗锡宜采用火法精炼工艺,含铋及贵金属较高的粗锡宜采用电解精炼工艺。
- 9.1.2 锡精炼产出的精锡含锡量不应小于 99.9%。
- 9.1.3 锡精炼中间产品应进一步处理。

9.2 火 法 精 炼

- 9.2.1 粗锡火法精炼宜采用熔析或凝析除铁砷—加硫除铜—加铝除砷锑—连续结晶分离铅铋工艺,锡铅粗合金宜采用真空蒸馏工艺。
- 9.2.2 火法精炼设备宜采用沉没式离心分离机、自动控温电热机械连续结晶机和真空蒸馏炉。
- 9.2.3 精炼锅应设置冷却降温设施,宜设置机械搅拌装置。
- 9.2.4 精炼锅燃料宜采用天然气或煤气。
- 9.2.5 精炼除杂剂宜采用锯木屑、硫磺、铝粒、氯化铵等,除杂剂应按比例投入。
- 9.2.6 精炼锅应设置烟气捕集及收尘装置,离心机、结晶机、产品熔化锅宜设置烟气捕集及收尘装置。
- 9.2.7 当采用火法精炼工艺时,锡的回收率不应小于 99.6%。
- 9.2.8 熔析或凝析除铁、除砷应符合下列规定:
 - 1 液态乙锡除铁、除砷宜采用离心过滤,并应符合下列规定:
 - 1)离心过滤除铁、除砷操作温度宜为 550℃~750℃;
 - 2)离心过滤除铁、除砷后应进一步除铁、除砷;
 - 3)离心过滤的分离因数宜为 80~84。

- 2 凝析法除铁、除砷操作温度宜为 $220^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。
- 3 熔析法除铁、除砷宜分阶段进行,熔析温度及操作时间应根据原料杂质成分确定。

9.2.9 加硫除铜应符合下列规定:

- 1 当粗锡含铜量大于 0.5% 时,宜先加硫除铜后除铁、除砷;
- 2 加硫除铜的加硫量宜为理论计算量的 1.1 倍~1.2 倍;
- 3 加硫除铜的操作温度宜为 $280^{\circ}\text{C} \sim 320^{\circ}\text{C}$;
- 4 加硫除铜的搅拌时间宜为 1h~2h。

9.2.10 结晶分离法除铅、除铋宜采用电热机械连续结晶机,电热机械连续结晶机应符合下列规定:

- 1 结晶机单台日处理能力不得小于 30t;
- 2 结晶机槽的斜槽坡度宜为 $5^{\circ} \sim 6^{\circ}$;
- 3 结晶机高端槽头料温宜为 232°C ,低端槽尾料温宜为 183°C ;
- 4 结晶机熔体冷却喷水宜为进料量的 2%;
- 5 结晶机作业时应采取强制通风方式;
- 6 结晶工序锡直收率不应小于 92%;
- 7 结晶工序除铅效率不应小于 99%。

9.2.11 加铝除砷、除锑必须符合下列规定:

- 1 当加铝量小于 60kg 时,应一次性加铝除砷、除锑;当加铝量大于 60kg 时,应分批加铝除砷、除锑;
- 2 加铝除砷温度宜为 $280^{\circ}\text{C} \sim 320^{\circ}\text{C}$,加铝除锑温度宜为 $380^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$;
- 3 加铝除砷、除锑后锡液中的铝渣及残铝必须清除干净;
- 4 加铝除砷、除锑必须在专用精炼锅中进行,精炼锅和铝渣收集斗严禁与水和潮湿空气接触,产出的铝渣必须在通风干燥的专用场地堆存,堆存时间严禁大于 30d。

9.2.12 精锡锭浇铸应符合下列规定:

- 1 浇铸前应配锡;

- 2 锡锭浇铸应按产品类别控制浇铸温度;
 - 3 精锡铸锭宜采用半连续或连续铸锭机。
- 9.2.13 火法精炼除铅、除铋应采用真空蒸馏工艺,真空蒸馏工艺应符合下列规定:**
- 1 真空炉单台处理能力不得小于 10t/d;
 - 2 真空蒸馏炉作业宜自动化、连续化;
 - 3 真空蒸馏技术参数应符合下列规定:
 - 1) 进料熔体温度宜为 300℃~480℃;
 - 2) 真空蒸馏温度宜为 1000℃~1500℃;
 - 3) 炉内真空度宜小于 10Pa;
 - 4) 连续工作时间不宜小于 10d。
 - 4 真空蒸馏技术经济指标应符合下列规定:
 - 1) 铅挥发率不应小于 92%;
 - 2) 铋挥发率不应小于 90%;
 - 3) 锡直收率不应小于 97.0%;
 - 4) 锡回收率不应小于 99.6%;
 - 5) 电耗不应大于 350kW·h/t。

9.3 电 解 精 炼

- 9.3.1 电解精炼的电解液宜采用酸性电解液。**
- 9.3.2 粗锡电解宜采用硫酸盐电解液,电解液应补充二价锡离子。**
- 9.3.3 粗锡硫酸盐电解阳极杂质应符合下列规定:**
- 1 电解前应进行火法精炼除铁,含铁量不应大于 0.1%;
 - 2 阳极含铅量不应大于 1.2%;
 - 3 阳极含铋量不宜大于 0.5%;
 - 4 阳极含铜量不宜大于 0.1%;
 - 5 阳极含砷锑量之和不宜大于 0.3%。
- 9.3.4 粗锡硫酸盐电解精炼技术参数应符合下列规定:**

- 1 阴极电流密度宜为 $100\text{A}/\text{m}^2 \sim 110\text{A}/\text{m}^2$;
 - 2 同极中心距宜为 100mm;
 - 3 电解液温度宜为 $35^\circ\text{C} \sim 37^\circ\text{C}$;
 - 4 槽电压不应大于 0.4V;
 - 5 电解液中应加入添加剂;
 - 6 电解液的循环宜采用下进液、上出液方式,循环量宜为 $5\text{L}/(\text{槽} \cdot \text{min}) \sim 7\text{L}/(\text{槽} \cdot \text{min})$;
 - 7 电解槽底沉淀的阳极泥宜每年清理 4 次~5 次。
- 9.3.5 粗锡电解精炼技术经济指标应符合下列规定:
- 1 电流效率不应小于 80%;
 - 2 残极率宜为 25%~35%;
 - 3 锡回收率不应小于 99.6%;
 - 4 直流电耗不应大于 $200\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ 。
- 9.3.6 锡铅粗合金电解精炼的电解液宜采用硅氟酸溶液,二价锡离子、二价铅离子总浓度宜为 $80\text{g}/\text{L} \sim 90\text{g}/\text{L}$ 。
- 9.3.7 锡铅粗合金电解精炼技术参数应符合下列规定:
- 1 阴极电流密度宜为 $80\text{A}/\text{m}^2 \sim 120\text{A}/\text{m}^2$;
 - 2 同极中心距宜为 100mm;
 - 3 电解液温度宜为 $18^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$;
 - 4 槽电压不应高于 0.5V;
 - 5 电解液中应加入添加剂;
 - 6 电解液循环宜采用下进液、上出液的方式,循环量宜为 $10\text{L}/(\text{槽} \cdot \text{min}) \sim 20\text{L}/(\text{槽} \cdot \text{min})$;
 - 7 电解槽底沉淀的阳极泥应每年清理 4 次~5 次。
- 9.3.8 锡铅粗合金电解精炼技术经济指标应符合下列规定:
- 1 电流效率不应小于 90%;
 - 2 残极率宜为 40%~50%;
 - 3 锡回收率不应小于 99.8%,铅回收率不应小于 94%;
 - 4 直流电耗不应大于 $350\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ 。

9.4 高纯锡生产

9.4.1 高纯锡生产的原料、产品成分、检验、包装、保存应符合现行行业标准《高纯锡》YS/T 44 的有关规定。

9.4.2 高纯锡生产应在洁净厂房内进行,用水应采用蒸馏水或去离子水,化学试剂应采用分析纯试剂。

9.4.3 高纯锡应贮存于干燥、清洁、无酸碱气氛的环境中,产品贮存时间不宜超过 6 个月。

9.4.4 高纯锡的生产宜采用电解—真空挥发法工艺,也可采用电解法、电化学—区域熔炼法等工艺。

10 中间产物处理

10.0.1 锡冶炼产生的熔炼炉渣、硬头、烟尘、熔析渣、离心析渣、炭渣、硫渣、铝渣、精炼锅渣和阳极泥等中间产物应进行综合回收利用。

10.0.2 熔炼炉渣、硬头的处理宜采用烟化炉硫化挥发法工艺。

10.0.3 烟尘处理工艺应根据烟尘含锡、铅、锌及杂质含量确定。

10.0.4 熔析渣、离心析渣、炭渣、精炼锅渣的处理宜采用回转窑焙烧脱砷、硫—电炉或顶吹熔池熔炼工艺。

10.0.5 硫渣的处理宜采用隔膜电解—氧化焙烧—酸浸工艺。

10.0.6 含砷高的铝渣处理宜采用苏打焙烧—水浸脱砷、铝—电炉或顶吹熔池熔炼工艺，含砷低的铝渣处理宜采用铝渣直接加入电炉或顶吹熔池熔炼炉熔炼工艺。

10.0.7 阳极泥分为粗锡硫酸—甲酚磺酸电解阳极泥和粗焊锡硅氟酸电解阳极泥两种，阳极泥处理工艺应符合下列规定：

1 粗锡硫酸—甲酚磺酸电解阳极泥的处理应采用氧化焙烧—盐酸浸出—还原熔炼工艺；

2 粗焊锡硅氟酸电解阳极泥的处理应采用盐酸浸出—置换水解工艺。

10.0.8 熔炼渣中钽、铌、钨的回收宜采用烧结焙烧—氢氟酸分解—萃取分离法工艺。

10.0.9 当焊锡硅氟酸电解精炼电解液中的铟积累、富集到含铟大于 2.0g/L 时，应用于生产粗铟或精铟。

11 再生锡回收

11.0.1 再生锡物料的质量应符合现行国家标准《锡及锡合金废料》GB/T 21180 的有关规定。

11.0.2 马口铁废料中回收锡宜采用碱性溶液浸出法工艺,也可采用碱性电解液电解法工艺。

11.0.3 以马口铁碎片为原料经冶炼产出的粗锡,含锡量不应小于 95%;以废旧罐头盒为原料经冶炼产出的粗锡,含锡量不应小于 90%。

11.0.4 采用碱性溶液浸出法工艺应符合下列规定:

- 1 浸出前应对原料进行预处理;
- 2 碱性浸出应加入氧化剂;
- 3 锡的总回收率不应小于 90%。

11.0.5 采用碱性电解液电解法工艺应符合下列规定:

- 1 电解前应对原料进行预处理;
- 2 产出的阴极海绵锡应洗涤、熔铸成粗锡;
- 3 电解阳极泥应与海绵锡熔渣一起处理;
- 4 碱性电解液组成应符合表 11.0.5 的规定,电解液应保持循环流动;

表 11.0.5 碱性电解液组成的控制范围(%)

Na_2SnO_3	NaOH	Na_2CO_3	总碱度
1.5~2.5	5~6	<2.5	10

- 5 电解液温度应为 $65^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$;
- 6 电流密度宜为 $100\text{A}/\text{m}^2 \sim 130\text{A}/\text{m}^2$;
- 7 电流效率不应小于 90%;
- 8 锡的总回收率不应小于 90%。

