

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51445 – 2021

锑冶炼厂工艺设计标准

Standard for process design of antimony smelter

2021 – 06 – 28 发布

2021 – 12 – 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

锑冶炼厂工艺设计标准

Standard for process design of antimony smelter

GB 51445 - 2021

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:2021年12月1日

中国计划出版社

2021 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2021 年 第 122 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《锑冶炼厂工艺设计标准》的公告

现批准《锑冶炼厂工艺设计标准》为国家标准,编号为 GB 51445-2021,自 2021 年 12 月 1 日起实施。其中,第 5.7.10、5.8.12、5.8.13、5.9.10、5.10.11、5.10.12 条为强制性条文,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有限公司出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2021 年 6 月 28 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2017 年工程建设标准规范制修订及相关工作计划〉的通知》(建标〔2016〕248 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,总结了有色金属行业锑冶炼的实践经验,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,制定了本标准。

本标准的主要技术内容是:总则,术语,原料、辅助材料和燃料,物料贮存及准备,火法粗炼,火法精炼,湿法工艺,火法生产锑白,综合回收,冶金计算,车间配置。

本标准中以黑色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,由长沙有色冶金设计研究院有限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,请寄送长沙有色冶金设计研究院有限公司(地址:湖南省长沙市雨花区木莲东路 299 号中铝科技大厦,邮编:410014)。

本标准起草单位:长沙有色冶金设计研究院有限公司
昆明有色冶金设计研究院股份公司
锡矿山闪星锑业有限责任公司
湖南辰州矿业有限责任公司
中南大学
广西华锡集团股份有限公司
河南豫光金铅股份有限公司
中铝国际工程股份有限公司长沙分公司

本标准主要起草人员:	陈阜东	谭荣和	陈智和	邓孟俐
	王志刚	罗韵泽	舒见义	李志强
	杨雅历	刘志宏	汤裕源	任新平
	韩煜生	李卫锋		
本标准主要审查人员:	杨天足	刘 勇	陆 磊	陈为亮
	何启贤	金贵忠	陈 正	邓兆磊
	尹湘华	赵振波		

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	原料、辅助材料和燃料	(4)
3.1	原料	(4)
3.2	辅助材料	(4)
3.3	燃料	(5)
4	物料贮存及准备	(7)
4.1	物料贮存	(7)
4.2	物料准备	(7)
5	火法粗炼	(9)
5.1	一般规定	(9)
5.2	平炉挥发焙烧	(9)
5.3	鼓风炉挥发熔炼	(10)
5.4	鼓风炉富氧挥发熔炼	(11)
5.5	沸腾焙烧	(12)
5.6	烧结焙烧	(13)
5.7	鼓风炉还原熔炼	(13)
5.8	侧吹熔池熔炼	(14)
5.9	铅锑合金吹炼	(15)
5.10	底吹还原熔炼	(16)
5.11	反射炉还原熔炼	(17)
6	火法精炼	(18)
6.1	一般规定	(18)
6.2	反射炉精炼	(18)

7	湿法工艺	(20)
7.1	一般规定	(20)
7.2	酸性湿法工艺	(20)
7.3	碱性湿法工艺	(21)
7.4	矿浆电解工艺	(22)
8	火法生产锑白	(24)
8.1	一般规定	(24)
8.2	合金生产锑白	(24)
8.3	锑锭生产锑白	(25)
9	综合回收	(26)
9.1	一般规定	(26)
9.2	金回收	(26)
9.3	砷碱渣处置	(27)
9.4	铅渣回收	(27)
10	冶金计算	(29)
11	车间配置	(31)
11.1	一般规定	(31)
11.2	物料贮存及物料准备	(31)
11.3	鼓风炉挥发熔炼	(31)
11.4	反射炉还原熔炼、精炼	(32)
11.5	湿法车间	(32)
	本标准用词说明	(33)
	引用标准名录	(34)
	附:条文说明	(37)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Raw materials, auxiliary materials and fuels	(4)
3.1	Raw materials	(4)
3.2	Auxiliary materials	(4)
3.3	Fuels	(5)
4	Storage and preparation of materials	(7)
4.1	Storage	(7)
4.2	Preparation	(7)
5	Pyrometallurgical treatments	(9)
5.1	General requirements	(9)
5.2	Volatilization roasting in open-hearth furnace	(9)
5.3	Volatilization smelting in blast furnace	(10)
5.4	Volatilization smelting in oxygen enriched blast furnace	(11)
5.5	Fluidized roasting	(12)
5.6	Sinter roasting	(13)
5.7	Reduction smelting in blast furnace	(13)
5.8	Bath smelting in side-blown furnace	(14)
5.9	Blowing of lead-antimony alloy	(15)
5.10	Reduction smelting in bottom-blown furnace	(16)
5.11	Reduction smelting in reverberatory furnace	(17)
6	Pyrometallurgical refining	(18)
6.1	General requirements	(18)
6.2	Refining in reverberatory furnace	(18)

7	Hydrometallurgical processes	(20)
7.1	General requirements	(20)
7.2	Acidic hydrometallurgical process	(20)
7.3	Alkaline hydrometallurgical process	(21)
7.4	Slurry electrolysis process	(22)
8	Pyrometallurgical processes for antimony white production	(24)
8.1	General requirements	(24)
8.2	Blowing antimony white from alloy	(24)
8.3	Blowing antimony white from refined antimony	(25)
9	Comprehensive recovery	(26)
9.1	General requirements	(26)
9.2	Gold recovery	(26)
9.3	Treatment for arsenic-alkali residue	(27)
9.4	Recycling of lead slag	(27)
10	Metallurgical calculations	(29)
11	Workshop configuration	(31)
11.1	General requirements	(31)
11.2	Storage and preparation of materials	(31)
11.3	Volatilization smelting in blast furnace	(31)
11.4	Reduction smelting and refining in reverberatory furnace	(32)
11.5	Hydrometallurgical workshop	(32)
	Explanation of wording in this standard	(33)
	List of the quoted standards	(34)
	Addition;Explanation of provisions	(37)

1 总 则

1.0.1 为规范锑冶炼厂工艺设计,促进技术进步,做到经济合理、节能环保、安全可靠,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建和改建的锑冶炼厂工艺设计。

1.0.3 锑冶炼厂厂址的选择应符合厂址所在地土地利用总体规划及城乡规划,并应合理利用建设用地。

1.0.4 锑冶炼厂工艺设计应采用适应原料特性的工艺技术和装备。

1.0.5 锑冶炼厂工艺设计应利用有色金属资源,并应综合回收有价元素。

1.0.6 锑冶炼厂工艺设计应合理利用能源,并宜回收生产过程的烟气余热。

1.0.7 锑冶炼厂工艺设计,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 挥发熔炼 volatilization smelting

将物料中锑硫化物、锑氧化物熔炼、挥发,得到锑氧、粗锑、锑铊和炉渣的过程。

2.0.2 还原熔炼 reduction smelting

锑氧化(氧化铅锑)物料采用煤、焦炭等还原剂生产锑(铅锑)金属的熔炼方法。

2.0.3 火法粗炼 primary smelting by pyrometallurgical process

通过火法冶金过程处理含锑物料得到粗锑的冶炼工艺。

2.0.4 贵锑 precious antimony

含贵金属的锑合金。

2.0.5 泡渣 foam slag

锑氧还原熔炼产出的含锑、硅等呈蜂窝状的炉渣。

2.0.6 砷碱渣 arsenic-alkali residue

粗锑精炼加碱除砷产出的渣。

2.0.7 锑铊 antimony matte

挥发熔炼产生的含锑、铁的硫化物共熔体。

2.0.8 锑白 antimony white

锑冶炼的产品之一,又称三氧化二锑。

2.0.9 锑氧 antimony oxides

锑冶炼的一种中间产物,由锑的各种氧化物组成,主要成分为三氧化二锑。

2.0.10 次锑氧 secondary antimony oxides

反射炉还原熔炼与精炼过程产出的烟气在冷凝收尘系统中收集的氧化锑尘,主要为反射炉加料时飞扬的锑氧粉尘,另外,锑在

高温下氧化挥发随烟气带出的氧化锑。

2.0.11 锑烟灰 antimony flue dust

火法工艺处理含锑等有色金属的其他物料时,产生的富集了锑等有价金属的烟尘。

2.0.12 锑渣 antimony slag

火法工艺处理含锑等有色金属的其他物料时,产生的含锑、铅、铋、砷的氧化物共熔体。

2.0.13 铅锑合金 lead-antimony alloy

火法处理铅锑精矿、锑烟灰、锑渣时产生的含铅、锑、砷等金属的粗合金。

2.0.14 碱性湿法工艺 alkaline hydrometallurgical process for antimony production

硫化锑精矿经碱性溶液浸出和电积沉淀处理产出金属锑的过程。

2.0.15 阴极锑 cathode antimony

电解液中的锑离子,在直流电的作用下,在阴极上沉积的纯度较高的锑或锑合金产品。

2.0.16 铅渣 lead slag

火法精炼除铅过程中产生的渣。

3 原料、辅助材料和燃料

3.1 原 料

3.1.1 铈精矿的质量应符合现行行业标准《铈精矿》YS/T 385的有关规定。

3.1.2 铅铈精矿的质量应符合现行行业标准《铅铈精矿》YS/T 882的有关规定。

3.1.3 铈金精矿含铈宜大于 12%，含金宜为 30g/t~70g/t。

3.1.4 铈烟灰含铈宜大于 35%。

3.1.5 铈渣含铈宜大于 18%。

3.1.6 其他原料含铈宜大于 12%。

3.2 辅 助 材 料

3.2.1 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 石灰应符合现行行业标准《冶金石灰》YB/T 042 的有关规定。

3.2.2 硫铁矿含铁宜大于 35%。

3.2.3 化学品应符合下列规定：

1 氢氧化钠应符合现行国家标准《工业用氢氧化钠》GB/T 209 的有关规定；

2 碳酸钠应符合现行国家标准《工业碳酸钠及其试验方法 第 1 部分：工业碳酸钠》GB/T 210.1 的有关规定；

3 盐酸应符合现行国家标准《工业用合成盐酸》GB/T 320 的有关规定；

4 硝酸应符合现行国家标准《工业硝酸 稀硝酸》GB/T 337.2 的有关规定；

5 硫酸应符合现行国家标准《工业硫酸》GB/T 534 的有关规定；

6 氨水应符合现行国家标准《化学试剂 氨水》GB/T 631 的有关规定；

7 氯化铁应符合现行国家标准《工业氯化铁》GB/T 1621 的有关规定；

8 硫化钠应符合现行国家标准《工业硫化钠》GB/T 10500 的有关规定；

9 硫代硫酸钠应符合现行行业标准《工业硫代硫酸钠》HG/T 2328 的有关规定。

3.3 燃 料

3.3.1 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。

3.3.2 冶炼使用无烟煤时,无烟煤理化指标宜符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 无烟煤理化指标

固定碳(%)	挥发分(%)	干基灰分(%)	低发热值(MJ/kg)
≥70	8~9	12~15	≥25

3.3.3 使用粉煤做燃料时,粉煤质量指标宜符合表 3.3.3 的要求。

表 3.3.3 粉煤质量指标

粒度	挥发分(%)	灰分(%)	灰分熔点(℃)	水分(%)	低发热值(MJ/kg)
通过 0.074mm 筛孔>80%	15~25	<15.0	>1200	<1.5	>25

