

前 言

本标准是根据住房城乡建设部《关于印发〈2015 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2014〕189 号)的要求,由中国有色工程有限公司、长沙有色冶金设计研究院有限公司会同有关单位共同编制完成。

本标准编制过程中,编制组广泛调查研究,总结了有色金属行业铋冶炼的实践经验,在广泛征求意见的基础上,经过充分讨论、修改和完善,最后经审查定稿。

本标准共分 11 章,主要技术内容是:总则,术语,原料、辅料、燃料,物料贮存及物料准备,铋物料富集,铋火法粗炼,铋精炼,铋冶炼综合回收,冶金计算,公辅设施,车间配置。

本标准中以黑体字标识的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,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,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,本标准在执行过程中,请各单位结合工程实践,注意发现问题,总结经验,积累资料,并及时将有关意见和建议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,邮政编码:410001),以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国有色工程有限公司

长沙有色冶金设计研究院有限公司

参 编 单 位:昆明有色冶金设计研究院股份公司

株洲冶炼集团股份有限公司

中南大学

湖南柿竹园有色金属有限责任公司

湖南金旺铋业股份有限公司

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

主要起草人:谭荣和 陈智和 舒见义 邓孟俐 吴晓松

刘卫平 朱文平 陈 霖 肖 辉 李卫锋

郑继勇 王 斌 戴学瑜

主要审查人:杨天足 刘大春 袁节平 陈学刚 王志雄

沈 江 尹湘平 林文军 李 贵 张 浩

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	原料、辅料、燃料	(4)
3.1	原料	(4)
3.2	辅料	(4)
3.3	燃料	(5)
4	物料贮存及物料准备	(7)
4.1	物料贮存	(7)
4.2	物料准备	(7)
5	铋物料富集	(8)
5.1	一般规定	(8)
5.2	侧吹熔池熔炼	(8)
5.3	底吹熔池熔炼	(10)
5.4	鼓风炉熔炼	(10)
5.5	盐酸氧化浸出	(11)
5.6	氯盐直接酸浸	(12)
5.7	稀硫酸预浸—氯盐酸浸	(12)
5.8	铅铋合金电解	(13)
6	铋火法粗炼	(14)
6.1	一般规定	(14)
6.2	反射炉还原熔炼	(14)
6.3	转炉还原熔炼	(15)
6.4	反射炉混合熔炼	(15)
6.5	真空蒸馏粗炼	(16)

7	铋精炼	(19)
7.1	一般规定	(19)
7.2	火法精炼	(19)
7.3	硅氟酸盐电解精炼	(21)
8	铋冶炼综合回收	(22)
9	冶金计算	(23)
10	公辅设施	(24)
11	车间配置	(25)
11.1	一般规定	(25)
11.2	物料贮存及物料准备	(25)
11.3	熔炼富集	(25)
11.4	浸出	(26)
11.5	电解	(26)
11.6	火法粗炼	(26)
11.7	火法精炼	(27)
	本标准用词说明	(28)
	引用标准名录	(29)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Raw materials, auxiliary materials, 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	Enrichment process of bismuth materials	(8)
5.1	General requirement	(8)
5.2	Bath-smelting in rich-oxygen side-blown furnace	(8)
5.3	Bath-smelting in rich-oxygen bottom-blown furnace	(10)
5.4	Process of oxygen - enriched air smelting	(10)
5.5	Chloric acid oxidative	(11)
5.6	Chloride acid leaching process	(12)
5.7	Process of pretreatment by sulphuric acid-leaching by chlorine salt	(12)
5.8	Lead-bismuth alloys electro refining process	(13)
6	Pyrometallurgical bismuth primary smelting	(14)
6.1	General requirement	(14)
6.2	Reduction smelting in reverberatory furnace	(14)
6.3	Reduction smelting in converter	(15)
6.4	Hybrid smelting in reverberatory furnace	(15)

6.5	Smelting in vacuum furnace	(16)
7	Bismuth refining	(19)
7.1	General requirement	(19)
7.2	Pyrometallurgical refining	(19)
7.3	Electrorefining in fluate	(21)
8	Comprehensive recovery in bismuth metallurgical process	(22)
9	Metallurgical calculation	(23)
10	Auxiliary facilities	(24)
11	Plant arrangement	(25)
11.1	General requirement	(25)
11.2	Storage and preparation of materials	(25)
11.3	Smelting enrichment process	(25)
11.4	Leaching	(26)
11.5	Electrolysis	(26)
11.6	Pyrometallurgical primary smelting	(26)
11.7	Refining process	(27)
	Explanation of wording in this standard	(28)
	List of quoted standards	(29)

1 总 则

1.0.1 为规范铋冶炼厂工艺设计,确保工艺技术先进、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、改建和扩建铋冶炼厂工艺设计。

1.0.3 铋冶炼厂厂址选择,应符合行政区域规划,合理使用建设用地。

1.0.4 铋冶炼厂工艺设计应采用适应原料特性的工艺技术和装备,提高机械化、自动化和信息化水平。

1.0.5 铋冶炼厂工艺设计应充分利用有色金属资源,综合回收有价值元素。

1.0.6 铋冶炼厂工艺设计应做到合理运用能源,并回收利用生产过程的烟气余热,节能降耗。

1.0.7 环保、安全、消防及职业卫生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。

1.0.8 铋冶炼厂工艺设计,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 还原熔炼 reduction smelting