11.0.6 锡含量较高的废旧铜基合金、焊料、巴氏合金、电子废料和锡铅合金的回收处理工艺,宜直接熔炼成再生合金。

11.0.7 锡铅合金废料的回收处理工艺应符合下列规定:

1 当锡含量大于 5%时,宜熔炼成合金后采用真空蒸馏法、结晶分离法、氧化造渣法等火法精炼工艺或电解法等精炼工艺,精炼成精锡;

2 当锡含量小于 5%时,宜采用碱法、氧化造渣法等精炼工艺,精炼成精锡。

11.0.8 锡铜合金废料的回收处理工艺应符合现行国家标准《铜冶炼厂工艺设计规范》GB 50616 和《再生铜冶炼厂工艺设计规范》GB 51030 的有关规定。

12 总平面及车间配置

12.1 一般规定

- 12.1.1 总平面布置及各车间配置应满足工艺流程、设备配置、设备安装与检修、环保及安全生产的要求。
- 12.1.2 总平面布置及各车间配置应根据地形地貌、环境、风向、生产操作、物料流向、利用地形减少土石方工程量等因素确定,车间厂房宜向阳布置。
- 12.1.3 厂房应符合国家现行抗震、防腐、抗高温热辐射、环保和消防等标准的有关规定。
- 12.1.4 厂区建(构)筑物及道路布置应符合消防、排水、物流及人流等要求。
- 12.1.5 厂区道路之间及道路与建(构)筑物的距离应满足厂区管网布置的要求。
- 12.1.6 车间厂房的柱距和跨度宜满足构件的统一化和标准化要求。
- 12.1.7 湿法冶炼车间厂房楼面坡度宜为 $0.5\% \sim 1.0\%$,室内地面坡度宜为 $1\% \sim 2\%$,并应设置集液沟、集液池。
- 12.1.8 火法冶炼厂房室内地面宜比室外地坪高 $150\text{mm} \sim 200\text{mm}$,湿法冶炼厂房室内地面宜比室外地坪高 $200\text{mm} \sim 300\text{mm}$ 。
- 12.1.9 车间的水、电、粉煤、风、气、蒸汽、仪表等管线应有序布置,管线之间距离应符合有关安全规定。
- 12.1.10 当工厂分期建设时,总平面布置及车间配置应能满足后期建设需要,并应预留场地。
- 12.1.11 车间内主通道楼梯坡度不宜大于 45° 。
- 12.1.12 当配电室、控制室、休息室等依附于主厂房配置时,宜位

于主厂房的上风向。

12.1.13 设置的初期雨水收集池应符合国家相关环保规定。

12.1.14 烟化炉硫化挥发车间配置应符合下列规定：

- 1 烟化炉宜与锡精矿熔炼炉就近配置；
- 2 烟化炉加熔融富锡渣一侧不宜配置其他设施；
- 3 烟化炉周围应留有更换水套及检修的场地；
- 4 车间应设置加料作业、三次风口观察作业等楼层，楼层设置应满足作业要求；
- 5 余热锅炉烟道宜和烟化炉的出烟口直连，也可将余热锅炉置于烟化炉顶部；
- 6 烟化炉水碎渣场地应空敞，冲渣槽应直而短，水碎渣池应设置在室外。

12.2 贮矿及配料

12.2.1 物料贮存厂房配置应根据工艺、总图布置确定。

12.2.2 物料贮存厂房应设置防风、防雨设施，采暖地区应采用封闭式厂房。

12.2.3 贮矿、配料厂房跨度不宜小于 15m。

12.2.4 物料贮存厂房内的桥式起重运输机应设置上下楼梯及检修场地。

12.2.5 当采用仓式配料时，配料仓宜设置在贮矿厂房内的一侧或一端。

12.2.6 大型锡冶炼厂的混料制粒设施宜设置在贮矿、配料车间内，中小型冶炼厂混料制粒设施宜设置在熔炼车间内。

12.3 炼前处理

12.3.1 流态化焙烧车间配置应符合下列规定：

- 1 流态化焙烧车间应布置于贮矿厂房与熔炼厂房之间；
- 2 流态化焙烧炉应设置在主厂房内，副跨宜设置辅助设施；

3 厂房长度和宽度应根据焙烧工艺、焙烧炉规格、辅助设施、操作、安装和检修要求确定；

4 厂房高度应根据流态化焙烧炉总高及上料、排料、冷却方式和相关工序设备配置等因素确定；

5 流态化焙烧炉的加料及返回烟尘设备宜配置在第二层楼面，锡精矿中间料仓宜配置在第三层楼面，烟气冷却器及旋风收尘器等设备宜配置在焙烧炉同一厂房内的第三层楼面。

12.3.2 回转窑焙烧车间配置应符合下列规定：

1 大型回转窑窑体宜露天设置，窑头、窑尾区域应设置于厂房内，窑体中段传动机构区域宜设置局部雨棚；中小型回转窑宜设置在厂房内；

2 焙烧回转窑窑头中心标高应根据焙砂冷却机高度与回转窑排料溜槽高度之和确定。

12.4 还原熔炼

12.4.1 炉体基础及炉体周围的厂房柱应设置耐热或绝热材料隔热。炉体基础应脱离厂房基础。

12.4.2 炉底附近不得敷设地下电缆，不得设置水管阀门井。放渣口及放锡口下方不得敷设电线电缆、燃料管道。

12.4.3 还原熔炼炉旁应设置事故坑；事故坑应采取防渗透、防积水设施，坑底宜铺设厚度为 300mm 的干渣或干砂。

12.4.4 顶吹熔池熔炼厂房配置必须符合下列规定：

1 顶吹熔池熔炼炉控制室必须避开加料、排料(渣)炉口等区域配置，控制室的设置必须满足安全生产监督管理的规定；

2 顶吹熔池熔炼炉宜设置开口和堵口机械设备；

3 顶吹熔池熔炼炉炉顶进料装置宜采用可移动带式输送机，下料溜槽应垂直设置，并应设置保护套管；

4 顶吹熔池熔炼炉下料口应设置通风除尘设施；

5 厂房配置应设置喷枪运输通道、备用枪架及检修平台；

6 厂房应设置加料作业、熔体排放作业、喷枪作业等楼层,楼层设置应满足作业要求,并应留有喷枪更换、移动小车的作业空间;

7 厂房内应设置检修提升装置和客货电梯;

8 厂房内应设置快速消除泡沫渣的应急设施;

9 厂房内各种电缆应避开炉顶区域布置。

12.4.5 电炉熔炼车间配置应符合下列规定:

1 车间厂房宜设置为单层;

2 车间可分主跨和副跨,电炉应配置在主跨内,变压器室、控制室应配置在副跨或端头;

3 电极更换平台、加料平台应设置轴流风机通风;

4 车间主跨内应有电极堆放、电炉上料、产品临时堆存等场地;

5 电炉可与甲锡火法精炼设施、乙锡熔析炉一同配置在主跨内。

12.4.6 电炉熔炼厂房安全及预防设施必须符合下列规定:

1 电极添加和检修平台必须设置绝缘保护装置,且电极间必须设置绝缘挡板,绝缘挡板高度严禁小于 1400mm;石墨电极在添加和检修时必须断电;

2 电极检修平台上方的检修起重机必须设置不少于 2 级的绝缘保护装置;

3 电极把持器和支撑装置相连的管道支吊架必须为绝缘支吊架。

12.5 火法精炼

12.5.1 车间内精炼锅应配置于同一侧,精炼锅的间距应根据精炼锅容量和收尘等附属设施确定。

12.5.2 精炼锅、渣斗坑、离心除铁机、结晶机作业锅必须设置通风收尘装置。

- 12.5.3 电热机械连续结晶机宜设置于精炼锅对面。
- 12.5.4 真空蒸馏系统宜设置于厂房端头。
- 12.5.5 浇铸机应与精锡熔化锅就近配置,应留有锡锭堆放、起运的作业场地。
- 12.5.6 精炼车间应设置具有重量计量功能的桥式起重机。

12.6 电 解 精 炼

- 12.6.1 电解车间主厂房宜采用单跨配置。
- 12.6.2 电解车间主厂房可采用排架结构,电解槽宜按 2 列或 4 列分组配置。每组电解槽的数量应根据出装槽作业计划、电解槽作业率、短路开关数量等因素确定。
- 12.6.3 电解槽操作楼面标高宜为 3.5m~4.0m。电解槽面高出楼面宜为 300mm~400mm。
- 12.6.4 阴极、残极洗槽与电解槽宜布置于同一平面。
- 12.6.5 硅整流器室应布置在电解车间厂房副跨或端头。
- 12.6.6 起重机配置应符合下列规定:
 - 1 当起重机工作时,吊物最低点距槽面高度宜大于 2m;
 - 2 当起重机工作时,吊钩的高位极限位置距起吊物最高起吊点应有不小于 1m 的净空高度;
 - 3 主厂房起重机驾驶室宜靠近无副跨一侧。
- 12.6.7 电解车间主厂房一端应留有起重机检修、阴阳极堆放及运输场地。
- 12.6.8 厂房±0.00 平面与贮液槽周围地面应设置排水沟和集液坑,各层楼面应设置地漏。

13 冶金计算

13.0.1 冶金计算应根据锡原料、熔剂化学成分全分析及物相分析,燃料、还原剂化学成分全分析及灰分物相分析等确定。

13.0.2 冶金计算应包括物料平衡、元素平衡、热平衡、溶液平衡、空气或氧气消耗量、烟气量、烟气成分、烟气含尘量等。各工序计算内容应符合表 13.0.2 的规定。

表 13.0.2 冶金计算内容

内容 工序	物料 平衡	元素 平衡	热平衡	空气量	氧气量	烟气量及 烟气成分	溶液 平衡
焙烧	√	√	√	√	—	√	—
熔炼及 烟化	√	√	√	√	√	√	—
火法精炼	√	√	√	√	—	√	—
电解精炼	√	√	—	—	—	—	√
其他湿法 工艺	√	√	—	—	—	—	√

注“√”表示有计算内容,“—”表示无计算内容。

13.0.3 冶金计算应以“t/a”“m³/a”为计算基准,数据应精确到小数点后两位。

13.0.4 物料平衡表中物料及一般元素数量宜以“t”计,稀贵金属宜以“kg”计;一般元素含量宜以“%”计,稀贵金属含量宜以“g/t”计;液体数量宜以“m³”计;成分宜以“kg/m³”或“g/L”计;气体数量宜以“m³”计,成分宜以“%”计,含尘量宜以“g/m³”或“mg/m³”计;热量宜以“MJ”计;时间宜以“h”“d”“a”为单位。

14 辅助生产设施

14.0.1 当顶吹熔池熔炼炉及烟化炉等使用粉煤时,应设置粉煤制备车间。

14.0.2 当回转窑焙烧工艺使用发生炉煤气时,应设置煤气发生站;当使用天然气时,应设置调压站;当使用人工煤气时,应设置煤气储配站;当使用液体燃料时,应设置柴油库或重油库。

