

編 号：(65)109

內 部

# 出国参观考察报告

日本有色金属冶炼技术

中国科学技术情报研究所

一九六五年十一月

# 目 录

一、日本有色金属冶炼的概况和特点	1
二、足尾冶炼厂的閃灼熔炼	5
三、日立冶炼厂的轉炉富氧熔炼和佐賀关冶炼厂	17
四、四阪島冶炼厂的生精矿密閉鼓风炉熔炼	33
五、直島冶炼厂的反射炉、轉炉和精炼炉熔炼	45
六、小阪冶炼厂的复杂硫化矿处理	49
七、志村冶炼厂的镍高錳电解和镍鉄冶炼	64
八、岡山冶炼厂的黄鉄矿綜合利用	68
九、神岡鉛鋅冶炼厂	73
十、細仓鉛鋅冶炼厂	86
十一、日本銅电解工厂	99
十二、日本有色金属冶炼厂利用废气制酸	116
十三、日本有色金属冶炼厂的废热利用	122
十四、对日本銅冶炼技术的評述	134

# 日本有色金属冶炼技术

## 一、日本有色金属冶炼的概况和特点

### (一) 概 况

日本已知的铜铅锌镍冶炼厂约有三十多个，全国的总产量：

铜 年产 330000 吨  
 铅 年产 107960 吨  
 锌 年产 290000 吨  
 镍 年产约 15000—20000 吨。

表 1 12 个 冶 炼 厂 情 况 统 计 表

工厂	所属公司	产品及规模 (以月计)	原 料	从原料中综合 回收的产品	生 产 方 法	有 那 些 新 技 术	职 工 人 数	工 厂 地 址	其 他
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
足尾冶炼厂	古河矿业	粗铜 3000 吨/月 浓硫酸 12000 吨/月	本所铜精矿 进口铜精矿	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Pb	精矿载流干燥， 闪灼熔炼，冰铜 炉吹炼，炉渣电炉 贫化，废气制酸。	从芬兰购 买的闪灼熔 炼技术在精 矿载流干 燥，空气预 热器等方面 又有所改 进。	全厂共 310 人其中 冶炼 131 人， 硫酸 44 人， 工务 67 人， 分析 31 人， 总务 36 人。	榧木 县上都 贺郡	工厂占地 33000 米 <sup>2</sup>
日立冶炼厂	日本矿业	电铜 4000 吨/月 硫酸 15000 吨/月	本所铜精矿 进口铜精矿	Au·Ag·Pt Se·ZnSO <sub>4</sub> · Pb·NiSO <sub>4</sub> · Pd	铜精矿制粒干 燥，加入转炉富氧 熔炼，转炉渣浮选， 转炉烟气和沸腾焙 烧 FeS <sub>2</sub> 烟气一起 制酸，遇转炉精炼， 电解。	精矿制粒 干燥，转炉 富氧熔炼鲁 奇式沸腾焙 烧炉，转炉 渣浮选。	冶炼厂共 1400 人(全 公司 2930 人)其中冶 炼 290 人，硫 酸 109 人，电 解 309 人(其 中管理 31 人)。	茨城 县立市	全部资金 连矿山一 起 130 亿 日元(包 括硫酸 厂)占地 44325 米 <sup>2</sup>
四阪岛冶炼厂	住友金属矿	粗铜 3500 吨/月 稀硫酸 10000 吨/月 浓硫酸 3000 吨/月	别子铜精矿 进口铜精矿		精矿加水湿捏 后，直接进鼓风炉 熔炼，冰铜转炉吹 炼，废气制酸。	所谓“百 田”式冶炼 方法，精矿 不烧结直接 进鼓风炉熔 炼，炉顶料 封，烟气制 酸。	全厂共 637 人其中 铜冶炼 169 人，镍冶炼 127 人，副产 56 人，工务 123 人，运搬 70 人。	爱媛 县四 阪岛	
佐贺关冶炼厂	日本矿业	电铜 6500 吨/月 电铅 2000 吨/月 硫酸 13500 吨/月 镍铁 450 吨 镍/月	日本矿业精 矿进口铜、 铅精矿	Au·Ag·Fe Pt·Sn·Bi Tl·Se·As Sb·Ni	铜精矿制粒鼓 风炉熔炼，转炉吹 炼，鲁奇式沸腾 焙烧炉烧硫精矿 和转炉烟气一 起制酸，鼓风 炉炼铅，电炉 炼铅，铜铅电 解。	精矿制粒 进鼓风炉， 鲁奇式沸腾 焙烧炉生产 能力高。	共 2000 人 其中铜、铅 冶炼 430 人， 精炼 280 人， 硫酸 70 人， 铁合金 290 人。	大分 县北 海部 佐贺 关町	工厂占地 包括铁合 金工场共 339000 米 <sup>2</sup>