铋氧化物料采用煤、焦炭等作为还原剂生产铋金属的熔炼方法。

2.0.2 混合熔炼 mixture smelting

熔炼硫化铋精矿、铋氧化物料等混合物,通过交互反应及置换、还原反应生产铋金属的熔炼方法。

2.0.3 富氧熔池熔炼 oxygen-enriched bath smelting

将含铋物料和熔剂、燃料加入富氧空气强烈搅动的熔池中,迅速完成熔化、氧化、还原等冶金过程的强化熔炼方法。

2.0.4 鼓风炉熔炼 blast smelting

以块状或混捏物料为原料,焦炭为燃料或兼做还原剂,形成料柱并鼓入空气的熔炼方法。

2.0.5 氧化熔池熔炼 oxidation bath smelting

在氧化气氛下进行的富氧熔池熔炼。

2.0.6 还原熔池熔炼 reduction bath smelting

在还原气氛下进行的富氧熔池熔炼。

2.0.7 铅铋合金电解 lead-bismuth alloy electrolysis

以铅铋合金为阳极,纯铅片为阴极,硅氟酸和硅氟酸铅溶液为电解液,通过电化学作用,使阳极中的铅溶解并在阴极析出为金属铅的过程,铋富集在阳极泥中。

2.0.8 铋电解精炼 bismuth electrolytic refining

以铋阳极板为阳极,铜板、不锈钢板或铋始极片为阴极,含铋离子溶液为电解液,通过电化学作用,阳极中铋溶解并在阴极析出为金属铋的精炼过程。

2.0.9 火法富集 Pyrometallurgical enrichment

低品位铋物料通过火法冶金过程,使铋得到富集的工艺。

2.0.10 湿法富集 wet enrichment

低品位铋物料通过湿法冶金过程使铋得到富集的工艺。

2.0.11 火法粗炼 primary smelting by pyrometallurgical process

通过火法冶金过程处理含铋物料得到粗铋的冶炼工艺。

2.0.12 火法精炼 fire refining

通过火法冶金过程脱除粗铋中杂质得到精铋的工艺。

2.0.13 真空蒸馏 vacuum distillation

在一定真空条件下,利用金属沸点的不同,使物料中的某些金属以金属形态蒸发、冷凝,实现金属合金与物料分离的工艺。

2.0.14 铅基铋银合金 lead-based bismuth-silver alloy

含铅、铋、银的合金。

2.0.15 贵铅 precious lead alloy

含贵金属和稀有金属的铅合金。

2.0.16 氧化铋渣 bismuth oxide slag

贵铅在氧化精炼过程中产生的含铋渣料。

2.0.17 钙镁铋渣 slag containing calcium magnesium and bismuth

粗铅火法精炼除铋过程产出的含钙、镁、铋的渣。

2.0.18 海绵铋 sponge bismuth

采用置换法从含铋溶液中得到多孔疏松的海绵状含铋物料。

2.0.19 银锌渣 silver-zinc slag

粗铋火法精炼加锌除银过程中产出的含锌银物料。

2.0.20 铅铋渣 slag containing lead and bismuth

铜冶炼烟尘经过酸浸处理脱除大部分铜和锌后得到的含铅铋渣。

3 原料、辅料、燃料

3.1 原 料

3.1.1 铋精矿质量宜按现行行业标准《铋精矿》YS/T 321 的有关规定执行。

3.1.2 铋铅精矿宜含铋 0.5%~5%，铅 20%~40%，硫 10%~25%。

3.1.3 氧化铋渣含铋宜为 10%~60%，含银不宜大于 2%，块度不宜大于 100mm。

3.1.4 钙镁铋渣，含铋宜为 5%~20%。

3.1.5 铜冶炼烟尘含铋宜大于 3%。

3.1.6 铜冶炼烟气处理产出的酸泥，含铋宜大于 5%。

3.1.7 铋中矿含铋宜为 5%~15%。

3.1.8 粗锡电解阳极泥含铋宜为 4%~12%。

3.1.9 焊锡电解阳极泥含铋宜为 25%~40%。

3.1.10 锡铋合金含铋宜为 6%~15%。

3.1.11 其他物料含铋宜大于 1%。

3.2 辅 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 萤石应符合现行行业标准《萤石》YB/T 5217 的有关规定。

3.2.2 硫铁矿含铁宜大于 35%。

3.2.3 铸铁屑含单质铁宜大于 85%，宜无氧化结块，粒度宜小于 10mm。

3.2.4 锌块应符合现行国家标准《锌锭》GB/T 470 的有关规定。

3.2.5 化学品应符合下列规定：

1 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 210.1 的有关规定；

2 硫黄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；

3 氢氧化钠应符合现行国家标准《工业用氢氧化钠》GB 209 的有关规定；

4 液氯应符合现行国家标准《工业用液氯》GB 5138 的有关规定；

5 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。

6 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。

7 硫酸应符合现行国家标准《工业硫酸》GB/T 534 的有关规定。

3.3 燃 料

3.3.1 冶炼过程使用的焦炭、无烟煤，理化指标宜符合表 3.3.1-1 和表 3.3.1-2 的规定。

表 3.3.1-1 焦炭理化指标

粒 度	硫 (%)	挥发分 (%)	干基灰分 (%)	水分 (%)
25mm~150 mm	≤1.0	<1.8	≤15.0	≤6

表 3.3.1-2 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

3.3.2 使用烟粉煤做燃料时,粉煤质量指标宜符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 粉煤的质量指标