3.3.4 天然气应符合现行国家标准《天然气》GB 17820 的有关规定。

3.3.5 柴油应符合现行国家标准《车用柴油》GB 19147 的有关规定。

3.3.6 重油应符合现行国家标准《焦化重油》GB/T 28298 的有关规定。

3.3.7 煤气低发热值不宜小于 $5.23\text{MJ}/\text{m}^3$ 。

3.3.8 液化石油气应符合现行国家标准《液化石油气》GB 11174 的有关规定。

3.3.9 还原煤质量指标宜符合表 3.3.9 的规定。

表 3.3.9 还原煤质量指标

固定碳(%)	粒度(mm)	灰分(%)	水分(%)
>80	<5	<10.0	<5

4 物料贮存及准备

4.1 物料贮存

- 4.1.1 原料不应采用露天贮存方式。
- 4.1.2 块状硅石、石灰石、铁矿石等熔剂宜在室内贮存。
- 4.1.3 焦炭、烟煤宜采用有屋盖的仓库贮存方式。
- 4.1.4 粉状物料贮存应设有防尘、降尘设施。
- 4.1.5 不同物料应分类贮存,有腐蚀性物料的贮料仓应采取防腐、防渗措施。
- 4.1.6 原料、辅助材料及燃料的贮存时间宜为 15d~30d。
- 4.1.7 化学品贮存应符合现行国家标准《常用化学危险品贮存通则》GB 15603 的有关规定。

4.2 物料准备

- 4.2.1 采用火法工艺处理的块状含锑物料宜进行破碎处理,块度宜小于 100mm。
- 4.2.2 采用湿法工艺处理的含锑物料宜进行破碎、磨矿处理。
- 4.2.3 配料工序应设置物料抓取设备,并宜为抓斗桥式起重机或铲车。
- 4.2.4 配料方式宜采用仓式配料。
- 4.2.5 配料仓的贮存量宜大于 8h 的用量。块状及无黏结性粉料的配料仓壁倾角宜大于 60° ,烟尘仓壁倾角宜大于 65° ,熔剂仓壁倾角宜大于 55° 。
- 4.2.6 配料仓应设置给料设备和计量设备。
- 4.2.7 仓式配料宜采用自动控制系统,配料质量偏差宜小

于 2%。

4.2.8 配料系统中粉尘逸散部位应设置通风除尘装置。

4.2.9 粉状入炉物料宜进行混合、制粒作业。

5 火法粗炼

5.1 一般规定

5.1.1 工艺流程应根据原料性质、生产规模、产品方案、燃料供应、综合回收要求等,经技术经济论证后确定。

5.1.2 年均生产时间宜大于 300d。

5.1.3 燃料宜采用焦炭、天然气和液化石油气。

5.1.4 冶金炉的烟气处理应符合下列规定:

- 1 应设置尾气净化处理设施,尾气应达标排放;
- 2 宜设置余热利用设施。

5.1.5 工艺过程宜采用自动化控制。

5.1.6 铅铋精矿的焙烧工艺应符合下列规定:

1 含铜不大于 0.5%、铋不大于 0.1%的铅铋精矿,宜采用沸腾焙烧-烧结焙烧工艺;

2 含铜大于 0.5%、铋大于 0.1%的铅铋精矿,宜直接采用烧结焙烧。

5.1.7 熔池熔炼炉冷却水应采用软化水或除盐水。

5.1.8 冶金炉的进料口、放铋口、放合金口、放渣口及溜槽应设置通风除尘、净化设施。

5.2 平炉挥发焙烧

5.2.1 处理原料宜为中低品位含铋矿。

5.2.2 入炉物料应符合下列规定:

- 1 含铋宜为 10%~30%;
- 2 铋精矿粒度宜为 10mm~40mm;
- 3 无烟煤粒度宜为 50mm~80mm。

- 5.2.3 平炉单台炉床面积宜大于 8m^2 。
- 5.2.4 平炉炉床能力宜大于 $1.0\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 5.2.5 焙烧宜采取分批作业方式。
- 5.2.6 配煤比例宜小于 45%。
- 5.2.7 平炉挥发焙烧技术条件应符合下列规定：
- 1 焙烧温度宜为 $700^\circ\text{C} \sim 1100^\circ\text{C}$ ；
 - 2 鼓风强度宜为 $7.2\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min}) \sim 7.6\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ；
 - 3 鼓风风压宜为 $4.6\text{kPa} \sim 5.6\text{kPa}$ ；
 - 4 焙烧周期宜为 $6\text{h} \sim 7\text{h}$ 。
- 5.2.8 锑的回收率应大于 93%。
- 5.2.9 挥发焙烧产物应符合下列规定：
- 1 锑氧含锑宜大于 75%；
 - 2 炉渣含锑宜小于 0.8%。

5.3 鼓风炉挥发熔炼

- 5.3.1 处理原料宜为硫化锑精矿、混合锑精矿、氧化锑精矿、锑金精矿及泡渣等。
- 5.3.2 入炉物料应符合下列规定：
- 1 原料含锑宜大于 30%；
 - 2 粉精矿应进行配料、混合、制团或制块处理；
 - 3 制团粒度宜为 $8\text{mm} \sim 40\text{mm}$ ，水分含量宜为 4%~10%；
 - 4 块矿、泡渣块度宜为 $10\text{mm} \sim 100\text{mm}$ ，水分含量宜小于 1%；
 - 5 铁矿石等熔剂块度宜为 $30\text{mm} \sim 70\text{mm}$ ，水分含量宜小于 2%；
 - 6 燃料及还原剂宜为焦炭，粒度宜为 $25\text{mm} \sim 80\text{mm}$ 。
- 5.3.3 鼓风炉单台炉床面积应大于 1m^2 。
- 5.3.4 鼓风炉炉床能力宜为 $25\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 35\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 5.3.5 鼓风炉水套宜为汽化冷却水套。
- 5.3.6 鼓风炉熔炼宜采用低料柱、薄料层作业。

5.3.7 焦率宜为 30%~40%。

5.3.8 鼓风炉挥发焙烧技术条件应符合下列规定：

- 1 熔炼温度宜为 1150℃~1250℃；
- 2 炉顶烟气出口温度宜为 800℃~1000℃；
- 3 炉顶烟气出口压力宜为 -50Pa~-100Pa；
- 4 鼓风强度宜为 $50\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min}) \sim 80\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ；
- 5 鼓风风压宜为 4kPa~6kPa；
- 6 熔炼渣铁硅比宜为 0.4~0.8，钙硅比宜为 0.4~0.5。

5.3.9 锑的回收率宜大于 95%。

5.3.10 锑氧质量应符合下列规定：

- 1 表面冷却器锑氧含锑宜大于 78%，含硫宜小于 0.3%；
- 2 布袋收尘器锑氧含锑宜大于 79%，含硫宜小于 0.5%。

5.3.11 炉渣含锑宜小于 1.5%。

5.4 鼓风炉富氧挥发熔炼

5.4.1 处理原料应符合本标准第 5.3.1 条的规定。

5.4.2 入炉物料应符合本标准第 5.3.2 条的规定。

5.4.3 鼓风炉单台炉床面积应大于 1m^2 。

5.4.4 鼓风炉炉床能力宜为 $40\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 60\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

5.4.5 富氧鼓风炉炉壁结构宜为汽化冷却水套或铜水套。

5.4.6 富氧鼓风炉熔炼宜采用低料柱、薄料层作业。

5.4.7 焦率宜为 20%~30%。

5.4.8 鼓风炉富氧挥发焙烧技术条件应符合下列规定：

- 1 富氧浓度宜为 23%~30%；
- 2 熔炼温度宜为 1150℃~1350℃；
- 3 炉顶烟气出口温度宜为 900℃~1200℃；
- 4 炉顶烟气出口压力宜为 -50Pa~-100Pa；
- 5 鼓风强度宜为 $30\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min}) \sim 60\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ；
- 6 鼓风风压宜为 4kPa~9kPa；

7 熔炼渣铁硅比宜为 0.4~0.8, 钙硅比宜为 0.4~0.5。

5.4.9 铈的回收率宜大于 96%。

5.4.10 铈氧质量应符合本标准第 5.3.10 条的规定。

5.4.11 炉渣含铈宜小于 1.3%。

5.5 沸腾焙烧

5.5.1 处理原料宜为含铜不大于 0.5%、铋不大于 0.1% 的铅铋精矿。

5.5.2 入炉物料应符合下列规定：

- 1 粒度小于 0.074 mm 的铅铋精矿应大于 85%；
- 2 铅铋精矿水分含量宜为 6%~10%。

5.5.3 沸腾焙烧炉单台炉床面积应大于 5m²。

5.5.4 沸腾焙烧炉炉床能力宜为 7t/(m²·d)~9t/(m²·d)。

5.5.5 炉前应设置铅铋精矿贮料仓, 贮存量宜为 10h, 贮料仓锥角宜大于 65°。

5.5.6 焙砂冷却装置宜采用高效圆筒冷却机。

5.5.7 沸腾焙烧技术条件应符合下列规定：

- 1 沸腾层温度宜为 550℃~750℃；
- 2 烟气出口温度宜为 450℃~700℃；
- 3 炉顶烟气出口压力宜为 -50Pa~0Pa；
- 4 鼓风强度宜为 1800m³/(m²·h)~2000m³/(m²·h)；
- 5 鼓风风压宜为 25kPa~30kPa；
- 6 流态化层高度宜为 0.8m~1.0m；
- 7 流态化直线速度宜为 0.4m/s~0.7m/s；
- 8 物料在炉内停留时间宜为 2.0h~2.5h。

5.5.8 铈的直收率宜大于 98.5%。

5.5.9 铅的回收率宜大于 99.0%。

5.5.10 焙砂含硫宜小于 4%。

5.5.11 布袋除尘器铈氧含铅宜小于 3%。

5.6 烧结焙烧

5.6.1 处理原料宜为含铜小于 0.5%、铋小于 0.1% 的铅铋精矿。

5.6.2 入炉物料应符合下列规定：

1 铅铋精矿水分含量宜小于 10%；

2 烧结返粉粒度宜为 10mm~40mm；

3 铅铋精矿、沸腾炉焙砂、烧结返粉、含铅铋粉状中间物料应混合均匀，并应进行制粒处理，粒度宜小于 40mm；

4 混合料成分宜为硫 6%~8%、铅和铋 35%~40%、二氧化硅 12%~14%、氧化亚铁 16%~18%、氧化钙 8%~12%、水分 8%~10%。

5.6.3 烧结应采用履带式鼓风烧结机。

5.6.4 处理铅铋混合料的烧结机单位生产能力 $18\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 20\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

5.6.5 燃料宜采用天然气、煤气。

5.6.6 配煤比例宜为 2%~5%。

5.6.7 烧结焙烧技术条件应符合下列规定：

1 焙烧温度宜为 $750^{\circ}\text{C} \sim 950^{\circ}\text{C}$ ；

2 鼓风风压宜为 4kPa~6kPa；

3 烧结料层厚度宜为 300mm~400mm。

5.6.8 铋的回收率宜大于 97%。

5.6.9 铅的回收率宜大于 98%。

5.6.10 脱硫效率宜为 65%~75%。

5.6.11 结块率宜为 50%~70%。

5.6.12 烧结块含铋铅宜大于 38%，含硫宜小于 2.5%。

5.7 鼓风炉还原熔炼

5.7.1 处理物料宜为烧结块、压团块或渣块。

5.7.2 入炉物料应符合下列规定：

- 1 烧结块粒度宜为 50mm~150mm;
 - 2 焦炭、硅石、石灰石、铁矿熔剂粒度宜为 50mm~100mm;
 - 3 物料水分含量宜小于 5%。
- 5.7.3 鼓风炉单台炉床面积应大于 1m^2 。
- 5.7.4 鼓风炉炉床能力宜为 $35\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 40\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 5.7.5 熔炼还原产物应符合下列规定:
- 1 粗合金含锑铅宜大于 94%;
 - 2 炉渣成分宜为二氧化硅 21%~24%、氧化钙 15%~17%、氧化亚铁 32%~35%;
 - 3 炉渣含锑铅宜小于 3.5%。
- 5.7.6 炉渣应进行回收处理。
- 5.7.7 熔炼烟尘率宜小于 30%。
- 5.7.8 烟尘宜返回烧结炉或反射炉处理。
- 5.7.9 鼓风炉合金口、渣口、锑铕口及紧急合金排放口应设置操作平台及紧急疏散通道。
- 5.7.10 鼓风炉冷却水套供水严禁中断,水压必须稳定。
- 5.7.11 冷却水套宜设置清污口。