(續)

工厂	所属公司	产品及規模 (以月計)	原 料	从原料中綜合 回收的产品	生 产 方 法	有 那 些 技 术	职 工 人 数	工 厂 地 址	其 他
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
直島冶炼厂	三菱金属	粗銅 5000 吨/月 (其中矿石产 4000 吨/月) 浓硫酸 7200 吨/月 稀硫酸 6000 吨/月	三菱各矿山精矿, 进口精矿。	鉄精矿 Zn、Cd、Pb、Sn	銅精矿部分焙烧和干燥精矿混合进反射炉熔炼, 轉炉吹炼, 轉炉烟气和焙烧烟氣混合制酸, 轉炉渣浮选, 轉炉烟灰回收 Pb、Zn、Sn、Cd。	大型反射炉吊挂炉頂, 轉炉烟氣用, 反射炉廢热鍋爐轉炉渣浮选。	共 1300 人 (包括錫电解)	香川县直島町	工厂占地 36 公顷
志村冶炼厂	志村化工	电鍍線中 430 吨/月 鍍鉄 其他鍍产品	新加多利亞氧化鍍矿		鍍高純鍍, 生产高純鍍, 高純硫酸化焙烧生产硫酸鍍, 碳酸鍍, 氧化鍍, 鍍粉, 电鍍鍍鉄, 真空熔鑄。	同生产方法栏		东京板桥区	資金 20.5 亿日元
小阪冶炼厂	同和矿业	电銅 1860 吨/月 电鋅 850 吨/月 电鉛 190 吨/月 浓硫酸 4500 吨/月	本所銅鋅混合精矿 銅精矿 鋅精矿	Au、Ag、Cd、Pb	銅鋅混合精矿硫酸化焙烧, 湿法冶炼, 銅精矿加水混捏鼓风炉熔炼。	銅鋅混合精矿湿法冶炼, 浆式进料, 硫酸化沸騰焙烧。	共 546 人其中职员 68 人, 另有 17 个女工。	秋田县鹿角郡	
神岡冶炼厂	三井金属	电鋅 43335 吨/年 电鉛 18178 吨/年 浓硫酸 76058 吨/年	本所鋅精矿 进口鉛精矿 本所鉛精矿	Au、Ag、Bi、Cd	鉛精矿返烟烧結, 鼓风炉熔炼电解, 从炉渣中蒸餾回收鋅。鋅精矿沸騰熔制酸, 一次浸出, 連續淨液中酸中电流密度电解。	燒結机返烟, 鼓风炉密闭炉頂, 鼓热风, 电热法从炉渣中蒸餾鋅, 連續鑄錠, 刻鋅片机。	全公司 3229 人(連矿山) 鉛冶炼 238 人, 鋅及 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 300 人。	岐阜县吉城郡	
細仓冶炼厂	三菱金属	电鉛 1500 吨/月 电鋅 1620 吨/月 浓硫酸 2700 吨/月	本所鋅精矿 本所鉛精矿 进口鉛精矿	Au、Ag、Cd、Bi、Sn、As	鉛精矿燒結, 鼓风炉熔炼, 电解精煉, 鋅沸騰焙烧連續浸出淨液, 中酸中电流密度电解。	Harrssy 式布袋收尘器真空蒸发冷却电解液。	全厂 500 人其中鉛生产 200 人, 鋅生产 270 人, 管理人员 30 人。	宮城县栗原郡	
岡山冶炼厂	同和矿业	硫酸 10000 吨/月 鉄精矿 6300 吨/月 沉淀銅 60 吨/月 电鍍銅 850 吨/月	榑原黄鉄矿 磁鉄矿	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、Cu、Fe	黄鉄矿硫酸化焙烧浸出脫銅。	黄鉄矿綜合利用, 浆式进料沸騰炉焙烧, 堆式配料。	全厂职工 180 人, 黄鉄矿处理 49 人。	岡山市	
新居滨电解厂	住友金属矿业	电銅 5800 吨/月	四阪島粗銅	Au、Ag、Pt、Pd、Se、Ni	銅反射炉精煉, 銅电解。	銅阳极鑄型排板, 始板片冲眼挂耳排板殘板运输等連續自动化。	共 224 人, 其中电解工厂工人 70 人。	爱媛县新居滨市	工厂占地 39435 米 <sup>2</sup> 建筑物 17028 米 <sup>2</sup>
日光电解厂	古河电工	电銅 3000 吨/月	足尾粗銅	Au、Ag、Pt、Pd、Se、Ni	轉炉粗銅不火法精煉, 直接电解, 高压釜处理阳极浸出銅、鍍、硒	高压釜处理阳极泥	連加工厂职工共 3000 人。	樺木县日光市	