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

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

3.3.4 柴油应符合现行国家标准《普通柴油》GB 252 的有关规定。

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

3.3.6 煤气低发热值不宜小于 5.23MJ/m³。

3.3.7 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。

4 物料贮存及物料准备

4.1 物料贮存

- 4.1.1 原料不应采用露天贮存。块状硅石、石灰石和萤石等熔剂可露天堆存。
- 4.1.2 铋原料宜按袋装、散装及无腐蚀性和有腐蚀性分类贮存。
- 4.1.3 粉状物料贮存应设防尘、降尘设施。
- 4.1.4 原料、辅料贮存时间宜为 15d~30d。
- 4.1.5 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铋物料应破碎至粒度小于 100mm。
- 4.2.2 采用湿法工艺处理的含铋物料应破碎、磨矿至粒度小于 40 目。
- 4.2.3 配料车间应设置物料抓取设备,宜为抓斗桥式起重机或铲车。
- 4.2.4 火法冶炼工艺宜采用仓式配料。
- 4.2.5 配料仓宜贮存 8h 及 8h 以上用量。块状及无黏结性粉料的配料仓壁倾角不宜小于 60° , 烟尘仓壁倾角不宜小于 65° , 熔剂仓壁倾角不宜小于 55° 。
- 4.2.6 配料仓下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,配料质量偏差宜小于 2%。
- 4.2.8 配料系统上有粉尘逸散的位置应设置通风除尘装置。
- 4.2.9 粉状入炉料宜进行混合或制粒。

5 铋物料富集

5.1 一般规定

- 5.1.1 含铋小于 15% 的原料宜进行富集处理。
- 5.1.2 富集工艺选择应根据物料性质、建设规模和建设条件等因素确定。
- 5.1.3 富集工艺宜分为火法富集工艺、湿法富集工艺以及电解富集工艺三类。
- 5.1.4 火法富集工艺年均生产时间不应小于 300d,湿法富集及电解工艺年均生产时间不应小于 330d。
- 5.1.5 熔炼炉的烟气处理应符合下列规定：
 - 1 应设置余热利用设施；
 - 2 应设置二氧化硫综合利用或净化处理设施,达标排放；
 - 3 烟尘宜返回熔炼炉处理。
- 5.1.6 熔池熔炼炉的冷却系统必须连续供水。
- 5.1.7 冷却系统冷却水水质应达到软化水水质或除盐水水质要求。
- 5.1.8 熔池熔炼炉配套的氧气、氮气、燃气等压力管道系统设计应符合国家现行有关标准的规定。
- 5.1.9 富集工艺过程宜采用自动化控制。
- 5.1.10 熔炼炉的进料口及排放口、溜槽应设置通风净化设施。

5.2 侧吹熔池熔炼

- 5.2.1 处理原料宜为铋精矿、铋铅精矿。
- 5.2.2 氧化熔炼的入炉物料应配料、混合和制粒,粒度宜为 10mm~25mm,含水不宜大于 10%。

5.2.3 还原熔炼的物料应符合下列规定：

- 1 还原熔炼的原料宜为氧化熔炼产出的液态渣；
- 2 还原剂宜为无烟煤或焦炭，粒度宜为 5mm~25mm；
- 3 熔剂粒度宜为 5mm~25mm。

5.2.4 氧化熔炼炉床能力宜为 $50\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 60\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

5.2.5 还原熔炼炉床能力宜为 $50\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 60\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

5.2.6 氧化熔炼富氧浓度宜为 70%~90%。

5.2.7 还原熔炼富氧浓度宜为 55%~65%。

5.2.8 熔炼炉喷嘴鼓风压力宜为 60kPa~120kPa。

5.2.9 氧化熔炼温度宜为 1150℃~1250℃。

5.2.10 还原熔炼温度宜为 1150℃~1300℃。

5.2.11 氧化熔炼炉渣渣型宜为铁硅比 1.2~1.5，钙硅比 0.4~0.6，含铅 30%~40%。

5.2.12 还原熔炼炉渣渣型宜为铁硅比 1.1~1.5，钙硅比 0.5~0.7。

5.2.13 氧化熔炼烟尘率宜低于 20%。

5.2.14 还原熔炼烟尘率宜低于 10%。

5.2.15 氧化熔炼渣含硫宜为 0.1%~0.3%。

5.2.16 还原炉渣含铋宜小于 0.07%，渣中其他有价金属应进一步回收。

5.2.17 熔炼系统铋回收率不应小于 98%。

5.2.18 氧化熔炼炉渣应热态直接进还原炉熔炼。

5.2.19 富氧侧吹熔炼炉供风系统必须设置保安气源。

5.2.20 当氧化熔炼富集产物为高铋铅合金时，铋在其中的富集分配比率宜为 80%。

5.2.21 当还原熔炼富集产物为低铋铅合金时，铋在其中的富集分配比率宜为 20%。

5.3 底吹熔池熔炼

5.3.1 处理原料宜为氧化铋渣及铜冶炼烟尘。

5.3.2 入炉物料应符合下列规定：

- 1 宜配入粒度为 5mm~15mm 无烟煤或焦炭；
- 2 宜配入粒度为 5mm~15mm 的熔剂；
- 3 入炉物料应配料、混合和制粒，粒度宜为 3mm~15mm，含水不宜大于 10%；
- 4 混合料配料质量偏差宜小于 2%。