14.0.3 当冶炼过程使用富氧时,应设置制氧站。

14.0.4 锡冶炼厂应设置化验室和环境监测站,生产规模大于或等于 20000t/a 的锡冶炼厂宜设置实验室。

14.0.5 烟化炉及顶吹熔池熔炼炉鼓风应设置高压鼓风机房或空压机站。

14.0.6 余热锅炉及汽化冷却器应设置软水站。

14.0.7 当余热锅炉蒸汽用于发电时,应设置发电站。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058
- 《铜冶炼厂工艺设计规范》GB 50616
- 《有色金属工程设计防火规范》GB 50630
- 《再生铜冶炼厂工艺设计规范》GB 51030
- 《工业用合成盐酸》GB 320
- 《冶金焦炭》GB/T 1996
- 《工业硫磺 第1部分:固体产品》GB/T 2449.1
- 《常用化学危险品贮存通则》GB 15603
- 《重金属精矿产品中有害元素的限量规范》GB 20424
- 《有色金属矿产品的天然放射性限值》GB 20664
- 《锡及锡合金废料》GB/T 21180
- 《火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程》DL/T 5203
- 《硫铁矿和硫精矿》HG/T 2786
- 《煤粉生产防爆安全技术规范》MT/T 714
- 《硅石》YB/T 5268
- 《冶金用石灰石》YB/T 5279
- 《高纯锡》YS/T 44
- 《锡精矿》YS/T 339

中华人民共和国国家标准

锡冶炼厂工艺设计标准

GB 51412 - 2020

条文说明

编制说明

《锡冶炼厂工艺设计标准》GB 51412—2020,经住房和城乡建设部 2020 年 1 月 16 日以第 44 号公告批准发布。

本标准制订过程中,编制组进行了广泛深入的调查研究,总结了近年来国内外有色金属行业锡冶炼厂工程建设的设计成果,吸取了国内锡冶炼企业设计、建设及生产的实践经验,特别是改革开放以来,我国锡冶炼取得的长足进步,引进、消化、吸收了外国先进的成套有色冶炼设备与技术,对一些重要问题进行了专题研究和反复讨论,并广泛、多渠道征求了业内专家和有关单位的意见。

为了便于广大设计、生产、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《锡冶炼厂工艺设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(43)
2	术 语	(44)
3	基本规定	(45)
4	原料、辅助原材料、燃料	(48)
4.1	含锡原料	(48)
4.2	辅助原材料	(48)
4.3	燃料	(48)
5	物料准备	(49)
5.1	物料贮存	(49)
5.2	配料与混合	(50)
6	炼前处理	(51)
6.1	一般规定	(51)
6.2	流态化焙烧	(52)
6.3	回转窑焙烧	(54)
7	还原熔炼	(56)
7.1	顶吹熔池熔炼	(56)
7.2	电炉熔炼	(58)
8	烟化炉硫化挥发法	(60)
9	锡精炼	(63)
9.1	一般规定	(63)
9.2	火法精炼	(63)
9.3	电解精炼	(67)
9.4	高纯锡生产	(70)
10	中间产物处理	(71)

11	再生锡回收	(73)
12	总平面及车间配置	(75)
12.1	一般规定	(75)
12.2	贮矿及配料	(76)
12.3	炼前处理	(76)
12.4	还原熔炼	(77)
12.5	火法精炼	(78)
12.6	电解精炼	(79)
13	冶金计算	(80)

1 总 则

1.0.1 我国是最早生产和使用锡的文明古国,是世界上锡产业链最长、最完整、产量最大的国家,在锡的采选冶、锡化工、锡材加工等整体技术开发方面引领和代表了世界先进水平,但长期以来,锡冶炼厂设计一直没有冶炼工艺设计标准,为了规范锡冶炼厂工艺设计,特制定本标准,以期锡冶炼厂工艺设计符合国家现行有关政策、法律、法规和规定的要求,使锡冶炼工业持续、健康发展。

1.0.2 本标准针对锡冶炼厂工艺设计在工艺方案、工艺参数、技术指标、设备选型、冶金计算、车间配置、污染控制、消防、安全、环保、职业卫生等方面进行了规范。本标准适用于新建锡冶炼厂的工艺设计,也适用于现有锡冶炼厂的改建、扩建工艺设计。

2 术 语

为了统一锡冶炼工艺基本术语,实现专业术语标准化,本章从标准中选取了锡冶炼工艺生产中常用的术语 12 个,并配上英语名词,便于国际技术交流。术语的释义主要按照现行行业标准《重有色金属冶炼术语标准》YSJ 020—93 编写。

3 基本规定

3.0.1 为了保证项目的可行性,使锡冶炼厂工艺设计在环境保护、节能减排、消防安全、生产安全和职业卫生等方面符合国家规定,制定本条规定。

3.0.2 为了使项目顺利投产,达到设计预期效果,工艺流程的选择需要根据厂址等因素认真研究,并对工厂进行调研,取得真实、可靠的生产数据,经多方案、技术经济比选论证后确定。

3.0.3 厂址选择是新建工厂设计前期阶段的重要工作,应当结合当地土地利用的总体规划,对厂址进行多方案比较,以便选择经济、合理的厂址。

3.0.5 本条对锡冶炼厂工艺技术及装备做出规定。

1 还原熔炼方法较多,主要有反射炉还原熔炼、电炉还原熔炼以及顶吹熔池熔炼等。反射炉还原熔炼工艺生产效率、热效率低,燃料消耗、劳动强度大,烟气量大、收尘系统庞大;且工艺及设备现已被顶吹熔池还原熔炼取代,《锡行业规范条件》(中华人民共和国工业和信息化部 2015 年第 89 号公告)责令现有落后的反射炉熔炼工艺应在 2020 年底前逐步淘汰。电炉还原熔炼为间断性操作,电耗大,仅限于电力资源丰富、主要处理含锡二次资源及高熔点锡精矿的锡冶炼厂采用。

3 沉没式离心分离机、自动控温电热机械连续结晶机、真空蒸馏炉等先进工艺及设备具有结构合理、自动化程度高、安全性好、金属回收率高等优点。

3.0.6 本条对主要设备的选用做出规定。

1 机电一体化定型产品及配套设备质量好,价格较低。

2 为确保安全,特种设备的设计、制造及安装须由有相关资

质的单位承担。

3.0.7 在锡精矿、锡中矿和含锡二次资源中,除提取锡金属外,还可综合回收铅、锌、铋、铜、铟、钨、铁、锑、钽、铌、金、银以及砷、硫等元素,在工艺设计时将这此元素作为副产品综合回收利用,以提高资源利用率。

3.0.8 本条规定是依据《锡行业规范条件》(中华人民共和国工业和信息化部 2015 年第 89 号公告)中对综合回收率要求确定的。

3.0.9 本条规定是依据《锡行业规范条件》(中华人民共和国工业和信息化部 2015 年第 89 号公告)及现行国家标准《锡冶炼企业单位产品能源消耗限额》GB 21348 等对综合能耗要求确定的。

3.0.10 计量工作是强化企业管理,降低原、辅材料及能源消耗,提高金属回收率,提高企业经济效益,促进冶炼技术进步的重要技术基础工作。

3.0.11 本条为强制性条文,必须严格执行。能源问题是涉及我国经济社会可持续发展的大事。作为能源消费大户之一的有色金属行业,积极贯彻节约能源消费的方针,努力降低能耗水平具有重大意义。顶吹熔池熔炼炉、烟化炉烟气温度达 1200℃ 以上,烟气含热量高,必须进行余热利用。顶吹熔池熔炼炉、烟化炉及焙烧炉窑烟气含尘浓度高,且含低浓度二氧化硫,必须通过收尘及脱硫后,才能使烟气达标排放。

3.0.14 环保、消防、职业卫生及安全设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用是项目验收的必要条件,是获得政府行政部门生产许可的主要条件,是锡冶炼厂安全稳定运行的主要保证。若环保设施不同时投产,将造成废气、废水和废渣对环境的污染,严重时将危及人民的身体健康;若消防设施不同时投入使用,一旦发生火灾将无法及时扑灭火灾;若职业卫生设施不同时投入使用,将会导致操作人员职业病的发生;若安全设施不同时投入使用,将会加大安全生产事故发生的概率,故本条为强制性条文,必须严格执行。

3.0.15 本条为强制性条文,必须严格执行。吊运高温熔融金属的起重机,涉及人民群众生命和国家财产安全,有特殊安全要求,2018年1月4日,国家安全生产监督管理总局印发《冶金企业和有色金属企业安全生产规定》(第91号令),第三十条对吊运高温熔融金属的起重机做出规定,应当满足现行行业标准《起重机械安全技术监察规程——桥式起重机》TSG Q002的要求。本条作为强制性条文,目的是为了贯彻落实特种设备安全监察规定,确保吊运熔融金属过程安全生产,保障人民生命财产安全,符合国家有关部门安全监察要求。

3.0.16 本条为强制性条文,必须严格执行。顶吹熔池熔炼炉、烟化炉等为高热强度冶金炉,为保护炉衬耐火材料或水套,均采用冷却元件冷却。生产中一旦冷却元件供水中断,由于炉温远高于水套的熔点温度,冷却元件将会被烧损,会造成重大设备损坏事故;使用净化水是为了防止冷却水通道结垢,以保持畅通,稳定冷却效果。

4 原料、辅助原材料、燃料

4.1 含锡原料

4.1.1 本条规定是为了确保原料中锡的含量,限制杂质成分硫、砷、铋、锌、锑、铁、氟、铜的含量,以保证冶炼工艺过程的顺利运行,并获得较好的社会经济效益。若原料中杂质成分硫、砷、锑、铁的含量过高,将会增加锡冶炼厂的废气、废水、废渣的处理难度,进而造成环境污染,甚至影响操作人员的健康。

4.2 辅助原材料

4.2.1 熔剂是锡冶炼的主要辅助材料,不同的工艺和炉子种类要求不同粒度的熔剂,否则将直接影响冶炼作业的进行和效果。熔剂的化学成分与炉渣性质、产品质量、金属回收率等密切相关,故根据各锡冶炼厂的生产实践对熔剂提出要求。

4.2.3 本条所列是冶炼工艺中所需要的主要化学品,采用符合国家产品质量标准的化学品,以利于产出高品质产品和提高金属回收率。

4.3 燃 料

4.3.1~4.3.4 这四条要求是锡冶炼工艺对所需各种燃料的质量要求,是为了保证冶炼工艺过程顺利运行。粉煤水分(包括煤中所含的结晶水)超过 1.5% 时易造成粉煤在输送、贮存过程中的堵塞,粉煤的粒度要求是为了保证粉煤在冶炼过程中反应迅速、完全。

5 物料准备

5.1 物料贮存

5.1.1 本条对含锡物料的贮存做出规定。

1 综合考虑锡精矿、锡中矿的供应情况、运输条件、冶炼厂的工作制度、检修计划等因素来确定锡精矿、锡中矿的贮存量。一般锡精矿、锡中矿贮存量以 15d~30d 用量为宜,运输条件较好的贮存量取下限,反之取上限。