5.8 侧吹熔池熔炼

- 5.8.1 处理原料宜为铅锑精矿等含锑物料,混合物料含铅锑总和宜为 38%~45%,含锑宜大于 5%。
- 5.8.2 侧吹熔池熔炼宜采用氧化熔炼-还原熔炼工艺流程。
- 5.8.3 氧化熔炼物料应符合下列规定:
- 1 入炉物料应进行配料、混合和制粒处理;
 - 2 粒度宜为 10mm~25mm;
 - 3 水分含量宜小于 10%。
- 5.8.4 还原熔炼的物料应符合下列规定:
- 1 原料宜为氧化熔炼产出的液态氧化渣;
 - 2 还原剂宜为无烟煤或焦炭,粒度宜为 5mm~25mm;

- 3 熔剂宜为石灰石和铁矿,粒度宜为 5mm~25mm。
- 5.8.5 侧吹熔炼炉炉床能力宜为 $40\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 60\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 5.8.6 侧吹熔池熔炼技术条件应符合下列规定:
- 1 氧化熔炼富氧浓度宜为 80%~90%;
 - 2 还原熔炼富氧浓度宜为 50%~60%;
 - 3 氧化熔炼温度宜为 $1150^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$;
 - 4 还原熔炼温度宜为 $1150^{\circ}\text{C} \sim 1300^{\circ}\text{C}$;
 - 5 熔炼炉喷嘴鼓风风压宜为 70kPa~90kPa;
 - 6 氧化熔炼炉渣铁硅比宜为 1.2~1.5,钙硅比宜为 0.6~0.7;
 - 7 还原熔炼炉渣铁硅比宜为 1.5~1.8,钙硅比宜为 0.4~0.7。
- 5.8.7 熔炼系统锑的直收率应大于 92%。
- 5.8.8 氧化熔炼锑的挥发率宜小于 30%。
- 5.8.9 还原熔炼锑的挥发率宜小于 15%。
- 5.8.10 氧化熔炼和还原熔炼产出的铅锑合金含锑宜小于 6%。
- 5.8.11 还原炉渣含铅锑宜小于 2.5%,炉渣中的有价金属应回收。
- 5.8.12 富氧侧吹熔炼炉供风系统必须设置安保气源。
- 5.8.13 富氧侧吹熔炼炉的冷却系统必须连续供水,水压必须稳定。

5.9 铅锑合金吹炼

- 5.9.1 入炉物料应符合下列规定:
- 1 铅锑粗合金含铅锑宜大于 94%,含锑宜大于 20%;
 - 2 煤粒度宜为 5mm~10mm,水分含量宜小于 6%。
- 5.9.2 吹炼炉燃料宜采用天然气、煤气。
- 5.9.3 吹炼炉单台炉床面积应大于 10m^2 。
- 5.9.4 吹炼炉炉床能力宜大于 $0.7\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 5.9.5 吹炼供风系统应单独设置。
- 5.9.6 铅锑合金吹炼技术条件应符合下列规定:
- 1 吹炼前期,铅锑粗合金中含锑大于 25%时,吹炼温度宜为

850℃~950℃;

2 铅锑粗合金中含锑小于 25%时,吹炼温度宜为 800℃~850℃;

3 吹炼炉风量宜为 $370\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 425\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$;

4 吹炼风压宜为 4.7kPa~5.3kPa;

5 炉尾压力宜为 -50Pa~-100Pa;

6 吹炼周期宜小于 6d。

5.9.7 铅的回收率和锑的回收率应大于 95%。

5.9.8 吹炼产物应符合下列规定:

1 锑氧粉含锑宜大于 78%;

2 锑氧粉含铅宜小于 3%;

3 高铅锑含铅宜大于 80%;

4 高铅锑含锑宜小于 15%;

5 炉渣含锑铅宜为 35%~40%。

5.9.9 放炉口、扒渣口应设置操作场地及紧急疏散通道。

5.9.10 吹炼炉冷却水套供水严禁中断,水压必须稳定。

5.10 底吹还原熔炼

5.10.1 处理原料宜为锑烟灰、锑渣。锑烟灰含锑宜为 35%~70%,锑渣含锑宜为 18%~58%。

5.10.2 入炉物料应符合下列规定:

1 焦炭粒度宜小于 30mm;

2 熔剂粒度宜为 10mm~30mm;

3 入炉物料应进行配料、混合和制粒处理;

4 锑烟灰制粒粒度宜为 3mm~20mm,水分含量宜小于 10%;

5 入炉物料含砷宜小于 8%。

5.10.3 底吹还原炉炉床能力宜为 $1.8\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \sim 3.0\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

5.10.4 纯氧及天然气宜采用底部喷枪喷入。

5.10.5 熔炼宜采用连续加料、铅锑合金和炉渣间断同步放出至前床,澄清后间断分别放出铅锑合金与炉渣。

5.10.6 底吹还原熔炼技术条件应符合下列规定：

- 1 熔炼温度宜为 $1000^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 。
- 2 喷枪供气风压宜为 $0.4\text{MPa} \sim 0.8\text{MPa}$ 。
- 3 氧气和天然气体积比宜为 $1.5 \sim 1.9$ 。
- 4 熔炼炉渣铁硅比宜为 $1.0 \sim 1.4$ ，钙硅比宜为 $0.2 \sim 0.5$ 。

5.10.7 熔炼系统锑的回收率宜大于 95%。

5.10.8 铅锑合金含锑宜大于 50%。

5.10.9 熔炼烟尘率宜小于 20%。

5.10.10 炉渣含锑宜小于 1.5%。

5.10.11 底吹炉主驱动电机必须设置应急备用电源。

5.10.12 底吹炉的冷却系统必须连续供水，水压必须稳定。

5.11 反射炉还原熔炼

5.11.1 处理原料宜为粗锑氧。

5.11.2 入炉物料应符合下列规定：

- 1 入炉物料应配料，配料质量偏差宜小于 2%；
- 2 粗锑氧含锑宜大于 75%；
- 3 入炉物料水分含量宜小于 3%；
- 4 还原煤固定碳含量宜大于 80%；
- 5 入炉物料含砷宜小于 5%。

5.11.3 反射炉单台炉床面积宜大于 10m^2 。

5.11.4 反射炉炉床能力宜为 $1.0\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 1.5\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

5.11.5 炉膛温度宜为 $1100^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$ 。

5.11.6 粗锑含锑宜大于 95%。

5.11.7 次锑氧产出率宜小于入炉锑氧量的 20%。

6 火法精炼

6.1 一般规定

- 6.1.1 火法精炼宜采用反射炉精炼。
- 6.1.2 精炼的粗锑含锑宜大于 95%。
- 6.1.3 锑锭应符合现行国家标准《锑锭》GB/T 1599 和《高纯锑》GB/T 10117 的有关规定。

6.2 反射炉精炼

- 6.2.1 精炼宜包含加硫除铁、碱性精炼、氧化除铅、铸锭等工艺。
- 6.2.2 加硫除铁技术条件应符合下列规定：
 - 1 锑液温度宜为 750℃~850℃；
 - 2 应鼓入压缩空气搅拌锑液；
 - 3 硫化锑矿石含硫宜大于 18%，粒度宜小于 30mm；
 - 4 硫化锑矿石的加入量宜为锑液中含铁量的 3 倍~5 倍。
- 6.2.3 碱性精炼技术条件应符合下列规定：
 - 1 锑液温度宜为 750℃~850℃；
 - 2 碱性添加剂宜为氢氧化钠或纯碱，加入量宜为粗锑含砷量的 3 倍~5 倍；
 - 3 应鼓入压缩空气搅拌锑液。
- 6.2.4 氧化除铅技术条件应符合下列规定：
 - 1 锑液温度宜为 750℃~850℃；
 - 2 除铅用磷酸盐宜分多次加入，总加入量宜为粗锑含铅量的 3 倍~5 倍；
 - 3 应鼓入压缩空气搅拌锑液。
- 6.2.5 铸锭技术条件应符合下列规定：

- 1 锑液温度宜为 $700^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ 。
 - 2 铸锭宜采用机械连续铸锭机。
- 6.2.6 锑的直收率宜大于 75%。
- 6.2.7 锑的回收率宜大于 98%。
- 6.2.8 次锑氧产出率宜小于 18%。
- 6.2.9 砷碱渣中锑金属量宜小于精锑产量的 8%，并应进行综合回收处理。

7 湿法工艺

7.1 一般规定

- 7.1.1 湿法工艺可分为酸性湿法工艺、碱性湿法工艺和矿浆电解工艺。
- 7.1.2 浸出槽宜采用机械搅拌方式,并宜采用蒸汽间接加热方式。
- 7.1.3 年均生产时间宜大于 300d。
- 7.1.4 浸出、除杂及电解过程产生的废气、废水应处理后达标排放。
- 7.1.5 湿法工艺宜处理含贵金属硫化锑精矿。

7.2 酸性湿法工艺

- 7.2.1 浸出剂宜采用盐酸和氯气。
- 7.2.2 浸出技术参数应符合下列规定:
 - 1 浸出液固比宜为 4 : 1;
 - 2 浸出终点酸度宜为 3.0mol/L~3.3mol/L,锑离子浓度宜为 500g/L~550g/L;
 - 3 反应温度宜大于 60℃,中间槽冷却温度宜小于 60℃;
 - 4 反应时间宜大于 4h;
 - 5 浸出渣含锑宜小于 2%。
- 7.2.3 除杂工序技术参数应符合下列规定:
 - 1 硫化沉淀含砷宜小于 0.003%;
 - 2 氧化沉淀含砷宜小于 0.02%;
 - 3 冷却后溶液温度宜小于 20℃;
 - 4 除杂工序直收率应大于 96%;

- 5 渣含铈宜小于 25%。
- 7.2.4 水解技术参数应符合下列规定：
 - 1 铈液与去离子水比宜为 1 : 9~1 : 12;
 - 2 水解母液含酸宜为 0.8mol/L~1.0mol/L;
 - 3 水解母液含铈宜小于 0.8g/L;
 - 4 氯氧铈含铅宜小于 0.06%;
 - 5 氯氧铈含铁宜小于 0.01%;
 - 6 氯氧铈水分含量宜小于 12%。
- 7.2.5 中和技术参数应符合下列规定：
 - 1 中和剂氨水浓度不宜小于 20%;
 - 2 中和液固比宜为 1.5 : 1;
 - 3 转型时间宜为 2h~6h;
 - 4 转型温度宜为 40℃~45℃;
 - 5 中和酸碱度宜为 8.0~8.5。
- 7.2.6 氯气的贮存及使用应符合现行国家标准《氯气安全规程》GB 11984 的有关规定。

7.3 碱性湿法工艺

- 7.3.1 浸出剂宜采用氢氧化钠和硫化钠。
- 7.3.2 浸出技术参数应符合下列规定：
 - 1 浸出液固比宜大于 4 : 1;
 - 2 浸出液中的氢氧化钠浓度宜小于 100g/L,浸出液中硫化钠的浓度宜大于 80g/L;
 - 3 浸出温度宜大于 90℃;
 - 4 浸出时间宜大于 4h;
 - 5 浸出原料粒度宜小于 0.15mm;
 - 6 浸出渣含铈宜小于 1.0%。
- 7.3.3 电积技术参数应符合下列规定：
 - 1 阴极电流密度宜大于 300A/m²,阳极电流密度宜大于

500A/m²;