5.3.3 熔炼炉床能力宜为 $3\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}) \sim 5\text{t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

5.3.4 熔炼炉宜采用底吹喷枪喷入纯氧及天然气，氧气和天然气体积比值宜为 1.5~1.9。

5.3.5 喷枪供气压力宜为 0.6 MPa~1.0 MPa。

5.3.6 熔炼温度宜为 1100℃~1200℃。

5.3.7 熔炼炉渣渣型宜选取铁硅比 1.0~1.4，钙硅比 0.2~0.5。

5.3.8 熔炼烟尘率宜小于 20%。

5.3.9 铅铋合金含铋宜为 10%~25%，含铅宜为 70%~90%。

5.3.10 熔炼系统铋回收率不应小于 98%。

5.3.11 炉渣含铋宜小于 0.5%，渣中其他有价金属应进一步回收。

5.3.12 熔炼宜采用连续加料、间断放铅铋合金和渣。

5.3.13 底吹炉必须设置应急备用电源，主驱动电机失电时，炉体必须由工作位转至检修位。

5.4 鼓风炉熔炼

5.4.1 处理原料宜为铋氧化渣、铜铋渣。

5.4.2 入炉料应符合下列规定：

- 1 原料应配料、混合、制团或制块，团块含水不宜大于 10%，块度宜为 50mm~150mm，配料焦粉、石灰石粒度宜小于 5mm；

- 2 混合料配料质量偏差宜小于 2%；
- 3 石灰石块度宜为 15mm~25mm；
- 4 燃料兼还原剂宜为焦炭，块度宜为 50mm~150mm。
- 5.4.3 炉床能力宜为 $25\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 35\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 5.4.4 焦率宜为 12%~16%。
- 5.4.5 鼓风强度宜为 $30\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min}) \sim 45\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 。
- 5.4.6 鼓风压力宜为 6.5kPa~10kPa。
- 5.4.7 富氧浓度宜为 23%~28%。
- 5.4.8 熔炼温度宜为 1150℃~1250℃。
- 5.4.9 炉顶烟气出口温度宜为 200℃~400℃。
- 5.4.10 炉顶烟气出口负压宜为 -50Pa~-100Pa。
- 5.4.11 熔炼渣渣型宜选取铁硅比 1.2~1.5，钙硅比 0.5~0.6。
- 5.4.12 熔炼烟尘率宜为 3%~5%。
- 5.4.13 铅铋合金含铋宜为 10%~25%，含铅宜为 70%~90%。
- 5.4.14 炉渣含铋宜小于 0.5%。
- 5.4.15 鼓风炉炉壁结构宜为汽化冷却水套。
- 5.4.16 鼓风炉熔炼宜采用高料柱生产。
- 5.4.17 铋回收率不宜小于 98%。

5.5 盐酸氧化浸出

- 5.5.1 处理原料宜为铋中矿或低品位多金属铋矿。
- 5.5.2 浸出宜为始酸 70g/L~170g/L、液固比 2~5:1、浸出时间 4h~6h，常温浸出。
- 5.5.3 氧化剂宜为三氯化铁，浸出液含三价铁离子宜为 30g/L~60g/L。
- 5.5.4 浸出渣含铋宜小于 0.3%。
- 5.5.5 浸出液置换前宜先采用原料还原，还原后浸出液含三价铁离子宜小于 0.5g/L。
- 5.5.6 还原后的浸出液宜采用铁屑置换产出海绵铋，铁屑量宜为

理论量的 1.2 倍~1.4 倍,铋置换率宜大于 99%,海绵铋含铋宜大于 65%。

5.5.7 置换后液宜采用氯气再生三氯化铁,再生液含三价铁离子宜大于 35g/L。

5.5.8 浸出液可采用中和沉淀产出氯氧铋,中和沉铋终点 pH 值宜为 1.5~3,氯氧铋含铋宜大于 70%。

5.5.9 铋回收率应大于 95%。

5.5.10 浸出渣应综合利用。

5.6 氯盐直接酸浸

5.6.1 处理原料宜为氧化铋渣和铜冶炼烟灰。

5.6.2 氯盐直接酸浸宜采用氯化钠-硫酸体系。

5.6.3 浸出宜为始酸 100g/L~300g/L、氯离子 70g/L~250g/L、液固比 3~5:1,浸出时间 1.5h~4h,浸出温度 70℃~95℃。

5.6.4 浸出氧化剂宜为氯酸钠,用量宜为理论量的 1.2 倍~1.6 倍。

5.6.5 浸出液宜采用中和水解沉淀产出氯氧铋,中和终点 pH 值宜为 1.5~3,氯氧铋含铋宜大于 70%。

5.6.6 铋回收率应大于 90%。

5.6.7 浸出渣及中和水解后液应综合利用。

5.7 稀硫酸预浸-氯盐酸浸

5.7.1 处理原料宜为铜冶炼烟灰。

5.7.2 预浸宜为硫酸 20g/L~200g/L,液固比 2~6:1,温度 80℃~95℃,时间 2h~6h。

5.7.3 酸浸宜为始酸 100g/L~300g/L,氯离子 100g/L~250g/L,液固比 3~5:1,时间 2h~6h,温度 70℃~95℃。

5.7.4 浸出氧化剂宜为氯酸钠,用量宜为理论量的 1.2 倍~1.6 倍。

5.7.5 浸出液可采用中和沉铋,温度宜为 65℃~95℃,搅拌时间宜为 1h~3h,中和后液 pH 值宜为 1.5~3,氯氧铋含铋宜大

于 65%。

5.7.6 浸出液可采用铁屑置换铋,铁屑量宜为理论量的 1.2 倍~1.4 倍,温度宜为 55℃~75℃,时间宜为 2h~3h,海绵铋含铋宜大于 65%。

5.7.7 铋回收率应大于 90%。

5.7.8 浸出渣和预浸液应综合利用。

5.8 铅铋合金电解

5.8.1 铅铋合金含铅宜为 70%~90%,含铋宜为 10%~25%。

5.8.2 铅铋合金阳极板含铜不应大于 0.06%,含锑宜为 0.5%~1.5%。

5.8.3 电解技术参数应符合下列规定:

- 1 阴极板宜采用铅片;
- 2 同极距宜为 90mm~100mm;
- 3 电解槽导电方式宜采用复连法;
- 4 电流密度宜为 $60\text{A}/\text{m}^2 \sim 160\text{A}/\text{m}^2$;
- 5 槽电压宜为 0.4V~0.45V;
- 6 宜采用阴、阳极同周期电解,电解周期宜为 72h~96h。

5.8.4 电解液应符合下列规定:

1 成分宜为二价铅离子 60g/L~120g/L,铜离子小于 0.002g/L,硅氟酸根 170g/L~200g/L;

2 温度宜为 31℃~45℃。

5.8.5 电解液供液宜采用单级循环。

5.8.6 阴极铅含铋宜小于 0.001%。

5.8.7 阳极泥含铋宜为 35%~60%,含铅 10%~15%。

5.8.8 铋、铅回收率应符合下列规定:

- 1 铋回收率不应小于 99%;
- 2 铅回收率不应小于 98.5%。

6 铋火法粗炼

6.1 一般规定

- 6.1.1 含铋大于 15% 的原料或富集工艺产出的含铋物料宜采用火法粗炼工艺处理。
- 6.1.2 工艺流程应根据原料性质、生产规模、燃料供应、综合回收要求,经过技术经济论证确定。
- 6.1.3 年均生产时间不应小于 300d。
- 6.1.4 燃料宜采用天然气、液化石油气、柴油、粉煤、重油。
- 6.1.5 熔炼炉的烟气处理应符合下列规定:
- 1 宜设置余热利用设施;
 - 2 应设置二氧化硫综合利用或净化处理设施,达标排放;
 - 3 烟尘宜返回熔炼炉处理。
- 6.1.6 熔炼过程宜采用自动化控制。
- 6.1.7 铜铋的有价金属应综合回收。
- 6.1.8 熔炼炉的进料口、放铋口、放渣口及放铜铋口应设置通风净化设施。

6.2 反射炉还原熔炼

- 6.2.1 处理原料宜为氧化铋渣、铋氧化矿、氯氧铋、海绵铋。
- 6.2.2 入炉料应符合下列规定:
- 1 入炉料应配料,配料质量偏差宜小于 2%;
 - 2 块状物料块度不宜大于 200mm;
 - 3 入炉料含水分宜小于 8%。
- 6.2.3 反射炉床能力宜为 $0.8\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 1.2\text{t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 6.2.4 温度宜为 $1100^\circ\text{C} \sim 1300^\circ\text{C}$ 。

6.2.5 处理氧化铍渣、铍氧化矿、海绵铍的熔炼周期宜为 16h/炉～24h/炉。

6.2.6 处理氯氧铍的熔炼周期宜为 1d/炉～4d/炉。

6.2.7 熔炼产物应符合下列规定：

1 粗铍含铍宜为 45%～95%；

2 烟尘率宜小于 10%；

3 炉渣含铍宜小于 0.5%。

6.2.8 铍回收率应大于 95%。

6.3 转炉还原熔炼

6.3.1 处理物料宜为氧化铍渣、铍氧化矿、氯氧铍、海绵铍。

6.3.2 入炉料应符合下列规定：

1 入炉料应配料，配料质量偏差宜小于 2%；

2 块状物料块度不宜大于 100mm；

3 入炉料含水分宜小于 8%。

6.3.3 转炉床能力宜为 $0.8\text{t/m}^3 \sim 1.3\text{t/m}^3$ 。

6.3.4 炉内物料填充系数宜为 40%。

6.3.5 熔炼温度宜为 $1000^\circ\text{C} \sim 1250^\circ\text{C}$ 。

6.3.6 转炉出口烟气温度宜为 $950^\circ\text{C} \sim 1150^\circ\text{C}$ 。

6.3.7 烟尘率应小于 20%，烟尘应综合利用。

6.3.8 熔炼周期宜为 16h/炉～24h/炉。

6.3.9 粗铍含铍宜为 60%～80%。

6.3.10 炉渣含铍宜小于 0.5%。

6.3.11 铍回收率应大于 95%。

6.4 反射炉混合熔炼

6.4.1 处理原料宜为硫化铍精矿、铍氧化矿、含铍烟尘、氧化铍渣、氯氧铍。

6.4.2 入炉料应符合下列规定：

- 1 入炉料应配料,配料质量偏差宜小于 2%;
 - 2 混合料含铋宜大于 15%;
 - 3 物料粒度不宜大于 200mm;
 - 4 炉料水分宜小于 8%。
- 6.4.3 床能力 $1.2 \text{ t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 1.4 \text{ t}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。
- 6.4.4 进料口宜采用水套冷却。
- 6.4.5 温度宜为 $1100^\circ\text{C} \sim 1200^\circ\text{C}$ 。
- 6.4.6 烟尘率应小于 10%,烟尘应综合利用。
- 6.4.7 周期宜为 12 h/炉 $\sim$ 24h/炉。
- 6.4.8 粗铋含铋宜为 85% $\sim$ 95%。
- 6.4.9 炉渣含铋宜小于 0.5%,应综合回收渣中的有价金属。
- 6.4.10 铋回收率应大于 97%。