銅冶炼的原料 50% 是进口的。鎳冶炼原料 100% 是进口的，鉛鋅冶炼原料也进口 30% 和 60%。

我們这次考察的十二个冶炼厂的情况如表 1。

日本有色金属矿产資源到现在为止已經开发得差不多了。一般來說，矿山小，不能不依靠进口矿石。在日本国际贸易“自由化”的前景下，由于依靠进口矿石这个不利条件，为了和国际市場竞争，日本的有色冶金企业，不得不在提高技术、经营合理化、資源综合利用上下功夫，以降低成本获得利潤。因此战后日本各企业都派出大量技术人員到欧美各国考察，购买专利，另外各大公司都在东京、大阪設有研究所，企业設研究室进行新技术的研究工作，以改造旧的工厂。因此我們可以在日本看到美国、西德、加拿大、芬兰、英国技术在日本的翻版，也可以看到日本独特的技术。各公司所采用的技术都不一样，公司和公司之間各有一套技术路綫，由于互相竞争的关系，互不交流。

## (二) 特 点

1. 在日本炼銅工艺上有閃灼熔炼，密閉鼓风炉熔炼和轉炉富氧熔炼三种新方法。閃灼熔炼是将精矿干燥后在悬浮状态下用热风噴入炉內快速熔炼成冰銅，渣子再用电炉貧化降低渣含銅，这种閃灼熔炼炉的容积只有相同生产能力的反射炉的  $\frac{1}{4}$ ，燃料消耗最大的也只有反射炉燃料率的  $\frac{1}{2}$ ，如果精矿中硫与銅之比值較高，可以不用燃料。烟气含二氧化硫 10% 以上，而且很稳定，溫度 1000°C 以上，通过废热鍋炉回收余热后送硫酸厂制酸，是最好的条件。沒有大烟筒，不会造成烟害，生产过程連續化，劳动生产率高，占地面积小。

轉炉富氧熔炼是将精矿制成粒后加入轉炉一次炼成粗銅，集焙烧熔炼和吹炼于一个設備內，过程最短，劳动生产率高，由于鼓入富氧空气，冶炼强度大，根本不用燃料，轉炉操作時間并不比一般吹炼冰銅的时间长，消耗熔剂少，只加一点石英，轉炉渣浮选回收銅后，尾矿作为鉄精矿出售，根本沒有废渣，实收率比其他炼銅方法高 1%，每吨精矿耗电 200 KWH，比較多一些，如果精矿品位高，电价低就特别适合于这个方法。

密閉鼓风炉熔炼是日本一些鼓风炉炼銅厂在原有基础上改进的，取消了烧結过程，将精矿加水混捏后直接加入密閉鼓风炉熔炼，烟气制酸，废弃了烟囱，消灭了烟害，焦炭消耗比一般鼓风炉降低一倍，这个方法对磨矿粒度細，水份高混捏后粘度大的精矿最适合。