- 2 槽电压宜低于 5V;
 - 3 电积前液铈离子浓度宜大于 50g/L;
 - 4 电积后液铈离子浓度宜大于 20g/L;
 - 5 电积周期宜为 48h;
 - 6 阴极含铈宜高于 95%。
- 7.3.4 电积后液净化处理技术参数应符合下列规定:
- 1 电解后液净化处理宜采用冷冻结晶或蒸发结晶处理;
 - 2 蒸发结晶产生的蒸汽宜进行回收;
 - 3 冷冻结晶温度宜低于 10℃;
 - 4 冷冻结晶时间宜为 2h;
 - 5 冷冻结晶产生的硫化钠宜达到工业级硫化钠标准。

7.4 矿浆电解工艺

- 7.4.1 矿浆电解宜采用盐酸和三氯化铁或氯化亚铁溶液体系。
- 7.4.2 原料含铈宜大于 20%。
- 7.4.3 浸出工序技术参数应符合下列规定:
- 1 原料粒度宜小于 0.15mm;
 - 2 液固比宜为 10:1~15:1;
 - 3 阳极液酸度宜为 2.0mol/L~3.0mol/L,阴极补液铈离子浓度宜为 40g/L~60g/L,三价铁离子浓度应小于 1g/L;
 - 4 反应温度宜为 50℃~60℃;
 - 5 反应时间宜大于 4h。
- 7.4.4 浆化工序技术参数应符合下列规定:
- 1 调浆液固比宜为 4:1~6:1;
 - 2 浆化工序宜采用机械搅拌方式。
- 7.4.5 电解工序技术参数应符合下列规定:
- 1 电流密度宜为 200A/m²,槽电压宜为 2.0V~3.0V;
 - 2 矿浆流量宜为 0.4m³/h~1.0m³/h;

- 3 单槽阴极补液流量宜为 $0.3\text{m}^3/\text{h} \sim 0.6\text{m}^3/\text{h}$;
 - 4 浸出渣含锑宜小于 2%;
 - 5 阴极锑含锑宜大于 95%。
- 7.4.6 开路除铁工序技术参数应符合下列规定:
- 1 溶液中铁离子浓度大于 10g/L 时,宜进行开路除铁;
 - 2 溶液预处理至酸碱度宜为 $0 \sim 1$,再进行置换;
 - 3 置换温度宜为 $40^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$;
 - 4 置换时间宜为 $4\text{h} \sim 8\text{h}$;
 - 5 置换后,应处理回收溶液中的铁。

8 火法生产锑白

8.1 一般规定

8.1.1 火法生产锑白应根据鼓风强度不同,预先将原料中铅、砷等杂质元素的含量控制在一定范围内。

8.1.2 三氧化二锑产品质量应符合现行国家标准《三氧化二锑》GB/T 4062 和现行行业标准《三氧化二锑(冶炼副产品)》YS/T 1117 的有关规定。

8.2 合金生产锑白

8.2.1 入炉物料应符合下列规定:

- 1 铅锑合金含锑宜大于 45%;
- 2 铅锑合金含铅宜小于 20%;
- 3 铅锑合金宜先除砷,含砷宜小于 0.02%。

8.2.2 预精炼除砷温度宜为 450℃~550℃。

8.2.3 燃料宜采用天然气等清洁能源。

8.2.4 锑白炉单台炉床面积宜小于 4m²。

8.2.5 锑白炉炉床能力宜大于 0.7t 粗合金/(m²·d)。

8.2.6 氧化温度宜为 600℃~680℃。

8.2.7 吹炼供风系统风压宜为 0.5MPa~0.6MPa。

8.2.8 吹炼产物宜符合下列规定:

- 1 锑白含三氧化二锑宜大于 99.5%;
- 2 高铅锑含铅宜大于 65%;
- 3 高铅锑含锑宜小于 18%。

8.2.9 预精炼锑的回收率宜大于 93%。

8.2.10 锑的回收率宜大于 98.5%。

8.3 铈铟生产铈白

8.3.1 铈铟化学成分宜符合表 8.3.1 的规定。

表 8.3.1 铈铟化学成分

元素	Sb	As	Cu	Fe	S	Pb	Se	Bi	Sn
含量(%)	≥99.5	≤0.05	≤0.01	≤0.02	≤0.04	≤0.15	≤0.002	≤0.003	≤0.003

8.3.2 烟煤固定碳含量宜大于 55%。

8.3.3 焦煤理化指标宜符合表 8.3.3 的规定。

表 8.3.3 焦煤理化指标

固定碳(%)	挥发分(%)	干基灰分(%)	水分(%)	粒度(mm)
>80	<4	<15	<5	25~80

8.3.4 燃料宜采用天然气等清洁能源。

8.3.5 铈白炉单台炉床面积宜大于 2m^2 。

8.3.6 铈白炉炉床能力宜大于 $10.0\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

8.3.7 工艺宜采取分批加料连续作业的方式。

8.3.8 炉膛温度宜为 $800^\circ\text{C} \sim 1300^\circ\text{C}$ 。

8.3.9 鼓风强度宜为 $0.5\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min}) \sim 2\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 。

8.3.10 鼓风风压宜为 $0.15\text{MPa} \sim 0.8\text{MPa}$ 。

8.3.11 铈的回收率宜大于 99%。

9 综合回收

9.1 一般规定

- 9.1.1 锑冶炼产出的中间产物贵锑、铅渣、砷碱渣应综合回收有价元素。
- 9.1.2 贵锑宜吹炼富集至含金大于 10000g/t, 并应综合回收金等有价元素。
- 9.1.3 铅渣宜返回鼓风炉处理或采用湿法工艺进行综合回收。
- 9.1.4 砷碱渣宜采用湿法工艺综合回收。

9.2 金回收

- 9.2.1 贵锑含金宜大于 600g/t。
- 9.2.2 贵锑吹炼宜采用反射炉或转炉。
- 9.2.3 富贵锑生产技术条件应符合下列规定：
 - 1 进料温度宜大于 1200℃；
 - 2 吹炼除杂精炼温度宜大于 1000℃；
 - 3 鼓风烟化温度宜为 650℃~700℃；
 - 4 烟化比宜为 5%~7%。
- 9.2.4 产出富贵锑含金应大于 10000g/t。
- 9.2.5 富贵锑经磨粉后的粒度宜小于 0.038mm。
- 9.2.6 湿法提金生产技术条件应符合下列规定：
 - 1 浸出反应控制电压宜为 300mV~400mV；
 - 2 浸出后宜采用真空抽滤；
 - 3 产出的金粉含金应大于 90%。
- 9.2.7 金的回收率应大于 99%。
- 9.2.8 浸出液应进行综合回收处理。

9.3 砷碱渣处置

- 9.3.1 砷碱渣含锑宜小于 25%。
- 9.3.2 砷碱渣贮存设施的设计、选址、运营、监测、关闭和砷碱渣的堆放应符合现行国家标准《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597 的有关规定,并应与本地区危险废物处理设施建设工程规划一致。
- 9.3.3 砷碱渣处置宜采用湿法工艺。
- 9.3.4 砷碱渣浸出工序生产技术条件应符合下列规定:
- 1 砷碱渣粒度宜小于 5mm;
 - 2 液固比宜为 4:1;
 - 3 浸出温度宜小于 50℃;
 - 4 浸出时间宜为 1h。
- 9.3.5 砷浸出率宜大于 98%。
- 9.3.6 锑的回收率宜大于 95%。
- 9.3.7 浸出渣含砷宜小于 0.5%,浸出渣宜返回炼锑系统。
- 9.3.8 浸出液应进行沉砷处理。
- 9.3.9 沉砷渣应进行无害化处理,沉砷渣的固化填埋应符合现行国家标准《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598 的有关规定。
- 9.3.10 沉砷后液应进行处置,并应满足国家和地方环保要求。

9.4 铅渣回收

- 9.4.1 铅渣含锑宜为 25%~40%。
- 9.4.2 铅渣应进行破碎球磨处理,出料粒度宜小于 5mm。
- 9.4.3 浸出固液比宜为 1:2~1:4,浸出温度宜为 30℃~95℃。
- 9.4.4 浸出液酸碱度宜为 3~5。
- 9.4.5 蒸发浓缩终点密度宜为 1.3kg/L~1.5kg/L。
- 9.4.6 结晶温度宜小于 30℃,湿晶水分宜小于 10%。

9.4.7 铅渣回收工艺宜采取分批作业的方式。

9.4.8 锑的回收率宜大于 95%。

9.4.9 回收工艺产品含锑宜为 55%~70%。

10 冶金计算

10.0.1 冶金计算资料应包括锑原料和熔剂的化学成分全分析及物相分析、燃料的化学成分全分析及灰分物相分析等。

10.0.2 冶金计算基准宜采用“t/a 锑精矿或锑原料”，锑火法精炼和电解精炼计算基准宜采用“t/a 精锑”，数值应精确至小数点后 2 位。

10.0.3 平衡表中物料及元素质量宜以“t”计，贵金属质量宜以“kg”计；元素含量宜以“%”计，贵金属含量宜以“g/t”计；液体体积宜以“m³”计，组分浓度宜以“g/L”或“mg/L”计；气体体积宜以“m³”计，气体含尘量宜以“g/m³”或“mg/m³”计；成分宜以“%”计；热量宜以“kJ”或“MJ”计；时间单位宜采用“a”“d”或“h”。

10.0.4 冶金计算内容应包括物料平衡、元素平衡、热平衡、溶液平衡、烟气量、烟气成分、烟气含尘、氧气消耗量、鼓风量。各工序冶金计算内容应符合表 10.0.4 的规定。

表 10.0.4 冶金计算内容

工序	物料平衡	元素平衡	热平衡	鼓风强度 (氧气量)	烟气量 及烟气 成分	溶液 平衡
平炉挥发焙烧	√	√	√	√	√	—
鼓风炉(富氧)挥发焙烧	√	√	√	√	√	—
沸腾焙烧	√	√	√	√	√	—
烧结焙烧	√	√	√	√	√	—
鼓风炉还原熔炼	√	√	√	√	√	—
侧吹熔池熔炼	√	√	√	√	√	—

续表 10.0.4

工序	物料平衡	元素平衡	热平衡	鼓风强度 (氧气量)	烟气量 及烟气 成分	溶液 平衡
铅锑合金吹炼	√	√	√	√	√	—
底吹还原熔炼	√	√	√	√	√	—
反射炉还原熔炼、精炼	√	√	√	√	√	—
酸性湿法工艺	√	√	—	—	—	√
碱性湿法工艺	√	√	—	—	—	√
矿浆电解工艺	√	√	—	—	—	√
合金生产锑白	√	√	√	√	√	—
锑锭生产锑白	√	√	√	√	√	—

10.0.5 冶金计算宜采用计算机冶金计算程序进行。

11 车间配置

11.1 一般规定

- 11.1.1 车间配置应满足工艺生产及安全、环保、消防等要求。
- 11.1.2 车间配置方位应与总平面布置相适应。
- 11.1.3 各类火法焙烧、熔炼、粗炼、精炼的厂房设计应满足火法冶金厂房技术要求。
- 11.1.4 各类湿法浸出、水解、中和、压滤、洗涤、电解等的厂房设计应满足湿法冶金厂房技术要求。

11.2 物料贮存及物料准备

- 11.2.1 物料贮存及物料准备宜配置在一个厂房内。
- 11.2.2 仓式配料厂房宜为排架结构单层厂房。
- 11.2.3 贮料仓和配料仓应集中布置。
- 11.2.4 贮料仓及配料仓的数量和容积应根据贮存物料种类和贮量要求并经计算确定。
- 11.2.5 厂房内应设置抓斗桥式起重机或小型铲车。

11.3 鼓风炉挥发熔炼

- 11.3.1 鼓风炉挥发熔炼车间应选在原料、焦炭与熔剂仓库和反射炉熔炼之间,并应与主导风向平行布置。
- 11.3.2 供配电设施、环境通风除尘设施及给排水设施等辅助生产系统宜配置于鼓风炉一侧的副跨厂房内。
- 11.3.3 厂房应设置车间粉尘及废气处理系统,并应采用负压作业。
- 11.3.4 鼓风炉应配置在地面基础上。