6.5 真空蒸馏粗炼

- 6.5.1 真空蒸馏粗炼宜处理贵铅、氧化铋渣和银铋渣。
- 6.5.2 真空蒸馏炉选型应符合下列规定:
- 1 处理贵铅宜选用电热连续内热式真空蒸馏炉,单台处理能力宜为 5t/d $\sim$ 10t/d;
 - 2 处理氧化铋渣和银铋渣宜采用间断式真空蒸馏炉,单台处理能力宜为 0.5t/d $\sim$ 2t/d。
- 6.5.3 进料方式应符合下列规定:
- 1 连续式真空蒸馏炉进料应采用电热熔化或保温、真空吸入方式;
 - 2 间断式真空蒸馏炉进料宜直接加入固态物料。
- 6.5.4 处理贵铅宜采用两段真空蒸馏。
- 6.5.5 真空蒸馏应符合下列规定:
- 1 铋挥发率应大于 95%;
 - 2 铅挥发率宜大于 95%。
- 6.5.6 真空蒸馏产物应符合下列规定:

1 处理含铋贵铅产物应符合下列规定：

- 1) 铅铋合金含铋宜大于 16%、含铅宜大于 70%、含银宜小于 40g/t；
- 2) 残渣含铋宜小于 2%。

2 处理氧化铋渣产物应符合下列规定：

- 1) 粗铋含铋宜为 60%~90%，银不宜大于 40g/t；
- 2) 粗银含银宜为 40%~80%，铋宜小于 5%。

3 处理银锌渣产物应符合下列规定：

- 1) 粗银含银宜为 60%~80%，含锌宜小于 3%，含铋宜小于 5%；
- 2) 锌铋合金应返回加锌除银工序。

6.5.7 真空蒸馏主要技术参数宜符合下列规定：

1 采用二级连续真空蒸馏工艺处理含铋贵铅应符合下列规定：

- 1) 蒸馏温度应为 950℃~1000℃；
- 2) 炉内绝对压强应为 10Pa~50Pa；
- 3) 电耗宜为 550kW·h/t~750kW·h/t。

2 采用间断式真空蒸馏炉处理氧化铋渣及银锌渣应符合下列规定：

- 1) 蒸馏温度应为 750℃~1200℃；
- 2) 炉内压强应为 10Pa~50Pa；
- 3) 蒸馏炉挥发时间应为 2h~6h；
- 4) 电耗应为 350kW·h/t~600kW·h/t。

6.5.8 回收率应符合下列规定：

1 采用二级连续真空蒸馏工艺处理含铋贵铅应符合下列规定：

- 1) 铋回收率应大于 99%；
- 2) 银回收率应大于 99%。

2 采用间断式真空蒸馏炉处理氧化铋渣和银锌渣应符合下

列规定：

1) 铋回收率应大于 98%；

2) 银回收率应大于 99%。

6.5.9 蒸馏炉应连续供电。

6.5.10 蒸馏系统的供水应符合下列规定：

1 真空蒸馏炉及其附属设施应供应冷却水；

2 冷却水应连续供水；

3 循环冷却水的给水压力应为 0.2MPa~0.4MPa。

7 铋 精 炼

7.1 一 般 规 定

- 7.1.1 铋精炼的粗铋含铋宜为 55%~95%。
- 7.1.2 铋精炼应脱除粗铋中的铜、碲、砷、锑、铅、银、锌。
- 7.1.3 铋精炼可根据粗铋成分选择火法精炼、电解精炼。
- 7.1.4 铋应符合国家现行标准《铋》GB/T 915、《高纯铋》YS/T 818 的有关规定。
- 7.1.5 铋精炼年均生产时间不应小于 310d。

7.2 火 法 精 炼

- 7.2.1 粗铋含铋宜大于 55%。
- 7.2.2 火法精炼工艺过程宜包含脱铜、氧化除砷和锑、加碱除碲、氯化除铅、加铈除银或真空蒸馏除银、氯化除锌、高温精炼、铸型。
- 7.2.3 火法精炼技术参数应符合下列规定：
 - 1 氧化除砷和锑应符合下列规定：
 - 1) 温度宜为 650℃~750℃；
 - 2) 作业时间宜为 1h~8h。
 - 2 加碱除碲应符合下列规定：
 - 1) 温度宜为 500℃~750℃；
 - 2) 作业时间宜为 0.5h~8h；
 - 3) 应鼓入压缩空气搅拌；
 - 4) 宜分多次加入氢氧化钠，加入量宜为粗铋量的 1.5%~2.0%；
 - 5) 终点含碲应小于 0.05%。
 - 3 氯化除铅应符合下列规定：