2 冶炼过程中返回的含锡物料如果贮存时间过长,将会占用堆存场地,积压流动资金,并会造成飞扬损失,为满足生产需要,生产中一般贮存 7d~10d 用量。

3 含锡物料受雨淋后会使其水分增加,影响物料的输送、配料、冶炼,并且雨淋、风吹将造成物料损失及环境污染,所以含锡物料要贮存在厂房内。

4 设置半地下式矿仓可以节约用地,且装卸方便;土建混凝土仓壁设置防水措施,设置集水坑等排水措施,可以避免地下水、地表水渗入。

5.1.2 本条对燃料的贮存做出规定。

1 燃料贮存量根据供应、交通运输条件综合考虑,生产中一般贮存 30d 以上的用量。

4 为避免煤发生自燃,本款对煤堆高度做出规定。

5 为了保障一个油罐检修时,仍有另一个油罐供生产使用,故油罐设置不少于 2 个。

5.1.3 本条是对辅助原材料的贮存做出规定。

1 粉状物料易飞扬,采取抑尘措施,可以减少物料损失和改善劳动条件。

5.1.5 本条对耐火材料的贮存做出规定。

1 锡冶炼厂耐火材料品种、规格较多,维修时需要对部分库存耐火材料进行加工,故要配备砖加工及粉料加工设备。

4 耐火材料若堆存过高,不便于堆存和取用,并且可能由于超过耐火砖的抗压强度使耐火砖破损。

5.1.6 锡冶炼厂各种物料贮存往往随着原料供应市场、运输条件等因素的变化,需要进行扩建改造,故设计中要充分考虑这一因素,留出适当的发展余地。

5.2 配料与混合

5.2.1 配料是否精准将影响冶炼过程各项技术经济指标,影响产品质量,故配料宜采用控制方便、能自动控制的仓式配料。

5.2.3 为了排料顺畅不堵料,在配料仓的形状和仓壁材料的选择上,一般采用钢板制成圆形或方锥体形,对易黏结的物料,在仓壁外设置振打器等破拱装置,在仓壁内装设不锈钢板或塑料板衬里,使下料顺畅。

5.2.5 配料仓进、出料处设置通风、收尘装置,可以改善劳动条件,回收飞扬物料;仓内设置料位测量装置和报警装置可以保证生产连续、稳定安全运行。

5.2.6 采用计算机在线控制是为了满足工艺精准配料的要求。

5.2.7 粉状的精矿、烟尘等物料若直接进入电炉熔炼,一是增加粉尘物料损失量;二是降低电炉料层的透气性,影响电炉熔炼炉况;故电炉、顶吹熔池熔炼炉的入炉物料应先进行制粒,再入炉熔炼。

6 炼前处理

6.1 一般规定

6.1.1 各生产企业对锡精矿杂质的含量都有严格的要求,当锡精矿中硫和砷的含量超过 1.2%或硫的含量超过 0.8%、砷的含量超过 0.5%时,若将这部分精矿直接进行熔炼,会使产出的粗锡品质变差,并在精炼过程中产生大量的最终成为返回品的浮渣(如硬头、离析渣、炭渣和铝渣等)和烟尘,使大量的锡在流程中反复循环,不但降低了熔炼炉的实际处理能力,更致命的是返回品的多次反复产出及处理既增加了加工成本,也增大了处理过程锡的损失,使锡的总回收率大幅下降,严重影响整体经济效益。故这类精矿需要先进行焙烧降低精矿中的硫、砷后,再进行还原熔炼。

6.1.2 国内外锡精矿除砷、除硫均采用焙烧工艺,焙烧工艺主要有流态化焙烧、回转窑焙烧及多膛炉焙烧等。

流态化焙烧除砷、除硫工艺是我国锡冶炼工业的专长技术,自 20 世纪 60 年代以来,经科研、设计和生产单位联合攻关,使流态化焙烧炉在工业上得到应用,在生产操作、技术条件、自动控制等方面积累了丰富的经验,取得了较好的技术经济指标,故为首选工艺。

回转窑焙烧作业较为稳定,工艺成熟、可靠,杂质脱除率较高,但占地面积大,焙烧时需要补充热量,采用煤气作为燃料会使投资增大,采用油燃料又使作业成本升高。实践中精矿粒度为 0.074mm 占 20%~30%以下时,采用回转窑焙烧工艺效果较好。

多膛炉焙烧具有作业稳定、杂质脱除较好的优点,但由于产能低,设备庞大,维修量大,投资大,现生产中已不采用多膛炉焙烧工艺。

6.1.3 锡精矿在焙烧除砷、除硫过程中产生的烟尘中含有锡、砷、硫及其他有价金属元素,故要综合回收利用,含砷烟尘可以采用电热回转窑工艺生产白砷。

6.2 流态化焙烧

6.2.2 年工作日规定不小于 300d,是根据国内主要锡冶炼厂的流态化焙烧炉每年自然天数扣除停产、检修日期后的实际工作日确定的。

6.2.3 本条对流态化焙烧炉的给料做出规定。

1 对入炉物料粒度的要求主要基于两个因素,一是选矿厂产出的锡精矿粒度一般大于 0.074mm;二是炉内物料过粗、过细都不利于形成流态化焙烧。在生产中,国内有的生产企业对流态化焙烧的粗粒物料进行破碎,也有生产企业采用鼠笼破碎机对流态化焙烧的粗粒物料进行松散。

2 入炉物料水分过大易黏结,水分过小会导致流态化焙烧时烟尘率大而增加收尘系统的负担,并影响金属元素的回收。

3 在入炉物料中配加细粒煤,一是维持炉内的热平衡,保持焙烧温度;二是保证炉内的弱氧化气氛,保障脱硫脱砷的效果。但由于锡精矿中的硫在炉内燃烧是放热反应,所以要适当减少细煤在炉料中的加入量。本款规定是根据国内某厂生产实践的经验确定,其他生产企业可以根据煤种质量,在生产中酌情调整。

6.2.4 流态化焙烧脱硫时,对焙烧气氛要求不十分严格,而流态化焙烧脱砷时,采用弱氧化气氛焙烧对脱砷效果好,故在高温弱氧化气氛下,砷、硫都能很好脱除。

6.2.5 流态化焙烧炉鼓风箱风压取决于炉内物料密度、粒度、沸腾层高度等因素,鼓风量是根据流态化焙烧炉内鼓风直线速度、沸腾炉炉床面积计算得来的。本条规定是总结现有锡冶炼厂生产实际参数而制订的。

6.2.6 本条规定是根据国内生产企业生产实际数据确定的。某

锡冶炼厂在单独处理锡精矿时的炉床能力为 $10\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 12\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, 另一锡冶炼厂处理 5 : 1 比例的锡精矿和离心机砷铁渣混合物料时, 炉床能力为 $14\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 16\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

6.2.7 炉前中间仓贮存 4h 用料量, 是为了保证操作的连续性; 中间仓锥体部仓壁倾斜度不应小于 60° , 设置破拱装置, 可以使下料顺畅; 物料输送、加料设备要求无极调速和称重, 要求偏差值控制在 1% 以内, 均是保证生产顺利进行的有效措施。

6.2.8 高效内冷式圆筒冷却机是我国新设计制造的冷却设备, 且在国内生产实践中证明是高效、可靠、紧凑、先进的焙砂冷却设备。

6.2.9~6.2.11 这三条中所给出的参数是依据国内两大锡冶炼厂流态化焙烧工艺所处理的两类不同物料(锡精矿及锡精矿和砷铁离心渣等混合物料)的生产数据确定的。其中焙烧产物见表 1, 流态化焙烧技术参数见表 2, 流态化焙烧主要技术经济指标见表 3。

表 1 焙烧产物(%)

项 目	单独处理锡精矿	处理 5 : 1 比例的锡精矿及砷铁渣等混合料
焙烧矿含硫	≤ 0.3	≤ 0.8
焙烧矿含砷	≤ 0.2	≤ 0.5
焙烧烟尘率	10~14	11~15

表 2 流态化焙烧技术参数

项 目	单独处理锡精矿	处理 5 : 1 比例的锡精矿及砷铁渣等混合料
流态化层温度($^\circ\text{C}$)	850~950	920~950
鼓风量 $\text{Nm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$	320~500	260~360
鼓风箱压力(Pa)	9800~18000	8000~12000
流态化层高度(m)	0.6~0.7	0.5~0.7
直线速度(m/s)	0.40~0.70	0.40~0.62
物料停留时间(h)	2.0~2.5	2.0~2.5
炉顶烟气出口压力(Pa)	-20~0	-20~0

表 3 流态化焙烧主要技术经济指标(%)

项 目	单独处理锡精矿	处理 5 : 1 比例的锡精矿及 砷铁渣等混合料
脱硫率	85~96	84~95
脱砷率	82~85	75~85
锡回收率	≥99.5	≥99.5

6.3 回转窑焙烧

6.3.1 回转窑焙烧对物料的适应性广,技术成熟。国内外已有若干锡冶炼厂采用回转窑弱氧化焙烧处理砷、硫含量高的锡精矿、返渣及粒度过细的锡精矿等物料,也有采用苏打焙烧处理锡钨混合矿的。当锡精矿硫和砷含量不大于 4% 时,宜采用氧化还原焙烧工艺。

6.3.2 本条是参考现有生产企业生产经验做出的规定,氧化还原焙烧工艺适用于处理硫和砷含量不大于 4% 的锡精矿;若锡精矿砷和硫含量大于 4% 时,需要进行二次焙烧,第一次采用氧化焙烧脱除砷和硫大于 80% (某锡冶炼厂脱硫率为 88%~90%,脱砷率为 87%~93%),第二次采用弱氧化焙烧脱除剩余砷和硫的 70%~80%,锡精矿经过两次焙烧后,总脱砷脱硫率为 94%~96%,可以保证焙烧矿中砷、硫含量达到还原熔炼的要求。

6.3.3 回转窑弱氧化焙烧脱砷脱硫时,年工作日定为 250d~280d。

6.3.4 回转窑弱氧化焙烧单位生产能力是依据国内锡冶炼厂的实际生产指标确定的,如某锡冶炼厂不同年份的单位生产能力分别为 1.64 t/(m³·d)、1.55 t/(m³·d)和 1.36t/(m³·d)。

6.3.5 为了控制回转窑焙烧窑内的温度和气氛,焙烧所用燃料使用天然气,无条件的地区采用发生炉煤气。

6.3.6 本条对回转窑焙烧的给料做出规定。

1 在回转窑弱氧化焙烧生产实践中,锡精矿为选矿厂产品,锡精矿粒度一般大于 0.074mm 占 70% 以上,可以直接进入回转

窑进行焙烧,不必另行加工;若粒度过细,为避免回转窑焙烧烟尘率过高,一般要先制粒后再进入回转窑进行焙烧;苏打焙烧前的锡精矿一般先经弱氧化焙烧脱砷、脱硫,其产出的焙砂会烧结成块,故需经磨细至不大于 0.2mm 后,再入窑进行苏打烧结焙烧,以取得较好的分离锡、钨效果。

2 本款依据生产实践确定。

6.3.7 直筒型回转窑的长径比大,对增加热交换效果、降低燃料消耗、延长反应带、保持一定的气流速度有利。但在相同容积情况下,长径比过大会使粉尘及钢材用量增加,对回转窑容积的有效利用不利,国内一般回转窑的长径比为 10.0~16.7。

6.3.8 中间仓内贮存 10h 的用量,是为了在交班时中间仓内还有部分料量,以保证生产的连续性;料仓锥体部仓壁倾斜度不小于 60° ,并设置破拱装置,是为了防止堵料或搭拱,有利于物料下料顺畅。