11.4 反射炉还原熔炼、精炼

11.4.1 厂房宜采用单层排架结构。

11.4.2 厂房内宜设置桥式起重设备,起重设备的额定起重量应大于车间吊装作业的最大工作荷载;起重机轨顶标高不宜小于10m。

11.4.3 反射炉还原熔炼、精炼车间宜与焙烧或鼓风炉车间毗邻,也可配置在同一个厂房内。

11.4.4 供配电设施、环境通风除尘设施及给排水设施等辅助生产系统宜配置于反射炉一侧的副跨厂房内。

11.4.5 反射炉应配置在地面基础上。

11.4.6 小于 12m^2 的反射炉宜在炉顶设置1个~2个加料仓,仓顶应设置加料台,可采用人工加料至炉内。

11.4.7 大于 12m^2 的反射炉加料宜采用风动输送将锑氧送至炉顶料仓,宜采用自动加料方式。

11.4.8 铸锭机宜配置于相邻两台反射炉之间,两台反射炉应错开铸锭,若3台以上反射炉同时生产,宜设置2台以上铸锭机。

11.5 湿法车间

11.5.1 主厂房宜采用双层结构,浸出槽与过滤设备宜配置在第二层,泵和溶液贮槽宜配置在第一层。

11.5.2 浸出槽和过滤设备配置区域应设置检修设备,并应留有检修场地。

11.5.3 湿法厂房应进行防腐处理。

11.5.4 厂房应设置车间粉尘及废气处理系统,并宜采用负压作业。

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

- 《工业用氢氧化钠》GB/T 209
《工业碳酸钠及其试验方法 第 1 部分:工业碳酸钠》GB/T 210.1
《工业用合成盐酸》GB/T 320
《工业硝酸 稀硝酸》GB/T 337.2
《工业硫酸》GB/T 534
《化学试剂 氨水》GB/T 631
《锑锭》GB/T 1599
《工业氯化铁》GB/T 1621
《冶金焦炭》GB/T 1996
《三氧化二锑》GB/T 4062
《高纯锑》GB/T 10117
《工业硫化钠》GB/T 10500
《液化石油气》GB 11174
《氯气安全规程》GB 11984
《常用化学危险品贮存通则》GB 15603
《天然气》GB 17820
《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597
《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598
《车用柴油》GB 19147
《焦化重油》GB/T 28298
《工业硫代硫酸钠》HG/T 2328
《冶金石灰》YB/T 042
《硅石》YB/T 5268

《冶金用石灰石》YB/T 5279

《锑精矿》YS/T 385

《铅锑精矿》YS/T 882

《三氧化二锑(冶炼副产品)》YS/T 1117

中华人民共和国国家标准

锑冶炼厂工艺设计标准

GB 51445 - 2021

条文说明

编 制 说 明

《锑冶炼厂工艺设计标准》GB 51445-2021,经住房和城乡建设部 2021 年 6 月 28 日以第 122 号公告批准发布。

本标准制定过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了我国有色金属行业锑冶炼厂的生产实践经验,吸收了近十几年来锑冶炼工艺技术及装备方面的先进成果,对一些重要事项进行了专题研究和反复讨论,广泛征求了行业内专家和生产企业的意见,经专家委员会审定后确定各项技术要求。

为便于广大设计、生产、科研、学校等单位人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《锑冶炼厂工艺设计标准》编制组按章、节、条顺序编制本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。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	原料、辅助材料和燃料	(45)
3.1	原料	(45)
3.2	辅助材料	(45)
3.3	燃料	(45)
4	物料贮存及准备	(46)
4.1	物料贮存	(46)
4.2	物料准备	(46)
5	火法粗炼	(48)
5.1	一般规定	(48)
5.2	平炉挥发焙烧	(48)
5.3	鼓风炉挥发熔炼	(49)
5.4	鼓风炉富氧挥发熔炼	(49)
5.5	沸腾焙烧	(49)
5.6	烧结焙烧	(50)
5.7	鼓风炉还原熔炼	(50)
5.8	侧吹熔池熔炼	(51)
5.9	铅锑合金吹炼	(52)
5.10	底吹还原熔炼	(53)
5.11	反射炉还原熔炼	(55)
6	火法精炼	(56)
6.1	一般规定	(56)
6.2	反射炉精炼	(56)

7	湿法工艺	(58)
7.1	一般规定	(58)
7.2	酸性湿法工艺	(58)
7.3	碱性湿法工艺	(61)
7.4	矿浆电解工艺	(61)
8	火法生产锑白	(64)
8.1	一般规定	(64)
8.2	合金生产锑白	(64)
8.3	锑锭生产锑白	(65)
9	综合回收	(67)
9.1	一般规定	(67)
9.2	金回收	(67)
9.3	砷碱渣处置	(67)
9.4	铅渣回收	(67)
10	冶金计算	(69)

1 总 则

1.0.3 本条是对锑冶炼厂厂址选择的规定,锑冶炼厂厂址应按照国家有关法律法规的规定进行选择。《中华人民共和国土地管理法》第四条规定,使用土地的单位和个人必须严格按照土地利用总体规划确定的用途使用土地。《中华人民共和国城乡规划法》第九条规定,任何单位和个人都应当遵守经依法批准并公布的城乡规划,服从规划管理,并有权就涉及其利害关系的建设活动是否符合规划的要求向城乡规划主管部门查询。

1.0.4 本条对锑冶炼厂工艺流程、设备选型、装备水平、自动控制等方面提出原则要求。锑冶炼原料为锑精矿及铅、铜、锡冶炼过程产出的锑渣、锑烟灰等,其中锑精矿又包括锑硫化精矿、锑氧化矿、锑硫氧混合精矿及铅锑精矿、锑金精矿等;锑冶炼工艺的选择应根据原料来源、元素成分、形态及其产品要求,结合规模及各种工艺的技术特点,在满足环境保护要求的前提下,选择清洁生产水平高、经济适用的冶炼工艺,在工艺过程上应提高装备的机械化、自动化和信息化水平。

1.0.5 锑主要与铅、铜、锡等金属矿物共生,锑原料多含铅、锡、铜、金、银等,生产中会产生这些金属的富集物,这部分物料需要得到回收利用。

1.0.6 锑冶炼的工艺以火法为主,合理利用能源和节能降耗是火法冶炼工艺的共同要求,有必要在锑冶炼工艺设计中采取措施回收过程的烟气余热,实现节能降耗,从而降低生产成本。

2 术 语

2.0.4 含金大于 10000g/t 的贵锑一般称为富贵锑。

2.0.9 烟气系统表面冷却器高温段收集的为结氧,随着温度降低,依次为粉结氧、粉氧,布袋收尘器收集的为布袋氧。

3 原料、辅助材料和燃料

3.1 原 料

3.1.1、3.1.2 铈冶炼厂所用铈精矿的质量应符合并执行现行行业标准《铈精矿》YS/T 385、《铅铈精矿》YS/T 882 等的相关规定。

3.2 辅 助 材 料

3.2.1 熔剂是物料富集和粗炼工艺的主要辅助材料,不同的工艺和冶金炉要求不同粒级的熔剂。熔剂的化学成分与炉渣性质密切相关,直接影响冶金炉炉况、产品质量、金属回收率等,因此,要依据各冶炼铈的生产实践及研究机构的研究确定合理的渣型。熔剂一般选用标准中的高品级,减少渣量,也利于提高金属回收率和节能降耗。

3.2.3 本条所列是铈火法和湿法冶炼工艺中所需要的主要化学药品药剂,均为工业品,一般要尽量选用标准中的高品级,以利于产出高品质产品和提高金属回收率。

3.3 燃 料

3.3.1~3.3.9 铈冶炼使用的燃料有焦炭、土焦、无烟粉煤、有烟块煤、无烟块煤、天然气、柴油、重油、发生炉煤气、液化石油气等。焦炭、土焦、无烟粉煤主要用作还原剂;有烟块煤、无烟块煤主要用作燃料。燃料的选择根据冶炼厂建设条件和冶炼工艺要求确定。

4 物料贮存及准备

4.1 物料贮存

4.1.1 含铈原料除含有金属铈外,还含有硫、砷、铜、铅等元素,露天贮存易造成金属散失,同时对环境造成污染,不利于资源的综合利用及环境保护。

4.1.3 干焦炭有利于降低熔炼时能源消耗,采用有屋盖的仓库贮存可以防止焦炭、烟煤淋湿。

4.1.4 粉状物料装卸时会产生粉尘,影响操作人员的劳动卫生环境及身体健康,需设置通风及收尘装置,防止粉尘逸散。

4.1.6 物料的合理贮存时间,需综合考虑工厂工作及检修制度衔接、物料运输条件及物料贮存成本等因素,一般为 15d~30d,贮存量过小难以维持连续生产,贮存量过大则造成资金积压、加大生产成本。

4.1.7 铈冶炼需要用到碳酸钠、氢氧化钠、硝酸、盐酸、硫酸、硫化钠、硫代硫酸钠、氯化铁、氨水等化学品,其中氢氧化钠、硝酸、盐酸、硫酸、硫化钠、氯化铁、氨水属于危险化学品,应按现行国家相关标准进行贮存。

4.2 物料准备

4.2.1 焙烧过程需合理控制精矿粒度,以获得良好的烧结效果。破碎设备一般为颚式破碎机、对辊破碎机等。

4.2.2 湿法浸出过程的反应速度、浸出率与物料粒度密切相关,粒度越细,比表面积越大,反应速度越快,浸出率越高,因此应尽量降低物料粒度。破碎一般采用颚式破碎机,磨矿一般采用湿式溢流球磨机。

4.2.3、4.2.4 大型物料抓取设备的使用有助于提高生产效率,减轻劳动强度;配料是冶炼工艺物料准备的重要环节,稳定的配料有助于保持炉料成分均衡和维持适宜的熔炼制度,均衡性直接影响冶炼过程各项技术经济指标以及产品质量。配料方式一般有仓式配料和堆式配料两种。相比堆式配料,仓式配料易于实现配料过程的机械化和自动化控制,配料精度更高。

4.2.5、4.2.6 配料仓一般采用钢仓,钢仓仓斗角度要大于仓内物料的动安息角,根据生产经验确定,贮存量一般在 8h 以上。仓斗的适当位置要安装仓壁振动器或空气炮,以消除仓内物料的架拱搭桥现象。空气炮要采用干燥的压缩空气。根据物料理化性能选取配料仓下的给料设备:粉状锑精矿一般采用胶带给料机、圆盘给料机、计量胶带给料机;块状渣料、熔剂一般采用振动给料机或胶带给料机;烟尘一般采用螺旋给料机、星形给料机。计量设备推荐为电子皮带秤。

4.2.7 仓式配料系统一般采用 PLC(电力线通信)进行在线控制,有助于实现准确配料、维持混合料的成分稳定和炉子稳定操作。

4.2.8 设置通风除尘装置可以减少粉尘逸散,既有利于创造良好的职业卫生条件,也有利于提高资源的利用率。

4.2.9 经过混合、制粒后的炉料具有更高的孔隙率,有利于炉内热传导,提高熔炼效率,同时能有效降低烟尘率,提高有价金属回收率。

5 火法粗炼

5.1 一般规定

5.1.4 冶金炉生产过程中都会产出高温含尘烟气,其中熔池熔炼炉产出的烟气温度均在 1100℃ 以上,要设置余热锅炉回收余热,生产蒸汽;鼓风炉熔炼产出的烟气温度较低,为 200℃~400℃,一般不设置余热利用装置;处理硫化矿的氧化熔炼炉产出的烟气含二氧化硫(SO_2)浓度高,一般送制酸系统生产硫酸(侧吹炉处理硫化矿烟气可以采用两转两吸流程制取硫酸);处理氧化渣和铈二次物料的还原熔炼炉产出的烟气含少量的 SO_2 ,需要经过净化处理。所有熔炼炉产出的烟气尾气都应做到达标排放,符合现行国家标准《锡、铈、汞工业污染物排放标准》GB 30770 的有关规定。