- 1) 温度宜为 $350^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$;
- 2) 作业时间宜为 $14\text{h} \sim 48\text{h}$;
- 3) 宜通入氯气, 表压压力宜为 $200\text{Pa} \sim 230\text{Pa}$;
- 4) 氯化铅渣含铋宜小于 3% 。
- 4 加锌除银应符合下列规定:
- 1) 作业温度宜为 $450^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$;
- 2) 宜采用机械搅拌;
- 3) 作业时间宜为 $2\text{h} \sim 12\text{h}$;
- 4) 捞渣温度宜为 $300^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$;
- 5) 锌加入量宜为理论计算量的 1.1 倍 ~ 1.2 倍。
- 5 真空蒸馏精炼除银应符合下列规定:
- 1) 蒸馏温度宜为 $750^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$;
- 2) 炉内绝对压强宜为 $10\text{Pa} \sim 50\text{Pa}$ 。
- 6 氯化除锌应符合下列规定:
- 1) 温度宜为 $350^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$;
- 2) 作业时间宜为 $4\text{h} \sim 48\text{h}$;
- 3) 宜通入氯气, 表压压力宜为 $100\text{Pa} \sim 200\text{Pa}$;
- 4) 含铋高于 3% 的氯化渣应返回粗炼系统处理。
- 7 高温精炼应符合下列规定:
- 1) 温度宜为 $550^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C}$;
- 2) 作业时间宜为 $2\text{h} \sim 6\text{h}$;
- 3) 宜鼓入压缩空气;
- 4) 宜加入氢氧化钠, 加入量宜为料重的 $0.5\% \sim 1.0\%$ 。
- 7.2.4 精铋铸型温度宜为 $350^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ 。
- 7.2.5 精铋铸型宜采用人工铸锭或机械连续铸锭机铸锭。
- 7.2.6 精炼锅材质宜采用铸钢, 规格宜为 $5\text{t}/\text{台} \sim 20\text{t}/\text{台}$ 。
- 7.2.7 精炼锅供热宜采用天然气、发生炉煤气、电能。
- 7.2.8 不含氯的锅面烟气应设置烟气捕集装置处理达标排放。
- 7.2.9 含氯的锅面烟气应设置吸收装置处理达标排放。

- 7.2.10 铋直收率不应小于 75.0%。
- 7.2.11 铋回收率不应小于 95.0%。
- 7.2.12 氯气储存及使用场所必须配置泄漏报警装置及应急处理设施。

7.3 硅氟酸盐电解精炼

- 7.3.1 处理原料宜为粗铋,含铋宜为 80%~90%,含铅宜小于 5%。
- 7.3.2 粗铋应经过初步火法精炼后铸造成铋阳极板。
- 7.3.3 铋阳极板含铋宜大于 90%,含铅宜小于 5%,含铜宜小于 0.3%,含锑宜为 0.5%。
- 7.3.4 技术参数应符合下列规定:
 - 1 阴极板宜采用紫铜片或 316L 不锈钢片;
 - 2 同极距宜为 90mm~120mm;
 - 3 电解槽导电方式宜采用复连法;
 - 4 电流密度宜为 $80\text{A}/\text{m}^2 \sim 110\text{A}/\text{m}^2$;
 - 5 电解周期宜为 5d~8d,同周期电解;
 - 6 电耗指标宜为 $140\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t} \sim 160\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ (阴极铋)。
- 7.3.5 铋电解液应符合下列规定:
 - 1 成分含三价铋离子宜为 $45\text{g}/\text{L} \sim 55\text{g}/\text{L}$,含铅离子宜小于 $3\text{g}/\text{L}$,游离硅氟酸宜为 $300\text{g}/\text{L} \sim 350\text{g}/\text{L}$,总硅氟酸根宜为 $390\text{g}/\text{L} \sim 450\text{g}/\text{L}$;
 - 2 温度宜为 $25^\circ\text{C} \sim 35^\circ\text{C}$ 。
- 7.3.6 循环量宜为 $30\text{L}/(\text{min}\cdot\text{槽}) \sim 50\text{L}/(\text{min}\cdot\text{槽})$ 。
- 7.3.7 阴极铋含铋宜大于 99%,应进一步火法精炼。
- 7.3.8 铋回收率不应小于 99%。
- 7.3.9 电解槽面及贮槽液面应有酸性气体收集设施。

8 铋冶炼综合回收

- 8.0.1 铋冶炼过程产生的含铅、锌、锑、铜、银、锡、碲中间物料应回收利用。
- 8.0.2 含铅、锌的熔炼渣宜采用烟化工艺回收。
- 8.0.3 锌银渣可采用湿法或真空蒸馏工艺处理。
- 8.0.4 砷锑烟尘可采用焙烧工艺处理。
- 8.0.5 铋锡中矿浸出渣可采用浮选或重选方法回收锡和铋。
- 8.0.6 氯化铅渣宜送铅冶炼回收铅、银。
- 8.0.7 碲渣宜送碲冶炼回收碲。
- 8.0.8 铜铋宜送铜冶炼回收铜。

9 冶金计算

9.0.1 冶金计算资料应包括铋原料及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内容。

9.0.2 冶金计算基准宜采用“t/a 铋精矿或铋原料”，铋火法精炼和电解精炼计算基准宜采用“t/a 精铋”，数值应精确到小数点后两位。

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

9.0.4 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 9.0.4 的规定。

表 9.0.4 冶金计算内容要求

工序 \ 内容	物料平衡	元素平衡	热平衡	鼓风量	氧气量	烟气量及烟气成分	溶液平衡
火法富集工艺	√	√	√	√	√	√	—
湿法富集工艺	√	√	—	—	—	—	√
火法粗炼	√	√	—	—	—	√	—
火法精炼	√	√	—	—	—	√	—
铅铋电解	√	√	—	—	—	—	—
硅氟酸盐 电解精炼	√	√	—	—	—	—	—