6.3.10 本条对回转窑焙烧产物做出规定。

1 对焙砂中硫、砷含量的规定是为了满足还原熔炼的要求,本款所规定的焙砂中硫含量不大于 0.8%、砷含量不大于 0.5% 的指标,依据锡冶炼厂的生产实际,可以满足还原熔炼要求。

2 降低烟尘率可以减轻收尘系统负担,有利于提高金属直收率,国内锡冶炼厂回转窑焙烧烟尘率一般为 4%~6%。

6.3.11、6.3.12 这两条规定是依据国内同类冶炼厂的生产参数及指标总结而得出的。

7 还原熔炼

7.1 顶吹熔池熔炼

7.1.1 本条是依据国内外锡冶炼厂生产实践制定的。

7.1.2 目前国内外顶吹熔池熔炼工艺均为周期性间断作业。国内现有两座顶吹熔池熔炼炉均采用还原熔炼、渣还原、排渣周期性间断作业,每个周期采用3次放锡、1次放渣的操作制度。

7.1.3 本条规定可以有效减少空气的漏入量及烟气的外逸量,能降低出炉的烟气量及改善车间环境。

7.1.4 本条对入炉物料做出规定。

1 控制入炉物料水分是基于两方面考虑,一是水分含量偏低,在制粒或混捏时产生大量烟尘;二是水分含量偏高,将增加燃料消耗,所以锡冶炼厂一般将水分含量控制在6%~10%的范围之内。

2 本款是依据目前国内锡冶炼厂市场数据确定的。

3 炉料制粒或混合的目的在于降低烟尘率。

4 入炉物料配料的准确性对炉内物料的反应、产出炉渣的渣型、技术经济指标等影响较大,现生产中的配料系统称量偏差值已达到小于0.5%。

7.1.5 本条对燃料及供风系统做出规定。

1 顶吹熔池熔炼炉可以采用粉煤、柴油或天然气作燃料,国内一般采用粉煤作燃料。熔炼喷吹煤粉装置原来一般采用给料器、计量器、锁风阀、螺旋输煤泵等定量给煤装置,现已采用仓式泵定量气体输送系统,其输送粉煤更稳定、计量准确和易于调节控制;采用浓相气体输送系统容易造成管道堵塞,所以推荐使用稀相气体输送系统。

4 国内顶吹熔池熔炼炉在保温或换枪操作时均采用柴油作为燃料进行保温。

5 由于顶吹熔池熔炼炉喷枪在炉子中的位置不同,所需风量也不同,在满足一定的压力要求下,应设置风量调整装置,满足工艺要求,国内一般采用变频调速转置。

6 锡精矿顶吹熔池熔炼炉采用富氧熔炼工艺技术是我国研究和开发的,采用鼓风富氧浓度为 25%~45%,与空气熔炼相比,处理量增加 20%~50%,产量增加 20%~50%,而产生的烟气量基本不变。

7.1.6 本条对顶吹熔池还原熔炼产物做出规定。

2 顶吹熔池熔炼分为还原熔炼和渣还原两个阶段,还原熔炼阶段产生的富锡渣一般含锡量在 15%左右,还原熔炼结束后,加入还原煤进行渣还原,从技术经济方面考虑,渣还原控制的炉渣含锡量一般为 3%~5%,之后的炉渣送烟化炉进行硫化挥发处理。

3 对炉渣硅酸度的规定主要考虑了现有顶吹熔池熔炼炉渣的熔点、密度、流动性、黏度等指标,生产中一般控制在 1.0~1.2 之间。

7.1.7 本条对主要技术经济指标做出规定。

1 由于顶吹熔池熔炼技术的先进性,所以世界上主要的锡冶炼厂均采用此工艺进行还原熔炼,目前世界上有 4 台顶吹熔池熔炼炉,秘鲁 2 台,我国云南 1 台、广西 1 台。生产中采用空气熔炼的实际炉床能力大于 $18\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$;采用富氧熔炼,处理物料量可以增加 20%~50%,炉床能力大于 $21.6\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 以上。

2 顶吹熔池熔炼炉烟尘率较高,采用空气熔炼时的烟尘率为 30%,采用富氧熔炼产出烟气量与空气熔炼时的基本相同,故烟尘率低,约为空气熔炼的 70%,烟尘率可以小于 20%。

3 按照现有锡冶炼厂的生产指标,顶吹熔池熔炼综合回收率均不低于 99.2%。

7.1.8 本条为强制性条文,必须严格执行。

1 顶吹熔池熔炼喷枪正常作业时插入熔体,依靠喷枪风和套筒风冷却枪体。当事故停电时,供风将中断,为了防止枪体被烧损,喷枪紧急提升装置必须设置双电源或直流备用电源保证供电,确保在事故停电时立即将喷枪提出熔体。

2 喷枪紧急提升后,不能保持炉内操作温度,若继续加料,将造成堆料或死炉,所以喷枪提升装置及供风控制系统必须与給料输送系统设置连锁装置,喷枪紧急提升时立即停止加料。

3 如果对炉渣渣型、炉渣温度、渣中磁性氧化铁含量等控制不当,将会使炉渣黏度增加,熔池中反应气体排出受阻,使炉渣体积急剧膨胀,甚至冒出炉外,发生泡沫渣事故,造成设备损坏和人员伤亡。故必须采取泡沫渣控制技术及预防措施。

7.2 电炉熔炼

7.2.2 根据《锡行业规范条件》(中华人民共和国工业和信息化部2015年第89号公告)的规定,处理含锡二次资源时,单台电炉功率不得低于800kW·A,本条对电炉规格做出限制,避免出现锡冶炼厂多台小型电炉作业的状况,达到节能、降耗和环保的目的。

7.2.3 电炉炼锡熔炼温度高,还原气氛强,锡精矿铁含量过高时,锡精矿中的大量铁被还原,产生较多的乙锡及硬头,生产中一般要求锡精矿铁含量小于5%。水分含量高的锡精矿进电炉进行熔炼,会增加电炉的冶炼电耗,还可能会引起炉料爆喷,生产中一般要求锡精矿水分含量小于3%。用电炉直接冶炼粉料时,会使烟尘率过高,还可能会引起炉料爆喷,故一般都将粉料制粒干燥后,再进入电炉熔炼。

7.2.4 综合考虑各项正常检修等因素,国内锡冶炼厂电炉熔炼的年平均作业时间均大于280d。

7.2.5 电炉熔炼采用多次进料、多次放锡和一次放渣的周期性间断作业,能够减少锡物料中铁被还原,且能保持电炉中的熔渣和锡液面的稳定,使炉况稳定。

- 7.2.6 电炉熔炼的烟气中含有大量的一氧化碳,炉况波动时会造成烟气从电极孔和加料口溢出,污染车间环境并对操作人员造成人身伤害,故一般在电极孔加塞耐火纤维毡或使用空气密封,加料口使用密闭螺旋对进料进行密封。
- 7.2.7 电炉炉顶加料平台设置一氧化碳浓度检测报警系统可起到有效的安全预警作用。
- 7.2.8 电炉熔炼的烟气中含有大量的一氧化碳,直接排放会造成大气污染和人身伤害,故需在二次燃烧室内进行二次燃烧,送收尘系统收尘后排放。
- 7.2.9 焦炭和无烟煤均能作为电炉炼锡工艺的还原剂,能保证较理想的还原效果。
- 7.2.10 实际生产中,不同阶段和不同炉料对电炉功率的需求相差较大,电炉变压器二次侧电压分档设置,可适应炉料性质在较大范围内变化。在生产实践中,800kV·A电炉变压器二次侧电压设置为85V~105V,1250kV·A电炉变压器二次侧电压设置为100V~140V,一般二次电压设置四档或五档,各电压级间的差值为5V~10V。
- 7.2.11 电炉熔炼一般锡物料的适宜温度为1250℃~1400℃,当处理含钨等难熔锡物料时,电炉熔炼可达到较高的熔炼温度,体现电炉对于处理高熔点含锡物料的优势。
- 7.2.12 本条对电炉熔炼的主要技术经济指标做出规定。
- 1 由于锡原料中砷、铁等的存在,电炉熔炼难免产出部分锡品位低、杂质含量高的乙锡,乙锡送熔析炉处理,产出甲锡和熔析渣。熔析渣中仍含有较高的锡,又返回电炉熔炼。乙锡的产出加大了中间物料的处理量,增加了能耗,故通过调整入炉物料锡品位及砷、铁等杂质的含量和优化工艺操作过程,控制乙锡产出率不高于20%,以降低能耗。

8 烟化炉硫化挥发法

8.0.1 本条对烟化炉硫化挥发工艺宜处理的物料做出规定。

5 采用高硫低锡物料可以节省加入烟化炉的硫化剂用量。

8.0.2 国内各锡冶炼厂的烟化炉主要用于处理熔融富锡渣,同时搭配处理部分冷料及富锡中矿,年工作日大于 300d。如果仅处理熔融富锡渣,年工作日大于 310d。

8.0.3 本条对烟化炉硫化挥发给料做出规定。

1 富锡中矿、冷态低锡料按比例搭配熔融富锡渣直接加入烟化炉进行处理,可节省投资和降低生产成本。冷料加入炉内需熔化升温,烟化炉单位时间内熔化冷料的速率是一定的,加料速度过快易造成炉内冷料的堆积,加料过慢将延长操作周期,因此采用定量给料方式,以最合适的加料速度均匀连续加入,保证生产稳定。

2 烟化炉硫化挥发所采用的硫化剂有硫磺、硫化锌、硫化铝、硫化钙和黄铁矿等。因黄铁矿最为经济且易于获得,生产中均采用黄铁矿作为硫化剂。黄铁矿加入量一般按硫锡比(S/Sn)为 0.4~0.6 确定。硫化挥发过程中,若硫化剂加入量过多,会有独立的锡铈相析出沉入炉底,影响硫化锡的挥发,且容易加大锡铈对烟化炉水套的腐蚀;若硫化剂的加入量不足,渣含锡过高,影响锡的回收率。

8.0.4 本条对燃料及供风系统做出规定。

1 烟化炉可用燃料有粉煤、天然气、煤气、重油等,因粉煤成本相对较低,国内外锡冶炼厂多数采用粉煤作为燃料。目前国内新建的烟化炉喷煤装置均采用仓式泵定量稀相气体输送系统,煤粉计量偏差值达到 1%,这些措施有利于提高烟化炉生产的稳定性及安全性。

3 为保证烟化炉风口熔体不倒灌堵塞风嘴,本款规定了烟化炉的鼓风风压。

4 根据国内生产实践,本款规定了烟化炉单位炉床面积鼓风量及风嘴鼓风强度,以保证烟化炉内熔池的搅拌强度和熔池的反应速度。

5 烟化炉熔化阶段主要是通过燃料燃烧提供热量将冷料熔化,同时减少高价铁氧化物的生成,以形成合适的渣型,此时控制炉内形成弱氧化性气氛,空气过剩系数控制为 1.0~1.1;硫化挥发阶段,为提高硫化挥发的反应速率,在维持炉内反应温度的同时,渣中氧化铁不被还原或少还原的条件下,尽量提高还原气氛,以维持高硫势,使硫化挥发得以强化,此时空气过剩系数控制为 0.75~0.90。