2. 在鎳冶炼工艺上，日本有电解鎳和鎳鉄的生产，各占一半。以日本的經驗来看，氧化鎳矿生产鎳鉄成本要低得多，生产过程也比較简单。从使用单位来看，一般的鎳合金完全可以用鎳鉄制造。高純鎳电解在日本有年产 5000 吨的工厂，一次电解生产高純鎳过程简单，投資省。

3. 在鉛鋅冶炼工艺上的新技术有：鉛烧結机的向上鼓风和返烟提高  $SO_2$  浓度，利用烟气制酸，在鋅浸出渣的处理（含 Zn 20% 还含 Cu、Pb、Au、Ag）和鉛鼓风炉渣的处理（含 Zn 10—16%，Pb 1.5—2%）方法上，他們将鋅浸出渣掺入鉛精矿中一起冶炼，并从鉛鼓风炉渣中用电热法蒸餾回收金属鋅，沒有浸出渣揮发室車間，鉛炉渣烟化炉車間和氧化鋅湿法处理車間，过程简单。日本的鋅电解液真空蒸发冷却装置很简单，消耗蒸汽和水都很少。

4. 日本有两种新的沸騰焙烧技术，一种是美国的杜尔式，一种是西德的魯奇式。杜尔式沸騰焙烧炉是浆式进料，特别适于湿法冶炼中的硫酸化焙烧，因为硫酸化焙烧产生大量汚酸，可以造浆返回炉內。魯奇式沸騰焙烧炉同样大的設備生产能力比一般沸騰焙烧炉大五

倍。全部設備密封，一點不冒烟，全部焙燒過剩熱都利用發生蒸汽。

5. 日本有色金屬冶煉廠利用廢氣制酸，消滅烟害方面已經解決。我們考察的十二個冶煉廠中，凡處理硫化礦的，全有硫酸廠，利用廢氣制酸；有的工廠過去建設的高烟筒已經不冒烟了，有的工廠還有少量烟冒出，基本上消滅了烟害。目前日本全年硫酸總產量 536 萬噸，利用廢氣制酸達 151 萬噸，占 28.2%，在硫酸工業中占有舉足輕重的地位。他們解決這個問題的經驗是：

從改進冶煉工藝設備着手，提高  $\text{SO}_2$  濃度，穩定烟量的波動，前面表中所列各廠的密閉鼓風爐熔煉，閃灼熔煉、富氧熔煉都能提高  $\text{SO}_2$  濃度；另外在硫酸廠本身的設計中，也有一些適應冶煉廠廢氣制酸的措施。

#### 6. 原料綜合利用較好。

日本資源很缺，不得不在資源綜合利用上下功夫，但綜合利用的方法是以前經濟實效為原則，沒有繁瑣虧本的流程，較為突出的有：

(1) 銅烟灰回收鉛鋅銻鎘，因為烟灰大部分為硫酸物，採取簡易的洗滌收塵浸出回收鋅鎘，浸出渣用電爐還原回收鉛銻。有的工廠還從烟灰中揮發回收砷。

(2) 轉爐渣浮選回收銅和鐵精礦（此鐵精礦含銅較高，一般送水泥廠作摻合料）。

一般轉爐渣返回熔煉，需要加熔劑和其中的鐵渣，不但鐵全部損失，還消耗大量熔劑造成大量爐渣，增加銅的損失，日本轉爐渣選礦的方法是值得注意的。

(3) 銅熔煉爐渣一般作水泥摻合料或用於農業改良土壤。

(4) 黃鐵礦燒渣都摻到鐵精礦一起燒結煉鐵。含銅高的黃鐵礦採取硫酸化焙燒用簡易的水浸脫銅後煉鐵。據介紹他們最近在八幡制鐵廠新建了一個高溫氯化揮發處理燒渣的工場，處理含銅、鉛、鋅、金、銀  $\text{Zn}$  特別高的燒渣，他們認為燒渣中含有金屬不多，採取中溫氯化焙燒濕法流程是不合算的。