5.1.6 生产中一般含铜不大于 0.5%、铈不大于 0.01% 的铅铈精矿,宜采用沸腾焙烧-烧结焙烧工艺,否则宜采用烧结焙烧工艺。

5.1.7 本条对熔池熔炼炉冷却水水质提出要求,是为了防止水冷套元件内结垢,引起堵塞管道。

5.2 平炉挥发焙烧

5.2.1 平炉挥发焙烧工艺对原料的适应性强,既能处理硫化矿,也能处理氧化矿,还能处理硫氧混合矿以及低熔点的铈矿,适合处理中低品位铈矿。平炉炼铈适用于中小型铈冶炼企业。

5.2.4 根据国内工厂生产经验,平炉床能力为 $0.9\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 1.1\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

5.2.5 平炉挥发焙烧可根据铈矿品位不同采用一次性进料、一次性出渣,多次进料、一次性出渣,多次进料、多次出渣的焙烧工艺。

5.2.7 能耗与熔炼周期成正比,周期越长,能耗越高。因此生产中要尽量缩短进、出料操作时间,降低能耗。

5.3 鼓风炉挥发熔炼

5.3.2 为确保入炉物料透气性,保障产出锑氧质量,鼓风炉对炉料块率、强度都有要求,入炉粉料需要经过制团或制粒。

5.3.4 本条关于鼓风炉炉床能力的规定是针对含锑物料而言。

5.3.7 本条关于焦率的规定是针对含锑物料而言。

5.3.8 鼓风炉需要采用微负压操作,防止炉顶烟气因正压导致外泄,但出口处的负压不要过大,否则会造成大量漏风。

鼓风炉鼓风风压主要取决于料柱的阻力,国内某企业鼓风炉加料前料柱高度 300mm~500mm,围炉风管处的鼓风风压控制要求为 4kPa~6kPa。

熔炼渣渣型成分比值为质量百分比。锑精矿的脉石成分主要是二氧化硅,因此一般选择高硅渣,用铁矿石和石灰石作熔剂。根据原料成分,在实际生产中,我国某企业对渣型的要求为二氧化硅 40%~50%、氧化亚铁 18%~25%、氧化钙 15%~22%。

5.4 鼓风炉富氧挥发熔炼

5.4.8 鼓风风压宜为 4kPa~9kPa 是指围炉风管处的压力范围。

5.5 沸腾焙烧

5.5.4 本条关于沸腾焙烧炉炉床能力的规定是针对处理铅锑精矿而言。在实际生产中,我国某企业流态化焙烧炉处理铅锑精矿的炉床能力为 $8t/(m^2 \cdot d)$ 。

5.5.5 沸腾炉的加料需连续、均匀、可控,故要在炉前设置贮料仓,并保证一定贮存量,避免断料。

5.5.10、5.5.11 沸腾焙烧的目的,一是尽量脱除精矿中的硫,二是初步实现铅锑分离,得到尽可能多较纯的布袋锑氧。

5.6 烧结焙烧

5.6.2 烧结焙烧炉入炉物料主要有精矿、返粉、焙砂和鼓风炉烟尘等,其化学组成要保持相对稳定,在没有焙砂作为原料时,需要二次烧结才能保证产出的烧结块的含硫低于 2.5%。

烧结焙烧入炉混合料要经过配料、混合及制粒,确保物料的成分均匀,且有合理的粒度,一般控制含硫 6%~8%、铅和锑 35%~40%、二氧化硅 12%~14%、氧化亚铁 16%~18%、氧化钙 8%~12%、水分 8%~10%。配料过程中要特别控制好炉料的含硫量,如含硫过高,在烧结时造成料层温度过高,引起过早烧结,破坏脱硫效果;含硫过低,则不能满足烧结过程的热要求。水分在点火后迅速挥发形成大量透气的毛细孔,有助于烧结的顺利进行,同时也可减少烧结前配料、混料过程中的扬尘。

5.6.7 为确保烧结效果,为鼓风炉提供合格的烧结块,需要合理控制焙烧温度、鼓风风压、烧结料层厚度。

5.7 鼓风炉还原熔炼

5.7.2 为保证炉料良好的透气性,需要对入炉物料粒度等进行限制。

5.7.3 本条关于炉床面积的规定是依照《锑行业准入条件》(国家发展和改革委员会公告,2006 年第 94 号)。

5.7.4 本条规定炉床能力的目的是基于经济上的考量,故规定了其应当达到的基本指标。

5.7.5 鼓风炉还原得到的粗合金还要进入下一工序进行铅锑分离,过多的杂质会增加下一工序的处理难度。

5.7.6 炉渣中除含铅锑外,还有约 10%的锌和少量的金属元素,均需回收,一般送至锌冶炼厂处理。

5.7.7 鼓风炉烟尘通常都需要回收处理,烟尘率太高则会造成生产成本过高、回收率降低。

5.7.8 烟尘成分受烧结块成分、粒度、鼓风炉的料柱高度等因素影响,一般含铅、锑、锡、硫等,国内某企业烟尘成分为铅 25%~30%、锑 35%~40%、锌 5%~7%、硫 2%~3%;烟尘最好返回烧结炉或反射炉处理。

5.7.9 本条规定是基于安全考虑。

5.7.10 本条为强制性条文,必须严格执行。鼓风炉的水冷水套元件在生产中必须连续供水,不允许断水。生产中一旦冷却系统供水中断,会使水冷元件内部的循环水汽化,压力上升,有发生爆炸的危险。由于炉温远高于水冷水套元件的熔点温度,水冷水套元件将被烧损,造成重大设备损坏。如果冷却系统供水压力不稳定,冷却水会分配不均匀,导致部分水冷元件内部缺水,造成同样严重后果。

5.8 侧吹熔池熔炼

5.8.3 氧化熔炼的入炉物料需要经过配料、混合及制粒,确保入炉物料的成分稳定均匀,并具有合适粒度,以便更好地促进熔炼化学反应的进行。入炉物料水分含量控制在 10%左右,水分过高,会导致烟气中水分高,露点温度下降,烟气余热利用及收尘系统设施容易结露腐蚀;水分太低,则制粒效果差,会导致烟尘率增高。

5.8.5、5.8.6 熔炼炉炉床能力与鼓风富氧浓度有关。富氧浓度范围根据国内铅锑冶炼厂生产实际数据确定。在实际生产中,富氧浓度要结合处理炉料量、炉料成分、熔炼炉开启喷嘴数量及风速确定,喷嘴风速一般控制为 200m/s~250m/s。渣型成分比值为质量百分比。由于铅锑精矿含硅较高,熔炼配入的熔剂一般为石灰石和铁矿,粒度不能大于炉料粒度,配入量根据熔炼渣型经过计算确定。某铅锑冶炼企业炉渣成分为二氧化硅 32%~42%、氧化亚铁 28%~35%、氧化钙 10%~15%。

5.8.12 本条为强制性条文,必须严格执行。本条规定为安全措施,目的是在停电或气源发生故障时,保证熔炼炉的供气压力,防

止炉内高温熔体倒灌进入喷嘴,并从喷嘴泄漏,发生事故,以便为现场人员封堵风口操作留出一定处理时间。一般情况下,安保气源的供给时间要求在 5min 左右,供气压力不能低于熔炼炉正常运行时的压力。

5.8.13 本条为强制性条文,必须严格执行。富氧侧吹熔炼炉的炉身、炉顶均由水冷水套元件构成,水冷水套元件采用循环冷却水冷却。这些水冷水套元件在生产中必须连续供水,不允许断水。生产中一旦冷却系统供水中断,会使水冷元件内部的循环水汽化,压力上升,有发生爆炸的危险。由于炉温远高于水冷水套元件的熔点温度,水冷水套元件将被烧损,造成重大设备损坏。如果冷却系统供水压力不稳定,冷却水会分配不均匀,导致部分水冷元件内部缺水,造成同样严重后果。

5.9 铅铋合金吹炼

5.9.3 本条规定依照《铋行业准入条件》(国家发展和改革委员会公告,2006 年第 94 号)要求:“反射炉炉膛不小于 10 平方米/座。”

5.9.4 本条关于吹炼炉炉床能力的规定是针对粗合金而言。

5.9.6 在实际生产中,国内某铋冶炼企业 10m^2 的吹炼炉风量大于 $3685\text{m}^3/\text{h}$,风压大于 4776Pa 。吹炼周期包括升温、投料、吹炼、放炉、封炉嘴的整个生产过程。在实际生产中, 10m^2 吹炼炉吹炼周期一般控制在 6d 以下,随着炉床面积的增大,生产周期可以适当延长。

5.9.9 本条是基于安全考虑,规定了放炉口、扒渣口应设置操作场地和紧急疏散通道。

5.9.10 本条为强制性条文,必须严格执行。吹炼炉的水冷水套元件在生产中必须连续供水,不允许断水。生产中一旦冷却系统供水中断,会使水冷元件内部的循环水汽化,压力上升,有发生爆炸的危险。由于炉温远高于水冷水套元件的熔点温度,水冷水套元件将被烧损,造成重大设备损坏。如果冷却系统供水压力不稳

定,冷却水会分配不均匀,导致部分水冷元件内部缺水,造成同样严重后果。

5.10 底吹还原熔炼

5.10.1 本工艺属于富氧熔池熔炼工艺范畴,适用于处理锑渣及锑烟灰,生产含锑多金属合金。我国某铅冶炼企业锑烟灰成分为锑 35%~70%、金小于 8g/t、银小于 5kg/t、铅 8%~23%、铋 0~1.9%、砷 14%~35%;锑渣成分为锑 18%~58%、金小于 10g/t、银小于 6kg/t、铅 14%~34%、铋 0.1%~6%、砷 4%~10%。

5.10.2 入炉物料需经过配料、混合和制粒处理。一般配料前将大块锑渣先期进行破碎处理,控制粒度不大于 100mm,其中无砖块等杂物。对锑渣及锑烟灰等含锑物料、返回烟尘、熔剂和无烟煤先进行配料,计量设备一般为电子皮带秤、计量螺旋秤等。经过配料的物料再进行混合及制粒。入炉物料水分含量控制在 10%左右,80%以上的物料粒度为 3mm~20mm。水分含量过高,烟气中水分就高,烟气露点温度下降,烟气余热利用及收尘系统设施容易结露腐蚀;水分含量过低,炉料的制粒效果差,导致烟尘率增高。制粒后的入炉物料也可以在炉前与就地返回的烟尘经电子皮带秤准确计量及混匀后加入底吹还原炉熔炼。

炉料中焦炭或无烟煤的主要作用是作为还原剂,同时也起到补充热量的作用;选用的造渣熔剂一般为石灰石和铁矿石。根据生产实践,配焦量一般为炉料量的 3%~5%,具体配焦量应根据熔炼炉热平衡计算确定,焦炭含碳应大于 60%,粒度不大于炉料粒度。生石灰含氧化钙不应小于 40%,铁矿石含铁不应小于 50%,生石灰和铁矿石的粒度不大于炉料粒度。

5.10.3 炉床能力中的料量指入炉物料的实物干量,包括锑原料、熔剂、返尘,不包含煤。某企业采用底吹熔炼炉处理含锑物料,处理炉料 100t/d,平均为 4t/h。采用的熔炼炉规格是 $\phi 3000\text{mm} \times 8000\text{mm}$,配套有 3 支氧枪。

5.10.5 本条根据国内企业生产实践经验确定了底吹还原熔炼的操作制度,确保锑与炉渣的有效分离。

5.10.6 熔炼炉渣的熔点一般在 $900^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$,为了确保炉内熔体有较好的流动性和较合理的黏度,使产物铅锑合金与炉渣有效分离,炉渣需要过热,熔炼温度要高于炉渣熔点 $100^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。