6 本款是根据国内某锡冶炼厂富氧烟化炉生产实践确定的。

8.0.5 本条对烟化炉硫化挥发产物做出规定。

1 根据目前国内烟化炉的生产情况,烟化炉烟尘含锡一般大于 40%,均返回还原熔炼。

2 目前国内烟化炉处理富锡渣及低锡物料,弃渣含锡量一般都控制在 0.1%~0.3%。弃渣含锡量高于 0.3%,则回收率低,锡损失较大;弃渣含锡量低于 0.1%,则硫化挥发时间长,燃料消耗多,硫化剂消耗大,作业成本高,不经济。

8.0.6 烟化炉单独处理熔融富锡渣,升温后可直接进行硫化挥发操作,硫化挥发完成后,即进行放渣操作。处理冷热混合物料,由于冷料的加入造成炉内温度下降,此时不能进行硫化挥发操作,完成冷料熔化操作后,才能进行硫化挥发和放渣操作。

8.0.7 烟化炉炉内熔池温度在 1200℃左右,熔体搅拌剧烈,冲刷剧烈,所以一般采用汽化冷却水套内壁挂渣形式,以减少水套的变形。水套的冷却水应当达到软化水水质要求,避免因水套结垢而降低水套换热效率,以期延长水套使用寿命。

8.0.8 烟化炉正常生产时,硫化挥发阶段空气过剩系数为 0.75~

0.90,烟气中仍有未完全燃烧的一氧化碳气体和挥发分,需要通过三次风口吸风或鼓入三次风进行二次燃烧。三次风口通过负压吸风,吸入风量不可控制,容易造成二次燃烧不充分或者吸入风量过大,因此可通过风机强制鼓风来控制二次燃烧风总量,在满足二次燃烧的同时做到控制进入余热锅炉的烟气量。

8.0.9 烟化炉进料口正常生产时为微负压,但当炉况出现波动时,容易形成正压造成含尘含硫烟气泄漏,故需设置环保通风装置。烟化炉放渣口放渣操作时,在渣溜槽上方将会产生含尘烟气,同样需要设置环保通风装置,做到有组织排放。

8.0.10 烟化炉放渣采用人工黄泥堵口方式,由于放渣比较频繁,劳动负荷强度大,故放渣口采用设置机械堵口装置,以减少操作工的劳动强度,并杜绝烫伤事故发生。

8.0.11 本条规定可保证渣充分冷却粒化冲走的同时,减少冲渣放炮现象的发生。

8.0.12 本条根据《锡行业规范条件》(中华人民共和国工业和信息化部 2015 年第 89 号公告)要求,对烟化炉炉床面积下限做出规定,可以减少锡冶炼厂多台小型烟化炉作业情况,既可以节约能源,又有利于环境保护。

8.0.15 本条为强制性条文,必须严格执行。烟化炉通过风嘴将粉煤喷入熔池,使熔池保持一定程度的搅拌状态,要求粉煤喷吹系统风压稳定。为了防止供煤管道堵塞,停止喷吹时,必须先停止粉煤供应,等供煤管道中粉煤喷完后,再停止供风。

9 锡 精 炼

9.1 一 般 规 定

9.1.1 粗锡精炼分火法精炼和电解精炼两大类。火法精炼由一系列单个作业组成,在每个作业中除去一两种杂质,其优点是生产效率高,设备简单,厂房面积小,锡的周转快,杂质分别进入各种精炼渣中,并能以金属或化合物的形态逐一回收;缺点是作业过程多,消耗辅助药剂多,中间产物多,且有的精炼渣对人体有害,在一般生产中火法精炼较为普遍采用。电解精炼的优点是粗锡中的绝大多数杂质可一次除去,使杂质进入阳极泥,一次作业便可得到很纯的精锡,金属直收率高,流程简单,劳动条件好;缺点是生产周期较长,积压金属量较多,占地面积大,基建投资及生产成本费用高,阳极泥处理较复杂等,适宜处理原料成分变化不大,含铋和贵金属高的粗锡。

9.1.2 本条是对精炼最终产品的质量要求,其纯度是为了满足用户要求而定的。

9.1.3 精炼中间产品种类多,含有锡及有价金属,进一步处理可提高锡的回收率,有利于有价金属的资源综合利用。

9.2 火 法 精 炼

9.2.1 国内锡冶炼厂生产数据表明,火法精炼采用本条规定的工艺流程,综合经济技术指标较好。

9.2.3 精炼锅设置冷却降温设施和机械搅拌装置,有利于强化除杂反应过程,提高工作效率。

9.2.4 精炼锅加热燃料有天然气、煤气、重油、柴油和电能等,有条件时一般尽量使用气体燃料。

9.2.5 不同除杂剂针对不同杂质,投入锯木屑量一般为铁、砷含量合计的 3.0 倍~3.5 倍;投入硫量一般为铜含量的 3.0 倍~3.5 倍;投入铝量一般为砷、锑含量合计的 1.0 倍~1.5 倍。

9.2.6 精炼产生的烟气中含有铅、砷、锑等金属氧化物,会污染环境和危害工人健康,需对其进行捕集及收尘。

9.2.7 根据生产实践,锡的回收率大于 99.6%。

9.2.8 本条对熔析或凝析除铁、除砷做出规定。

1 利用离心机分离的作用,分离浮渣和液体锡,锡的回收率高,减轻了劳动强度,改善了工作环境,节约了能源。

1)精炼乙粗锡及含铁高的粗锡时,作业温度在 750℃~800℃左右,锡砷化合物则全部熔化,在离心机的搅拌下,所得浮渣黏度小,含锡低、渣率低,但设备材料难以适应这种高温的要求,故生产实践中操作温度一般控制在 550℃~750℃左右;

2)离心过滤除铁效率为 99%,除砷效率为 98%,仍有部分残铁砷留在粗锡中,在 210℃~230℃左右,加入锯木屑搅拌,滤去炭渣,可使粗锡中的含铁量降到 0.01%以下,含砷量降到 0.14%以下;

3)离心过滤的分离因素是决定浮渣含锡量高低的重要因素,分离因素是指离心加速度值与地球重力加速度值之比,其计算方法表达式为:

$$f=1.12 \times 10^{-3} R n^2 \quad (1)$$

式中: f ——分离因素;

R ——转鼓半径(m);

n ——转鼓转速(r/min)。

在操作温度为 550℃~750℃的条件下,分离因素越高,浮渣含锡量越低,当分离因素为 177 时,渣中含锡量可降到 21%。受到设备材质强度、安全因素的限制,生产中分离因素控制在 80~84 之间,浮渣含锡量一般为 30%~35%或更低。

2 凝析法除铁、除砷的关键是控制凝析温度,温度越接近

锡的熔点,锡的质量越高,除铁、除砷的效果越好。为了使锡液有较好的流动性,提高除铁、除砷效果,一般将熔析温度控制在 $220^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

3 粗锡中除含有铁、砷外,还含有其他杂质,在熔析除铁、除砷的同时,硫、锑、铜等杂质也被附带部分除去,因此在生产实践中,熔析作业分几个阶段进行,各阶段控制不同的温度,获得除铁、除砷的良好效果。如含砷高的粗锡熔析阶段温度不宜超过 500°C ,否则,将有大量砷无法除去,影响除砷效果。

熔析全过程(从进料开始至除渣完毕)操作时间不小于4h,以7h为宜。但含铁量低的锡料,因熔析温度不允许升得太快和过高(低于 600°C),故操作时间为8h~9h。

9.2.9 本条对加硫除铜做出规定。

1 加硫除铜是基于溶于锡中的铜对硫的亲合力比锡大,硫与铜优先化合成高熔点的固体化合物,浮于锡表面而成为硫渣被除去。加硫也能除铁,一般都是先除铁后再加硫除铜,但若粗锡含铜量大于0.5%时,则宜先加硫除铜后,再除铁、除砷。

2 加硫量根据粗锡中的含铜量进行计算,考虑到一部分杂质消耗硫和燃烧损失,加硫量取理论量的1.1倍~1.2倍。当含铜量大于0.5%时,加硫量取理论量的1.3倍。

3 加硫作业的温度对粗锡除铜效率有很大影响,加硫除铜时,温度一般为 280°C ,随着反应进行,温度升高,但宜控制低于 320°C 。

4 为了最大限度地除去锡液中的杂质,加硫除铜时要进行强烈搅拌,搅拌时间一般为1h~2h。

9.2.10 本条对结晶分离除铅、除铋做出规定。电热机械连续结晶机较传统的结晶放液具有工艺过程简单、生产效率高、劳动条件好、直收率高和成本低等优点。

1 本款根据《锡行业规范条件》(中华人民共和国工业和信息化部2015年第89号公告)的要求,对电热机械连续结晶机单台处

理能力做出规定,可以减少锡冶炼厂多台小型设备作业情况,既可以节约能源,又有利于环境保护。

4、5 结晶机作业时需要洒水进行局部降温,此时将产生水蒸气和粉尘,应设置强制通风设备,确保作业人员处于上风区域。

9.2.11 本条对加铝除砷、除锑做出规定。

1 当加铝量大于 60kg 时,由于产生的渣量较大,浮渣处理困难,应分批加铝除砷、除锑。

3 本款为强制性条文,必须严格执行。加铝后的锡液如果铝渣未清除干净而进入结晶槽,在喷水降温时,会产生剧毒的砷化氢气体,危害人身健康,造成人员伤亡事故。除砷、除锑后的残铝,由于凝析温度接近锡的熔点,故凝析出的铝黏性很大,不容易与锡分离,一般采用空气氧化法及加剂法除铝,使锡液含铝量降到 0.001% 以下。

4 本款为强制性条文,必须严格执行。加铝除砷、除锑工艺产出的铝渣中含有砷化铝(AlAs)、锑化铝(AlSb),其遇水或水蒸气会产生剧毒的砷化氢、锑化氢气体,危害人身健康,造成人员伤亡事故。

9.2.12 本条对精锡锭浇铸做出规定。

1 粗锡经火法精炼后,各种杂质除去程度不同,需要经过配锡,使之达到精锡品级要求后浇铸成锭。

2 特 1 号锡浇铸温度一般为 $350^{\circ}\text{C} \sim 370^{\circ}\text{C}$,1 号、2 号精锡浇铸温度一般为 $360^{\circ}\text{C} \sim 380^{\circ}\text{C}$,各种焊锡浇铸温度高于 320°C ,锡基合金浇铸温度高于 400°C 。

3 采用半连续或连续铸锭机,能减小劳动强度,提高浇铸效率。

9.2.13 真空蒸馏除铅、除铋工艺与其他锡铅分离工艺相比,可简化流程,降低成本,节省投资,提高金属回收率。本条对锡铅粗合金真空蒸馏除铅、除铋做出规定。

1 本款根据《锡行业规范条件》(中华人民共和国工业和信息化部

化部 2015 年第 89 号公告)对真空炉单台处理能力做出规定。

3、4 真空蒸馏技术参数和技术经济指标主要根据国内有关企业生产经验确定。

9.3 电解精炼

9.3.1 电解精炼所用电解液分酸性电解液和碱性电解液两大类。酸性电解液分为硫酸盐电解液和硅氟酸电解液(主要用于焊锡电解),碱性电解液分为硫化碱电解液和苛性电解液等。酸性电解液具有性质比较稳定,基本不受外界影响,可长期使用,生产费用低,阴极质量比较容易控制等优点,生产中一般采用酸性电解液。