(5) 所有工廠廢水，坑內水凡含  $\text{Cu}^{++}$  的，都用置換槽投入廢鐵置換。

#### 7. 降低燃料消耗，回收廢氣余熱較好。

日本幾種不同的煉銅方法都是利用精礦本身熱能採取自熱熔煉的方法，因而燃料消耗都很低。精礦密閉鼓風爐熔煉焦率為 4%，閃灼熔煉爐重油消耗為 3~6%。富氧熔煉可以全部不用燃料。

另外一個節約燃料的途徑就是利用烟氣余熱產生蒸汽用於發電或供熱，日本在熔煉反射爐、閃灼熔煉爐、沸騰焙燒爐、精煉爐後面設廢熱鍋爐已有十多年的歷史，是普遍的应用，而且是正常的生產，在清灰、防止烟灰結塊、防止鍋爐管腐蝕等方面有一套成熟的經驗，有專門製造廢熱鍋爐的工廠（詳見專題報告）。反射爐由於燃料消耗比較大，廢熱利用也就特別多，直島冶煉廠每月用電 340 萬 KWH，廢熱發電 170 萬 KWH，占全廠用電的 50%。新建小名浜冶煉廠，不但反射爐有廢熱鍋爐，轉爐也有廢熱鍋爐，全廠用電 562 萬 KWH，其中 464 萬 KWH 為廢熱發電，設有 7500 KW 透平發電機。這樣就大大地節約了冶煉費用。

8. 在我們這次考察中，還發現和了解了約 20 項新設備。如剝電解鋅片機，可以節約勞動力。

大型反射爐採用鎂磚吊掛爐頂，可以延長爐子壽命，修爐頂方便。

全低壓氧氣分離裝置，耗電比較低。

銅鉛電解鑄型及種板作業連續自動化，節約大量勞動力。

其他不一一列舉，詳見以後各章。

9. 日本的冶炼厂全是山坡建厂，用地很省。

我們考察的冶炼厂中足尾、日立、小阪、神岡、細倉都是建在山沟里的坡度很大的山坡上，前面是小河，后面是高山的一块狭长地带。厂房的布置一般是按照生产流程从上至下布置，硫酸車間一般是建在最高的地方。四阪島和直島冶炼厂是建在距离海滨城市不远的小島上，厂区也是山坡，不是平地。只有新居滨、日光电解厂和志村鎳冶炼厂是建在城市的平地上。所有的工厂用地都很节约，例如足尾冶炼厂，月产3000吨粗銅，12000吨硫酸，占地只有33,000米<sup>2</sup>。因为日本平地面积少，地皮很貴，不得不节约用地。車間很紧凑，一般生产上有連系的車間中間是沒有間距的，例如熔炼以前的备料过程（干燥、燒結、焙燒）总是和熔炼在一个厂房內。

10. 日本冶炼厂用人都比較少，劳动生产率高。

根据考察的12个冶炼厂职工人数和生产量計算，粗銅冶炼厂的全員劳动生产率为100—120吨/年/人，粗炼和电解精炼在一起的工厂全員劳动生产率約为70—80吨/年/人，鉛鋅冶炼厂的劳动生产率也是60—80吨/年/人（电鉛加电鋅）。一般生产車間的直接生产工人約占全厂职工的50%（其余50%大部分为机修、运输、总务、分析人員），这就是說，車間生产工人劳动生产率比全員劳动生产率高一倍。詳細劳动組織見足尾和四阪島的劳动組織表，劳动生产率較高的原因：