9.0.5 冶金计算宜采用计算机冶金计算程序进行。

10 公 辅 设 施

- 10.0.1 以粉煤为燃料的铋冶炼厂应设置粉煤制备设施。
- 10.0.2 富氧熔池熔炼应有稳定的工业氧气供应设施。
- 10.0.3 铋冶炼厂宜设置分析化验和环境监测设施,也可与其他生产系统共用。

11 车间配置

11.1 一般规定

- 11.1.1 车间配置应满足工艺流程及安全生产的要求。
- 11.1.2 车间配置方位应与总平面布置相适应。
- 11.1.3 各类熔炼富集工艺、熔炼粗炼、真空蒸馏粗炼、火法精炼的厂房设计应符合火法冶金厂房技术规定。
- 11.1.4 盐酸氧化浸出、盐酸直接酸浸、稀硫酸预浸—氯盐酸浸的厂房设计应符合湿法冶金厂房技术规定。
- 11.1.5 铅铋合金电解、硅氟酸盐电解精炼的主厂房设计应根据火法和湿法设备的区域配置,分别按火法冶金厂房技术要求和湿法冶金厂房技术要求进行。

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 熔炼富集

- 11.3.1 主厂房可采用混凝土框架多层结构,也可采用钢框架多层结构。
- 11.3.2 熔炼炉应配置在地面基础上。
- 11.3.3 加料区应设置加料楼面或平台。

11.3.4 配气管道系统不应与熔炼炉配置在同一层平面的同一跨度内。

11.4 浸 出

11.4.1 浸出主厂房宜采用双层结构,浸出槽与过滤设备宜配置在二层,泵和溶液贮槽宜配置在一层。

11.4.2 浸出槽和过滤设备配置区域应设置检修设备,应留有检修场地。

11.4.3 浸出厂房应进行防腐处理。

11.5 电 解

11.5.1 电解系统设备宜包括阳极板铸型、阴极制备、电解槽、电解液循环系统、析出产品洗涤及成品铸型、阳极泥洗涤、电解整流供电系统等设施。

11.5.2 设备宜配置在同一个车间或毗邻车间内。

11.5.3 火法设备和湿法设备应分区配置。

11.5.4 主跨厂房宜配置阳极板铸型、阴极制备、电解槽、析出产品洗涤及成品铸型、阳极泥洗涤设施。

11.5.5 电解整流供电系统、电解液循环系统宜配置在毗邻铅电解的副跨厂房内。

11.5.6 厂房内应设出装槽作业的起重设备,额定起重量应大于车间需要起吊作业的最大工作荷载。

11.5.7 起重机轨顶标高不宜小于8m。

11.6 火 法 粗 炼

11.6.1 厂房宜采用单层排架结构。

11.6.2 熔炼炉应配置在地面基础上。

11.6.3 厂房内应设桥式起重设备,额定起重量应大于车间需要吊装作业的最大工作荷载。

11.6.4 起重机轨顶标高不宜小于 8m。

11.6.5 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熔炼炉一侧的副跨厂房内。

11.6.6 真空蒸馏厂房设备配置应符合下列规定：

1 一台或多台真空炉宜配置于厂房一侧，另一侧宜作为原料及产品堆场；

2 厂房宽度宜为 9m 或 12m；

3 厂房内应设单梁桥式起重机，起重量不应小于 3t，驾驶室宜设置于真空蒸馏炉的对面；

4 厂房内桥式起重机轨顶标高不宜小于 8m；

5 真空炉周围应设置钢操作平台，净空高度不宜小于 2m；

6 钢操作平台下可设置旋片式真空泵及管道系统；

7 真空炉熔化锅一侧上空应设置通风收尘系统管道；

8 真空炉一侧墙壁宜设置轴流式通风机通风；

9 供电系统及给排水系统宜配置于靠真空炉一侧的副跨厂房内。

11.7 火法精炼

11.7.1 厂房宜采用单层排架结构。

11.7.2 铋锅宜配置在地面或地坑基础上。

11.7.3 铋锭浇铸设施宜配置在地面上。

11.7.4 精炼厂房可与火法粗炼厂房毗邻，也可在同一个厂房内配置。

11.7.5 液氯气瓶间设计应符合现行国家标准《有色金属工程设计防火规范》GB 50630 的有关规定。

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

- 《有色金属工程设计防火规范》GB 50630
- 《工业用氢氧化钠》GB 209
- 《工业碳酸钠及其试验方法 第1部分:工业碳酸钠》GB 210.1
- 《普通柴油》GB 252
- 《工业用合成盐酸》GB 320
- 《工业硝酸 稀硝酸》GB/T 337.2
- 《锌锭》GB/T 470
- 《工业硫酸》GB/T 534
- 《铋》GB/T 915
- 《工业硫磺 第1部分:固体产品》GB/T 2449.1
- 《工业用液氯》GB 5138
- 《液化石油气》GB 11174
- 《常用化学危险品贮存通则》GB 15603
- 《天然气》GB 17820
- 《焦化重油》GB/T 28298
- 《铋精矿》YS/T 321
- 《高纯铋》YS/T 818
- 《萤石》YB/T 5217
- 《硅石》YB/T 5268
- 《冶金用石灰石》YB/T 5279