9.3.2 粗锡硫酸盐电解随电解过程的进行,电解液中二价锡离子逐渐贫化,需要适当补充。一般采用隔膜电解造液槽制备硫酸亚锡溶液。

9.3.3 本条对粗锡硫酸盐电解阳极杂质含量做出规定。

1 铁的标准电位为 -0.44V ,在阳极进行电化溶解,呈二价铁离子进入溶液,部分二价铁离子在阳极氧化成三价铁离子,再于阴极被还原成二价铁离子,导致电流效率降低。为了降低阳极含铁量,一般粗锡在浇成阳极前先进行火法精炼,控制铁含量小于 0.1% 。

2 铅的电位为 -0.126V ,与锡接近,在硫酸盐电解液中,铅形成溶解度很小的硫酸铅附着在阳极表面上。如阳极含铅量过高,阳极表面的硫酸铅膜增厚,使阳极放电面积减小,槽电压升高,阳极钝化,生产中阳极含铅不应大于 1.2% 。

3 铋的标准电位与锡的电位相差较大,在电解中一般不溶解或有少量成为铋盐(BiSO_4)附着在阳极表面,成为阳极泥。根据国内锡冶炼厂生产经验,阳极含铋量不宜过高,一般控制在 0.5% 以下。

4 铜在电解过程中约 95% 留在阳极表面,成为阳极泥。部分铜与稀硫酸发生反应,生成硫酸铜,当电解液中有大量二价锡离

子存在时,易被还原为铜,沉入槽底。一般阳极含铜量不大于0.1%时,不影响电解过程。

5 砷和锑一般不溶解,留在阳极泥中。当技术条件控制不当时,也可发生电化溶解,当电解液中有大量二价锡离子时,易被还原为金属锡沉入槽底。砷和锑又可能被氧化重新进入溶液,五价锑可水解成溶解度很小的微粒形成不溶性的化合物,这些不溶物微粒形成极细的颗粒悬浮于电解液中,附于阴极上,影响阴极质量。故阳极中砷锑含量之和不宜太高,以不大于0.3%为宜。

9.3.4 本条对粗锡硫酸盐电解精炼技术参数做出规定。

1 阴极电流密度大能提高产量,减少厂房占地面积,但阴极电流密度过大,阳极容易钝化,槽电压上升,电能消耗大。故阴极电流密度宜为 $100\text{A}/\text{m}^2 \sim 110\text{A}/\text{m}^2$ 。

2 同极中心距过大,会使槽电压升高,增加电能消耗,降低电解槽的生产率。但同极中心距过小,易造成阳极泥对锡的污染和短路。国内锡冶炼厂生产中同极中心距一般取100mm左右。

3 提高电解液温度可增加电解液的导电性,降低槽电压,减少电能消耗。但电解液温度过高,蒸发损失大,劳动条件恶化。国内锡冶炼厂生产中,电解液温度控制在 $35^\circ\text{C} \sim 37^\circ\text{C}$ 。

4 槽电压由下列各项电位降组成,电解液电阻电压降、接触点和电极的电压降、导体(阴极棒和槽边导电棒)的电压降、阳极泥电压降、浓差极化的电压降。电解的直流电耗和槽电压成正比,一般控制槽电压 $0.2\text{V} \sim 0.4\text{V}$ 。

5 电解过程中加入添加剂是为了获得平整、均匀、致密、有一定强度的阴极结晶。

6 电解液的循环方式有两种:下进液、上出液和上进液、下出液。下进液、上出液方式阳极泥基本附着在阳极表面上,且沉降性能好,故推荐采用。电解液循环量主要决定于操作电流密度,当电流密度高时,则采用较大的循环量以减少浓差极化。循环量一般为 $5\text{L}/(\text{槽} \cdot \text{min}) \sim 7\text{L}/(\text{槽} \cdot \text{min})$ 。

7 电解过程中,阳极泥在槽底积累过多,易引起短路、降低产品质量,需定期清理。清理周期主要由阳极泥的积累速度决定,每年清理4次~5次。

9.3.5 本条对粗锡电解精炼应达到的技术经济指标做出规定。

1 电流效率与短路、漏电和副反应等因素有关,电流效率一般可达到80%~85%。

2 残极率低,可以降低能耗,减少重熔的费用和金属损失,提高直收率,但残极率过低,会造成槽电压升高,电流消耗增高,电流效率降低,甚至会使残极碎片落入槽底,损坏槽衬。一般锡冶炼厂残极率为25%~35%。

3 据实际生产情况,国内锡电解回收率一般为99.6%。

4 根据国内锡冶炼厂生产实践,一般每吨阴极锡消耗直流电180kW·h~200kW·h。

9.3.6 在锡铅粗合金电解过程中,电解液中二价锡离子、二价铅离子含量逐渐趋向阳极的锡、铅含量,因此,对电解液成分的二价锡离子、二价铅离子的比例不做特殊规定,通常随阳极成分而变,一般二价锡离子、二价铅离子总浓度控制为80g/L~90g/L。

9.3.7 本条对锡铅粗合金(粗焊锡)电解精炼技术参数做出规定。

1 电流密度过高(大于140A/m²),阴极结晶变得稀疏,针状或丝状组织迅速增长,易造成短路,恶化工艺过程。通常电解含锡60%以上物料时,阴极电流密度取80A/m²~100A/m²;电解含锡60%以下物料时,阴极电流密度取100A/m²~120A/m²。

2 生产实践中,同极中心距一般取100mm左右,采用厚阳极板,阴、阳极周期长时,同极中心距适当加大。

3 电解液温度以常温为宜。

4 技术条件不同,槽电压波动较大,生产中一般为0.12V~0.50V。

6 电解液循环量主要决定于操作电流密度、电解槽容积和循环方式,一般电解槽容积为2m³,电流密度100A/m²时,循环量一般为10L/(槽·min)~20L/(槽·min)。

7 清理周期主要由阳极泥的积累速度决定。

9.3.8 本条对锡铅粗合金(粗焊锡)电解精炼技术经济指标做出规定。

1 一般电流效率达到 90%~95%。

2 一般工厂残极率为 40%~50%。

3 回收率与原料品位有关,本款是根据国内生产数据做出的规定。

4 直流电耗主要取决于电流效率和槽电压,国内一般每吨阴极精焊锡消耗直流电为 340kW·h~350kW·h。

9.4 高纯锡生产

9.4.1 现行行业标准《高纯锡》YS/T 44 对高纯锡生产原料、产品成分、检验、包装、保存有明确规定。高纯锡的产品按化学成分不同,分为 Sn-05、Sn-06、Sn-07 三个牌号。

9.4.3 本条对高纯锡贮存环境及贮存时间的要求,是为了确保产品质量。

9.4.4 电解-真空挥发法工艺与电解法和电化学-区域熔炼法工艺相比,具有以下特点:

(1)可以将电解法和真空挥发法结合起来,并且利用电解所得的阴极锡进行真空挥发处理,使其中的铅含量从 $2 \times 10^{-4} \%$ 降低到 $0.5 \times 10^{-4} \%$ 。

(2)操作流程简单,锡的质量高而稳定,酸耗量小(0.01kg/kg),成本低,相比电化学-区域熔炼法,其回收率可以从 80%~85%提高到 99.2%以上。

10 中间产物处理

10.0.1 国内现有锡冶炼产生的中间产物成分比较复杂,含锡物料在还原熔炼时产生的熔炼炉渣中除含锡、铁外,还含有钽、铌、钨等有价值元素;烟尘中含有硫、锌、砷、镉、铟等有价值元素;在火法精炼过程中,产生的熔析渣、离心析渣、炭渣、硫渣、铝渣、精炼锅渣及烟尘等中间产物,这些中间产物中均含有有价值元素;电解精炼产出的阳极泥中含有铜、铋、锡、铅、金、银等有价值金属;锡铅粗合金(粗焊锡)电解液中富集有铟。根据中间产物的成分、特点进行综合处理,回收有价值元素。

10.0.2 处理硬头的目的是回收锡并除砷、除铁,消除砷、铁在锡冶炼过程中的不良影响。根据硬头的物理化学性质,采用的工艺有烟化法、硅铁法、加铅提取法及顶吹熔池熔炼法。由于烟化法能彻底分离硬头中的锡、铁成分,故国内大多数锡冶炼厂均采用烟化法;国外锡冶炼厂普遍采用硅铁法,国内锡冶炼厂尚无报道;加铅提取法仅在国外某炼锡冶炼厂进行过工业试验,国内锡冶炼厂尚无报道。

10.0.3 烟尘的处理方法应根据锡、铅、锌含量的高低、杂质含量的多少来确定,含锡量大于18%的烟尘可返回还原熔炼处理,而含锡量小于18%的烟尘则送烟化炉硫化挥发处理。

烟尘中锌的回收主要采用火法富集和湿法处理相结合的工艺。

烟尘中砷的回收,对含砷量20%左右的烟尘单独进行焙烧,使砷挥发进入二次烟尘。二次烟尘可采用火法和湿法生产白砷。

烟尘中镉的回收,经硫酸溶液浸出后,在硫酸锌溶液加锌粉置换铜、镉时得到铜镉渣,进一步回收镉。

烟尘中铟的回收,还原熔炼火法富集得到的二次烟尘,二次烟尘经硫酸浸出锌后产出浸出渣,焙烧挥发富集生产三次烟尘,三次烟尘采用盐酸浸出一硫化钠净化—净化后液铝板置换—生产粗铟—电解—氯化除杂—生产精铟工艺回收铟。

10.0.4 回转窑焙烧熔析渣时,脱砷效率为 80%~90%,脱硫效率为 50%~65%,经过除砷、除硫后的物料送入电炉或顶吹熔池熔炼进一步处理。

10.0.5 硫渣主要含锡、铜和硫等,硫渣处理工艺包括硫酸化焙烧—酸浸,氧化焙烧—酸浸,氧化焙烧—氨浸,造钼熔炼,三氯化铁浸出,碱性熔炼—电解,隔膜电解—氧化焙烧—酸浸等工艺。国内锡冶炼厂主要采用隔膜电解—氧化焙烧—酸浸工艺处理硫渣。

10.0.6 铝渣主要含锡、铝、砷、锑。当铝渣中含砷量较高时,采用铝渣苏打焙烧—水浸脱砷、铝—电炉或顶吹熔池熔炼炉熔炼工艺;当铝渣中含砷量较低时,采用电炉或顶吹熔池熔炼工艺,顶吹熔池熔炼工艺具有生产流程短、锡冶炼回收率高、作业成本低等优势。

10.0.8 含有钽、铌、钨的砂锡矿在熔炼过程中产出熔炼炉渣,可采用烧结焙烧—氢氟酸分解—萃取分离法、硫酸浸出—氯化挥发法、电炉富集法和加压浸出—盐酸富集法等三种工艺。国内锡冶炼厂主要采用烧结焙烧—氢氟酸分解—萃取分离法工艺。

10.0.9 粗焊锡均采用硅氟酸电解精炼工艺生产精焊锡。在电解作业过程中,阳极中所含的铟 80% 进入电解液,铟不在阴极上析出,而是在循环的电解液中逐渐积累、富集。当电解液中铟积累、富集到一定浓度时(含铟 2.0g/L 以上),可抽出电解液回收生产粗铟或精铟。