熔炼炉喷枪布置在炉子底部,氧气和天然气通过喷枪喷入炉内,天然气的主要作用为燃料和还原剂。氧气和天然气体积比控制在 $1.5\sim 1.9$,主要是为了保持炉内熔池的还原性气氛,避免熔池底部金属熔体氧化。

熔炼炉渣渣型铁硅钙比值为质量百分比值。

5.10.7 回收率是考核熔炼效果的主要经济技术指标,本条规定回收率宜大于 95% 是根据国内企业生产实践情况确定的。

5.10.8 还原熔炼产出的铅锑合金中含有一定量的易还原杂质金属,一般含锑大于 50% 、含铅小于 20% 、含砷小于 0.02% ,其余杂质为铜、铋、金、银。

5.10.9 烟尘率与熔炼温度、气氛控制、易挥发物含量有密切相关,根据国内相关企业生产实践,以干基炉料量计,烟尘率宜小于 20% 。

5.10.10 国内某企业锑熔炼还原炉渣成分见表1。

表1 锑熔炼还原炉渣成分

成分	Pb	Sb	As	FeO	SiO ₂	CaO
含量(%)	0.10~2.58	0.5~2.5	0.1~1.3	8~25	6~15	3.5~8.0

5.10.11 本条为强制性条文,必须严格执行。在实际生产中,底吹熔炼炉通过控制转动装置实现烘炉、熔炼、放铅锑合金、放渣、换枪等作业工位的切换,因此,炉子的转动装置必须设置应急备用电源,保证主驱动电机在失电时,应急备用电源能自动投运使炉体能迅速由工作位转至检修位。否则,可能会导致炉体倾转,进而导致高温熔体泄漏,使设施和人身遭受重大安全风险。

5.10.12 本条为强制性条文,必须严格执行。底吹熔炼炉的进料

口、喷枪部位均设置有水冷水套元件,水冷水套元件采用循环冷却水冷却。这些水冷水套元件在生产中必须连续供水,不允许断水。生产中一旦冷却系统供水中断,会使水冷元件内部的循环水汽化,压力上升,有发生爆炸的危险。由于炉温远高于水冷水套元件的熔点温度,水冷水套元件将被烧损,造成重大设备损坏。如果冷却系统供水压力不稳定,冷却水会分配不均匀,导致部分水冷元件内部缺水,造成同样严重后果。

5.11 反射炉还原熔炼

5.11.2 由于各种锑氧含金属杂质的量不同,如结氧、粉结氧、粉氧、次锑氧含铅、砷等挥发性杂质较少,而布袋氧含这些杂质则较多,故需按精锑等级要求进行搭配熔炼。

还原煤的质量主要影响还原反应速度和泡渣的产出量,高质量的还原煤反应速度快,冶炼时间短,泡渣产出量少,经济效益好。还原煤的质量指标见表 2。

表 2 还原煤质量指标

固定碳(%)	灰分(%)	水分(%)	粒度(mm)
>80	<10	<5	<5

6 火法精炼

6.1 一般规定

6.1.2、6.1.3 粗铈中的杂质铅在精炼时很难除去,砷等杂质虽能被除去,但消耗纯碱多,吹炼时间长,产出砷碱渣多,造成铈的直收率降低。根据生产实践经验,粗铈含铈大于 95%,才能生产出符合国家标准的产品。

6.2 反射炉精炼

6.2.1 现行国家标准《铈锭》GB/T 1599 对铈锭中铁、铜、硫、砷、铅等各杂质及杂质总量均有明确要求,粗铈只有经过除铁、除铜、除硫、除砷、除铅后,才能生产出符合要求的产品。

6.2.2 当铈中含铁超过规定时,通常加入高品位的硫化铈精矿进行除铁,硫化铈的加入量,按每千克铁消耗 1.0kg~1.4kg 硫计算。除铁后,应进行脱硫,纯碱是最好的脱硫剂,能将铈液中的硫除至 0.002%以下,一般用含砷较低的碱渣代替纯碱进行脱硫,也可以在加纯碱除砷过程中同时除去硫。

6.2.3 碱性精炼主要加入纯碱,吹入压缩空气除去砷,同时除去其他杂质,如铜、铁、硫等,以使得产品达到精铈标准。

纯碱的加入总量需根据铈液中含砷总量计算,理论上每千克砷消耗 2.12kg 纯碱,但实际用量均超过该数值。

6.2.4 现行国家标准《铈锭》GB/T 1599 对铈锭中铅的含量有严格规定,而铈中的金属杂质铅在精炼时很难除去,一般采用磷酸盐除铅。

6.2.5 炉床面积 12m² 以上时,每一炉次产出精铈 25t~40t,一般采用机械连续浇铸。机械铸锭时,铈液流入铈模的控制温度为

700℃~800℃,温度过高,会增加锑的氧化挥发,并使锑锭产生表面缺陷;温度过低,则不利于分离炉渣等夹杂物,还会使锑锭表面呈现黄釉和黑斑状缺陷。

6.2.6、6.2.7 反射炉精炼的直收率一般为70%~78%,因为精炼过程中产出大量的次锑氧和砷碱渣等回炉品,其中所含锑金属占入炉总含锑量的22%~30%,经分别处理后,总回收率可达98%以上。

6.2.9 砷碱渣渣率取决于锑液含砷量和砷碱渣含砷高低,一般情况下,为精锑产量的5.0%~7.5%,砷碱渣含锑宜为3%~30%。实际上砷碱渣成分变化很大,精炼高砷锑时,第一次产出的砷碱渣含砷高达7%~9%,而最后一次精炼产出的砷碱渣含砷低至1%以下,游离氧化钠可达30%以上。为降低纯碱的消耗,常将最后产出的低砷碱渣返回精炼炉使用。

7 湿法工艺

7.1 一般规定

7.1.1 我国的湿法炼锑工艺研究始于 20 世纪 60 年代,湿法炼锑工艺既能处理单一的含锑原料,又能处理复杂多金属矿,如锑金矿、锑铅矿、硫化-氧化混合矿以及冶炼厂的含锑烟尘。锑的湿法冶金工艺主要包括锑的浸出和浸出液的处理两个过程,浸出方法有酸性浸出和碱性浸出两种。矿浆电解工艺是一种湿法冶金新技术,它集湿法冶金通常包含的浸出、溶液净化、电积三个工序合为一体,利用电积过程的阳极氧化反应浸出矿石中的金属,使电积过程阳极反应的大量能耗转变为金属的有效浸出。

7.1.2 浸出槽内设置搅拌是强化扩散、加快浸出过程的需要,一般采用机械搅拌方式。浸出温度是浸出过程的重要参数之一,不仅影响锑的浸出率,也影响浸出时间。一般浸出温度要控制在 90℃ 以上,需要采用大量的蒸汽加热。为了不稀释溶剂浓度,一般采用间接加热方式。

7.2 酸性湿法工艺

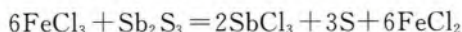
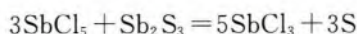
7.2.1 酸性湿法浸出是在酸性环境下,利用浸出剂浸出硫化锑精矿,再从浸出液制取锑白。目前工业上常用的是氯化浸出法,浸出剂采用盐酸和氯气,在盐酸环境下,用氯气作为浸出剂浸取硫化锑精矿,在浸出过程中,锑精矿中的硫大部分被氧化为单质硫进入浸出渣,一部分砷、铅、铁、铜等杂质及大部分金、银等贵金属也进入浸出渣中,锑形成可溶性氯化物进入溶液,从而实现锑与杂质的初步分离。氯气浸出液制取锑白的处理流程为浸出—除杂—水解—中和。

7.2.2 影响浸出率的主要因素包括浸出剂的用量和浓度、浸出温度、浸出时间、搅拌强度、矿浆液固比、盐酸用量等。

(1) 氯气用量。氯气的实际用量一般大于理论用量,通常在反应体系颜色发生变化后,再继续通入少量氯气则确认为反应完成。

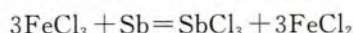
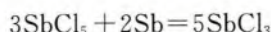
(2) 浸出温度。反应终点温度一般为 $90^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$, 浸出率达到 99% 以上。

7.2.3 除杂过程采用还原工艺,一次还原剂采用硫化锑精矿,其反应原理为:



一次还原反应为周期性作业,可分为还原、沉淀及压滤固液分离三个阶段。

二次还原反应的作用是将冷却液中的五价锑离子和三价铁离子还原成低价态,从而保证产品的质量。还原剂采用金属锑粉,反应原理为:



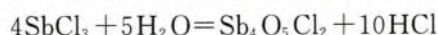
二次还原反应为周期性作业,可分为还原、沉淀、压滤固液分离、硫酸铜反应四个阶段。

二次还原反应采用下列技术操作条件:

(1) 还原剂采用金属锑粉,需控制含锑不小于 99.8%。

(2) 除杂剂采用工业级硫酸铜。

7.2.4 水解反应的作用是将液相中以氯化锑形式存在的锑转变为固体 $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$ 形式,通过水解反应可以去除绝大部分二次还原中的铅、铁等杂质,完成锑与这些杂质的分离。



随着水的加入,上述反应持续进行,亚铁离子、铅离子等杂质留在液相中,实现锑与杂质的分离。锑以氯氧锑形式从液相中析出,其中含铁、铅分别在 0.01% 和 0.10% 以下。

影响氯氧锑产品质量的因素主要有：

(1)水解母液酸度。水解母液酸度保持在 $0.8\text{mol/L} \sim 1.2\text{mol/L}$ 较为适当。

(2)反应温度。反应温度高,反应速度快,得到的氯氧锑颗粒粗,使得产品粒度粗;而反应温度低,得到的氯氧锑颗粒细,沉淀速度慢,操作不便。

7.2.5 中和反应的目的是将中间产物 $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$ 转化为立方晶型的 Sb_2O_3 ,并进一步除去氯氧锑中的铁、铅等杂质。

(1)影响中和反应过程的因素主要有反应液固比、转型温度、转型时间、中和酸碱度。

(2)中和反应除杂质一般采用氨水为中和剂。

(3)反应过程投入的氯氧锑与纯水比为 $1:1.5 \sim 1:2$ 。

(4)某企业高纯三氧化二锑质量标准见表 3。

表 3 高纯三氧化二锑质量标准

品级		特优级	0 级	1 级
化学 成分 (%)	$\text{Sb}_2\text{O}_3 \geq$	99.95	99.95	99.90
	As_2O_3	0.0010	0.0030	0.0050
	PbO	0.0010	0.0020	0.0030
	Fe_2O_3	0.0010	0.0020	0.0030
	CuO	0.0005	0.0010	0.0010
	Cl	0.0020	0.0030	0.0040
	Se	0.0010	0.0015	0.0020
	Cd	0.0005	0.0005	0.0010
物理 性能	白度(%)	≥ 93	≥ 91.5	≥ 90
	平均粒度(μm)	≤ 3	≤ 3.5	≤ 4

7.2.6 氯气属于有毒有害物质,氯气泄漏会造成工作人员中毒,引起安全事故,因此,在氯气贮存及使用场所需配置泄漏报警装置及应急处理设施。

7.3 碱性湿法工艺

7.3.1 碱性湿法工艺是在碱性环境下,浸出剂选择性浸出硫化锑精矿,浸出矿浆经过压滤,实现液固分离后,将滤液导入电解槽内,在直流电作用下,溶液中锑离子在阴极板上进行沉积,以达到制取金属锑的目的。工艺上用的浸出剂主要为硫化钠,在碱性条件下,硫化钠选择性浸出锑精矿中的硫化锑,而精矿中的砷、铅、铁、铜、铋、金、银等金属大部分留在渣中,从而实现锑与其他金属的分离。