(1) 生产过程的簡化；

(2) 車間布置的紧凑，减少不必要的搬运及运搬机械化；

(3) 簡單操作的远距离控制，不在每一台设备上設人，如一般的連續运输机、风机等都无人操作；

(4) 操作管理的合理化和簡化，如3×6米轉炉每班只有4人操作，风口2人，炉前2人，还很輕松；

(5) 管理机构簡單，生产部門和职能部門合一。行政人員和技术人員合一。

## 二、足尾冶炼厂的閃灼熔炼

該厂規模月产阳极粗銅3000吨，浓硫酸12000吨。原料为本矿山的銅精矿和一部分进口銅精矿；本矿山銅精矿成分是Cu 20—25%，Fe 27—28%，S 33%，SiO<sub>2</sub> 5% 进口銅精矿Cu 29.99%，S 28.4%，另外还有一些沉淀銅和其他含銅物料。熔剂过去利用选矿厂廢石，現已改用土硫黃矿，此种土硫黃矿除含SiO<sub>2</sub>外，还含S。成分为SiO<sub>2</sub> 50—55%，S 30—35%，可以配入精矿中，一起干燥，經過干燥窑，鼠籠破碎机以后，此种土硫黃矿能够破碎到进閃灼熔炼炉要求的粒度，不需要另外破碎。

轉炉和貧化电炉亦采用此类土硫黃矿作熔剂，此外电炉还用少量石灰石作熔剂。

燃料全部采用重油。工厂全貌如图II-1所示。生产流程如图II-2所示。

### (一) 配 料

精矿貯在10000米<sup>3</sup>的矿仓內，各种精矿按比例用抓斗吊車抓到一个混合料仓內，熔剂抓到另一个混合料仓內，这两个混合料仓下面各有一条寬1200毫米的皮带给矿机配料，皮带

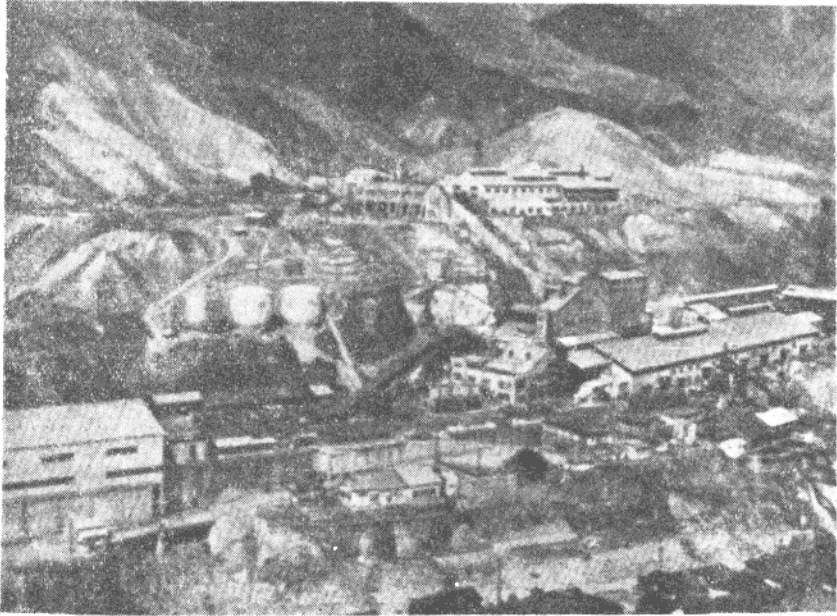


图 II-1

給矿机前面各有一台皮带秤，能称量每小时給矿量，又能累計給矿量，精矿和熔剂按照配料比自动按比例給矿，自动控制的方法是定量給矿，精矿和熔剂每次給到指定数量时，即自动停下来，隔一段时间再給下一次，两个矿仓給的次数是相同的，有計数器。皮带秤最大計量250吨/时，最小50吨/时，誤差1%。矿仓和給矿机每天操作一班，3个工人，以上自动配料设备是久保田工厂制的。詳見該厂样本。配好的料用皮带送到緩冲矿仓內貯存，緩冲矿仓下有皮带给矿机，再通过皮带送到干燥炉去。送給干燥炉的皮带上又設有一个皮带秤。