11 再生锡回收

11.0.2 马口铁废料处理的方法有碱性溶液浸出法、碱性电解液电解法和氯化法三种。其中氯化法由于采用的氯气有毒,生产过程中管理难度大,且不易运输和存储,不推荐采用。目前国内锡冶炼厂大多数采用碱性溶液浸出法。碱性溶液浸出法除锡,是用苛性钠稀溶液清洗马口铁废料,再用热的苛性钠浓溶液配以适量氧化剂溶解镀锡层和铁-锡合金层,使之生成锡酸钠,然后利用不溶阳极电积或还原氧化物的方法得到金属锡。

11.0.4 本条对碱性溶液浸出法做出规定。

1 浸出处理前对马口铁废料进行清洗、脱漆、晾干,将晾干后的马口铁废料破碎成碎片再进行碱性浸出。

2 碱性溶液浸出生产实践中一般选用硝酸钠或亚硝酸钠。

3 碱性溶液浸出工艺复杂,操作环节较多,导致锡损失多,锡的总回收率偏低,一般为 90%。

11.0.5 本条对碱性电解液电解法做出规定。

1 电解前先对马口铁废料进行切开、分类、洗涤和打包等预处理。

2 从阴极取下海绵锡置于水中,加入 0.1% 酒石酸或 0.05% 甲酚磺酸;海绵锡经洗涤、压团和熔化后,产出粗锡。

3 阳极泥锡含量较高(约 20%),与海绵锡熔化过程中产生的渣一起处理,能降低回收处理成本,提高回收率。

11.0.7 对于锡含量高的废旧铜基合金、焊料、巴氏合金、电子废料和锡铅合金,直接进行熔化冶炼,调整成分,产出与原废料成分近似的再生合金铸锭。

11.0.8 锡铜合金废料的回收处理工艺,在现行国家标准《铜冶炼厂工艺设计规范》GB 50616 和《再生铜冶炼厂工艺设计规范》GB 51030 中已有详细规定,可根据合金成分遵照执行。

12 总平面及车间配置

12.1 一般规定

12.1.1 车间配置是工艺流程的具体体现,它包括的内容很多,其最重要的是应满足工艺流程的要求。

12.1.2 总平面布置及各车间配置要考虑风向的影响,对环境大气质量要求较高的设施布置在上风侧,产生粉尘或污染气体的设施一般布置在下风侧。

12.1.6 车间厂房柱距和跨度符合构件的统一化和标准化要求,可以加快设计进度,提高设计质量,节约投资。

12.1.10 工厂分期建设时,在总平面及车间配置上应预留后期建设厂房和设备的位置。

12.1.14 本条对烟化炉硫化挥发车间配置做出规定。

1 烟化炉与锡精矿熔炼炉就近配置,是为了便于将熔炼炉产出的熔融富锡渣通过渣包短距离运输加入烟化炉内,减少富锡渣的热量损失,同时减少烟气逸散对环境的污染。

2 熔融富锡渣属于高温熔体,出于安全考虑,在烟化炉加熔融富锡渣一侧一般不配置其他设施。

3 烟化炉本体为钢板水套拼接而成,炉体周边要留有钢板水套检修及更换的操作场地。

4 本款规定是为了满足操作、控制和运输的要求。

5 目前国内炼锡厂烟化炉出烟口多采用斜烟道形式与余热锅炉相连,斜烟道内积灰渣严重,清理难度大。新建烟化炉的出烟口与余热锅炉烟道直连,且锅炉烟道垂直设置在烟化炉上方,可以减少烟道积灰渣。

6 烟化炉水碎渣时,不可避免地会发生放炮现象,本款规定

是为了改善劳动条件,保证生产安全。

12.2 贮矿及配料

12.2.2 贮矿仓库及配料车间应当设置防风、防雨设施,避免锡精矿等物料流失或受潮;采暖地区采用封闭式厂房可以防止锡精矿冻结,必要时设置采暖和解冻等设施。

12.2.3 锡冶炼厂的贮矿、配料一般都设在同一厂房内,配料仓要占用厂房内的一定宽度,如果厂房跨度太小,则厂房利用率较低,且抓斗起重运输机操作不便,故推荐采用大跨度厂房,如 15m、18m 等。

12.2.4 为了避免起重运输机检修时妨碍其他起重运输机的正常运作,在厂房端头设置检修场地。

12.2.5 配料仓设置在主厂房内的一侧或一端,是为了充分利用厂房面积,便于起重运输机操作。

12.2.6 为了实现车间配置紧凑、节省投资的目的,将混料制粒设施合理配置。

12.3 炼前处理

12.3.1 本条对流态化焙烧车间配置做出规定。

1 流态化焙烧车间布置在贮矿厂房与熔炼厂房之间是为了车间之间物流顺畅,并缩短运输距离。

2 本款对流态化焙烧车间厂房的长度和宽度确定原则提出要求。设计时,可参考现有厂矿流态化焙烧车间的厂房长度和宽度,如某锡冶炼厂 6m^2 流态化焙烧车间配置,长 $\times$ 宽为 $6\text{m}\times 9\text{m}$;副跨厂房为 $6\text{m}\times 6\text{m}$ 。当炉子规格增大或减小时,可酌情修正。

4 厂房高度的确定,一般由焙砂冷却机,焙烧炉进料口、排料口高差,炉顶中间料仓、給料设备及有关溜槽高之总和确定。但对于一些改、扩建的小厂,当采用提升机給料及返回烟尘时,可以大幅度降低厂房高度,但提升机的故障率偏高。

12.3.2 本条对回转窑焙烧车间配置做出规定。

1 大型回转窑(如回转窑长度 $L \geq 30\text{m}$)的中段一般为露天布置,既可节省投资,又可改善劳动条件;而中、小型回转窑(如回转窑长度 $L < 30\text{m}$)的布置,一般采用全长厂房覆盖,并沿回转窑轴向设置连接走道,以便于巡检、维修等操作。

12.4 还原熔炼

12.4.1~12.4.3 这三条对火法熔炼厂房内柱子、基础,炉子周围禁设电缆、水管阀门井,设置事故坑的特殊要求做出规定。

12.4.4 本条对顶吹熔池熔炼车间配置做出规定。

1 本款为强制性条文,必须严格执行。有色冶金工厂已发生多起泡沫渣喷炉事故,造成人员伤亡和企业财产损失。控制室采取防火、防爆和隔热等防护措施,设置安全疏散通道,是确保控制室内操作人员安全,实现迅速撤离,保障人身安全的必要措施。2018年1月4日国家安全生产监察管理总局印发的《冶金企业和有色金属企业安全生产规定》(第91号令)第二十五条规定,企业的建(构)筑物应当按照国家标准或者行业标准规定,采取防火、防爆、防雷、防震、防腐蚀、隔热等防护措施。本款作为强制性条文,是为了贯彻落实国家有关安全生产监督管理要求,保障人民生命财产安全。

2 为了减轻工人劳动强度,实现机械化操作,顶吹熔池熔炼炉宜设置开口和堵口机械设备。

3 本款规定是为了方便顶吹熔池熔炼炉进料,且在炉内压力为正压时(非正常作业),便于移开进料皮带,防止烧坏进料输送机。

4 本款规定是为了收集粉尘,改善操作环境。

5 本款规定是为了保证顶吹熔池熔炼炉正常作业。

7 顶吹熔池熔炼厂房较高,楼层多,应设置客货两用电梯,以满足工作要求。

12.4.5 本条对电炉熔炼车间配置做出规定。

1~4 这四款是对厂房的结构,主跨配置电炉,上料、电极堆放场地,副跨配置电气、控制设备做出规定;

5 电炉熔炼车间主跨厂房内设置火法精炼锅、锡熔析炉等设施,既方便操作,又节省投资。

12.4.6 本条为强制性条文,必须严格执行。本条对电炉熔炼厂房安全及预防设施做出规定。

1 电极添加和检修平台有带电作业的可能,必须设置绝缘保护装置,以保证作业人员的生命安全。电极间设置绝缘挡板是为了保证不会因为任何情况在操作平台的电极间形成回路,保证作业人员的生命安全,1400mm 是作业人员手持金属探杆等工具的常规距离。添加和检修石墨电极时,带电作业会危及作业人员生命安全,必须断电作业。

2 检修起重机起吊或接触物体有可能带电,为了防止电流通过起重机金属伤及司机和损坏设备,必须设置绝缘保护装置,绝缘保护通常有吊钩绝缘、起升机构与小车架绝缘和小车与大车之间的绝缘,检修起重机的绝缘保护装置不少于 2 级。

3 电极把持器和支撑装置有带电作业的可能,其相连的管道支吊架必须为绝缘支吊架,避免作业人员触碰危及生命安全。

12.5 火法精炼

12.5.1 精炼锅配置于同一侧,可以利用主厂房的桥式起重机吊运固体粗锡、精炼渣、精锡等,方便往返吊运作业,提高起重机工作效率。

12.5.2 本条为强制性条文,必须严格执行。精炼锅、渣斗坑、离心除铁机、结晶机作业时会产生砷化氢气体,危害工人健康和安全,为了改善工作环境,防止砷化氢气体的危害,必须设置通风收尘装置。

12.5.3 电热机械连续结晶机布置在精炼锅对面,可以使厂房布

置紧凑。

12.5.5 锡锭堆场、存取作业场所是生产中不可缺少部分,要统筹配置,满足码锭、叉车转运、自动打包等空间要求。

12.5.6 精炼车间设置起重机和重量计量设施是为了满足物料转运、设备检修和产品重量计量的需要。

12.6 电 解 精 炼

12.6.1 一般锡电解槽数量不多,单跨配置已能满足要求。

12.6.2 目前国内的电解主厂房通常采用排架结构,电解槽按 2 列或 4 列分组配置方式,有利于导电母排的布置,以及减少导电母排的数量。

12.6.3 电解槽操作楼面标高的确定,直接影响电解主厂房高度和厂房投资,既要满足操作需要,又要考虑节省投资。考虑电解槽下阳极泥溜槽的合理坡度和槽下操作要求,电解槽楼面标高为 3.5m~4.0m,已被实践证明可以满足要求。

12.6.5 硅整流器室布置在电解厂房副跨或端头,是为了最大限度地缩短母线长度,减少电耗。

12.6.6 本条对起重机配置做出规定。

1 2m 是工人在电解槽面安全操作的高度。

2 本款规定是为了预防操纵不当而频繁启动限位开关。

3 主厂房无副跨一侧的采光通风条件好,有利于起重机工人的操作。

12.6.8 设置排水沟和集液坑是为了便于收集厂房内地面废水,回收利用,减少废水排放,提高金属回收率。

13 冶金计算

13.0.1 冶金计算以可靠的原料化学成分及物相组成资料为基础,当确实无法得到完整化学成分及物相组成资料时,可依据同类原料资料进行锡精矿的矿物合理组成计算,一般都可以满足冶金计算的要求。

13.0.2 原料中对环境影响、职业卫生、劳动安全敏感的元素,要求进行元素平衡计算,明确元素走向和形态。

13.0.3 冶金计算以“t/a”“m³/a”为计算基准,具有计算方便,直接体现设计规模数字的特点。数据精确到小数点后两位,可以满足冶金行业计算的精度要求。

13.0.4 这些计量单位遵照国家计量标准,也是冶金行业计算的惯例。