7.3.2 浸出过程中影响浸出率的主要因素有溶液中浸出剂的浓度、浸出温度、浸出时间、搅拌强度、矿浆液固比、精矿粒度等。控制好浸出条件,可以使锑精矿中锑的浸出率达到95%以上。

7.3.3 本条是对电积过程中的阴极电流密度,阳极电流密度,槽电压,电积前、后液锑离子浓度的规定,为了保证电积效率、电流效率及阴极锑的品质,控制好溶液中钠离子的浓度,锑的电积率可达95%以上,阴极含锑可达95%以上,电积电耗可控制在 $4000\text{kW}\cdot\text{h/t}$ 以下。

7.3.4 浸出液经过电积后,溶液中将会有硫化钠产生,因此需要对溶液进行净化处理,才能实现电解后液的循环利用。电解后液净化处理需采取冻结结晶或蒸发结晶方式,结晶产物皆为硫化钠。结晶硫化钠可以加工为工业级硫化钠产品;蒸发蒸汽或冷冻液经回收可以作为浸出母液,用来浸出锑精矿。

7.4 矿浆电解工艺

7.4.1 矿浆电解工艺生产金属锑是在盐酸-氯化铁体系中,主要利用阳极反应浸出硫化锑矿中的锑,利用阴极反应生产金属锑的工艺。在浸出过程中,锑精矿中的大部分硫被氧化为元素硫进入浸出渣,大部分砷、铅、铜等杂质及金、银等贵金属均留在渣中,锑形成可溶性氯化物进入溶液,从而实现锑与杂质以及其他贵金属的初步分离。采用盐酸-氯化铁体系,氯化铁的作用相当于催化剂

和反应媒介,铈的浸出和电积同时在电解槽内完成。

矿浆电解工艺处理硫化铈矿的主要流程为:浸出一浆化—电解—压滤,根据铁的累积情况进行开路除铁。

7.4.3 浸出工序主要为了生成合格的阴极补液,并浸出反应原料中的小部分铈。浸出过程的主要影响因素为浸出液固比、溶液酸度、浸出温度、浸出时间、搅拌强度等。

2 本款规定了浸出液固比。浸出液固比是指电解后阳极液的体积与原矿的重量之比,液固比和阴极补液的用量密切相关,也和原料铈的百分含量相关。单次浸出液固比一般为 10:1~15:1。

3 本款规定了浸出酸度。在浸出反应中,盐酸的主要作用是防止氯化铈水解、增大铈的溶解度,并起到一定的浸出作用。氯化铈在酸度较低的情况下立即发生水解,因此浸出时应保持较高的酸度,但盐酸浓度太大,对后续处理工序和整体设备影响较大,所以生产中浸出酸度一般控制在 2.0mol/L~3.0mol/L。

4 本款规定了浸出温度。温度对浸出反应影响最大,温度升高,浸出率明显提高,反应速度显著加快,但温度过高,盐酸易挥发,且增加防腐及操作难度。本工艺中,温度一般为 50℃~60℃,浸出率约为 20%。

7.4.4 浆化工序主要进行调浆作业,以保证进料的稳定。

1 根据相关企业生产实践,调浆液固比为 4:1~6:1 时矿浆流动性好;

2 矿浆进料时宜进行机械搅拌,保证进料稳定均匀。

7.4.5 电解工序是矿浆在电解槽中进行铈的浸出(阳极),阴极补液补入阴极隔膜袋内进行金属铈的生产(阴极)的过程。

电解工序主要根据日产铈量计算处理量和矿浆流量,根据阴极补液铈离子浓度下降值计算阴极补液流量,再根据阴极补液量计算预浸所需的溶液量。

1 电流密度过低、过高都会影响电流效率,槽电压过高会降低电流效率,同时使杂质析出,导致阴极铈品位降低;

- 2 矿浆流量值可通过计算得出；
- 3 单槽阴极补液流量值可通过计算得出；
- 4 通过调节电流和控制原料进料，确保铈的浸出率和回收率。

7.4.6 在矿浆电解工艺中，随着铈的浸出，矿物中的铁也会部分浸出，从而在溶液中累积，当溶液中铁离子浓度大于 10g/L 时需进行除铁处理。

2 溶液中酸度过高，会消耗大量的金属铁，当溶液酸碱度大于 1 时，铈开始水解，故将溶液预处理至酸碱度为 $0\sim 1$ 时再进行置换，则效果佳且铁粉用量少，铁粉用量根据溶液中的铈、三价铁离子和酸的量来计算；

3 置换过程放热，控制置换温度为 40°C 左右时，可以保障电解时最佳温度为 $50^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ；

4 根据相关企业生产实践，置换时间为 $4\text{h}\sim 8\text{h}$ 。

8 火法生产锑白

8.1 一般规定

8.1.1、8.1.2 根据火法锑白生产原料的不同,选择不同鼓风强度的生产工艺,并预先将原料中铅、砷等杂质元素的含量控制在一定范围内,以产出符合国家质量要求的三氧化二锑产品。

8.2 合金生产锑白

8.2.1 本工艺属于锑白生产工艺,适用于从高杂质的铅锑合金中直接生产锑白,表4为某企业高杂质铅锑合金直接生产锑白的原料成分。

表4 铅锑合金成分

元素	Sb	Pb	Bi	Cu	As	Fe
含量(%)	50~65	10~18	5~9	0.5~2.0	1.0~3.5	3.0~7.5

铅锑合金直接生产锑白工艺原理是:基于砷及其他微量杂质能优先与氧化钠结合生成砷酸盐造渣,故先净化除去影响锑白质量的杂质砷与微量元素(达到含砷小于0.02%),铅锑合金除砷合格后,投入专用的氧化设备鼓风氧化,利用铅锑密度差异大、易分层、锑易于氧化挥发的性质,控制温度、风量和风压,使铅同锑、铜以金属形态富集于高铅锑中,锑优先氧化挥发产出三氧化二锑,即锑白。

8.2.2 预精炼除杂时需控制温度,温度过低,消耗的碱量大,成本高;温度过高,锑挥发损失大,回收率低。

8.2.3、8.2.4 锑白炉需要均匀加热合金物料,避免合金局部过热,产生熔体紊流,导致鼓风氧化时杂质铅的氧化挥发,影响产品白度。因此,锑白炉的加热燃料一般采用易控制、能多点均匀燃

烧、清洁高效的天然气和煤气。鉴于锑白炉加热均匀性的要求较高,熔体静置分离要求高,单台炉床面积不宜过大,宜小于4m²。

8.2.6、8.2.7 锑白炉氧化吹炼时需将温度、风压、风量控制在一定范围内。氧化吹炼温度过高,铅锑合金不分层,锑白含铅高,影响产品质量;温度过低,产能低,成本高。供风系统的风压和风量也直接影响产品质量和产品成本。

8.2.8 铅锑合金直接生产锑白是使铅锑合金中锑氧化挥发,而铅则富集沉在锑白炉的底部,实现铅锑分离。产品锑白质量在很大程度上取决于高铅锑含铅和残锑的多少。高铅锑残锑高,锑白质量高,锑直收率低;反之,锑直收率高,锑白质量差。在实际生产中,常控制高铅锑含锑在11%以上,表5为国内某企业铅锑合金直接生产锑白时控制高铅锑成分。

表5 铅锑合金直接生产锑白时控制高铅锑成分

元素	Sb	Pb	Bi	Cu	As
含量(%)	11~18	65~72	8~15	2~5	0.1~1.0

高铅锑还含有大量的有价金属,一般经进一步吹锑氧粉回收锑后,送至铅电解工序进行有价金属回收。

8.2.9、8.2.10 国内某企业铅锑合金直接生产锑白技术经济指标:预精炼工序锑的回收率为94%,氧化工序锑的回收率为99%。

8.3 锑锭生产锑白

8.3.1 我国约95%以上的锑白采用火法工艺生产。火法工艺流程短,通过熔化、氧化挥发和急剧冷却等步骤可以获得纯净的锑白,但火法工艺对原料质量要求高,因此常以精锑为原料,本条规定是根据锑白产品的质量标准制定的。

8.3.5、8.3.6 精锑生产锑白工艺一般采用锑白炉,锑白炉为反射式隔焰炉,炉床能力及炉床面积是结合锑行业实际生产指标以及结合《锑行业准入条件》提出的。

8.3.8 在生产实践中,锑白炉内锑液及反应区的温度一般控制在

1000℃左右,并保持稳定,若温度波动太大,将导致锑蒸气挥发量以及反应速度的变化,从而使反应生成的三氧化锑蒸气浓度发生变化,导致锑白结晶粒度不均匀,浓度大则粒度粗,反之则细,故温度波动将直接影响最终产品锑白的质量。

8.3.9 鼓风强度直接影响锑白的产品质量。鼓入的空气量包括一次空气量和二次空气量,均对维持锑液及氧化反应炉内的温度起重要作用,同时影响锑的挥发和氧化速度。若一次空气量大,将导致锑挥发量过大,而二次空气量不足,氧化反应速度过低,将导致金属锑直接进入锑白产品,降低了产品质量。若二次空气量过大,会使炉内温度降低,可能使氧化反应不彻底,也可能使三氧化二锑蒸气在进入骤冷器前,在较高的温度下结晶形成斜方晶体,从而影响产品质量。控制总空气量及一、二次空气量的比例,是保证锑白产品质量的重要操作。

9 综合回收

9.1 一般规定

9.1.1 贵锑中含有大量高附加值的贵金属,铅渣中含有有价金属铅,砷碱渣中含有大量的锑和砷,进行回收处理既回收了有价金属,又加强了环保治理,同步实现资源化、无害化或减量化。

9.2 金回收

9.2.1 富贵锑生产原料为鼓风炉前床产出的贵锑合金。贵锑合金含锑宜大于 85%,含金宜大于 600g/t,含铁宜小于 15%。

9.3 砷碱渣处置

9.3.1 砷碱渣处置原料为粗锑精炼阶段快速除砷工序产生的砷碱渣,砷碱渣成分为含锑 10%~25%、含砷 4%~20%。

9.3.2 砷碱渣中的砷一般为水溶性,一旦渗入地下或流入江河湖泊,将对环境造成严重危害。砷碱渣贮存设施需严格按照国家标准相关要求进行规划设计,以防造成严重后果。

9.3.3 目前,砷碱渣处理主要采用湿法工艺,采用水浸方法使锑、砷分离,回收其中的锑。含砷溶液一般采用化学沉淀法得到砷渣,再用水泥和石灰进行固化处理后填埋,以达到环保要求。

9.3.7 砷碱渣处置后所获浸出渣一般返回熔炼。

9.4 铅渣回收

9.4.1 处理铅渣的最终目的是最大限度地回收铅渣中的有价金属锑和铅,甚至可以综合利用磷酸盐。国内某企业铅渣成分及性

质见表 6。

表 6 铅渣成分及性质

Sb(%)	Pb(%)	P(%)	粒度(mm)	物理性能
25~40	5~15	10~13	≤40	坚硬块状、易潮解

9.4.9 国内某企业铅渣回收工艺产品质量指标见表 7。

表 7 铅渣回收工艺产品质量指标

Sb(%)	Pb(%)	P(%)	水分(%)	物理性能
55~70	8~15	≤2.5	≤10	灰色或淡黄色粉状

10 冶金计算

10.0.1 冶金计算要以可靠的原料化学成分及物相组成资料为基础。当缺少原始资料时,如原料是锑精矿时,可按矿石的物相组成进行锑精矿矿物合理组成的计算;若是含锑渣、烟尘等,则根据上游工艺特性进行理化推算。

10.0.2 原料以“t/a”作为冶金计算的基准,具有计算方便、直接体现设计规模数据的特点。数字取小数点后 2 位,可以满足冶金计算的精度要求。

10.0.3 本条中的计量单位应采用国家计量标准单位。

S/N:155182 · 0753



9 155182 075306

统一书号: 155182 · 0753

定 价: 15.00 元