## (二) 干 燥

精矿含水10%，閃灼熔炼以前必須干燥到0.1—0.3%，干燥的方法是先經過迴轉窑干燥到一定程度，用鼠籠破碎机粉碎后，随干燥烟气一起在气体輸送管道中进行气流干燥。

干燥窑內徑 $\phi$ 1.3米，长5米，傾斜 $6^\circ$ ，轉速5—7.5 r.p.m，11千瓦，內衬砖。燃烧室 $51\text{米}^3$ ，三个噴嘴烧重油，重油燃烧一次风設有一个风机55标 $\text{米}^3/\text{分}$ ，52毫米Hg，燃烧室溫度 $1000^\circ\text{C}$ ，負压为-10毫米 $\text{H}_2\text{O}$ ，抽进冷风进入窑头烟气溫度下降到 $600^\circ\text{C}$ ，窑尾溫度 $300^\circ\text{C}$ ，迴轉窑每小时处理30吨精矿，每吨精矿消耗重油12.5立升（相当于每公斤水消耗热1250大卡），出迴轉窑水分干燥到7%，进入鼠籠破碎机，精矿在鼠籠內繼續干燥到 $\text{H}_2\text{O}$ 3%，烟气溫度下降到 $150^\circ\text{C}$ 同时起破碎作用，土硫黄矿的粒子在此粉碎，鼠籠出口負压200毫米 $\text{H}_2\text{O}$ 。鼠籠 $\phi$ 1.2米， $0.63\text{米}^3$ ，轉速584 r.p.m。破碎机棍子用高錳鋼制造，含Mn13%，电动机40千瓦。

然后精矿和烟气混合气体通过34米长的上行管道（ $\phi$ 1000毫米），傾斜 $70^\circ$ ，溫度下降到 $110^\circ\text{C}$ ，水分干燥到0.1—0.3%，精矿內水分有30%是在管道內干燥，管道下端离鼠籠出口1米处有一放粗粒的小斗，并留一放风小門。如图II-3，起风力分級的作用。干燥热风量





設計每噸精礦 1100 米<sup>3</sup>。實際 900—1150 米<sup>3</sup>。設計干燥室熱容量系數 250 大卡/米<sup>3</sup>·時·°C，鼠籠破碎機熱容量系數 11000 大卡/米<sup>3</sup>·時·°C。干燥氣體出管道后首先經過沉塵室，沉塵室寬 1.6 米、長 5.6 米、高 5 米。然后經過兩段旋渦收塵器，用一個排風機排入兩台并列電收塵器收塵，收塵后廢氣放空。

第一段旋渦收塵器平行 2 台，φ2 米，垂直部分高 3 米，圓錐部分高 3.4 米，進口速度 13—15 米/秒。第二段旋渦收塵器，在每個第一段旋渦出口接二台，共四台，φ2 米，垂直部分高 2 米，圓錐部分高 5.3 米，排風機風量 50,000 米<sup>3</sup>/時(100°C)，負壓 550 毫米 H<sub>2</sub>O，出口正壓為 +10 毫米 H<sub>2</sub>O。一號電收塵器處理煙量 24,000 米<sup>3</sup>/時，2 室 2 系，放電綫 12×8×4，15 千瓦矽整流器二台，二號電收塵器處理煙量 35000 米<sup>3</sup>/時，2 室 1 系，放電綫 12×14×1，15 瓦矽整流器二台，電壓 55000—60000 V，一號電收塵停留 10 秒，煙速 0.8 米/秒。二號電收塵停留 7 秒，煙速 0.58 米/秒。電收塵進口煙氣含塵 10 克/米<sup>3</sup>，收塵效率 98%。整個收塵效率沉塵室 7%，旋渦 92%，其余 1% 在電收塵收下。

在沉塵室和旋渦收塵器下面設有精礦倉，沉塵室和第一段旋渦煙灰通過螺旋運輸機運到精礦倉內，第二段旋渦煙灰直接落入精礦倉，煙灰進入螺旋的密封裝置如圖 II-4。

圖 II-3 氣流干燥管排除粗粒裝置

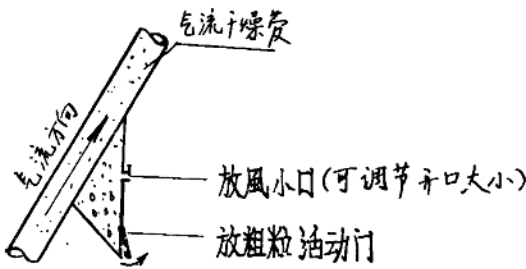
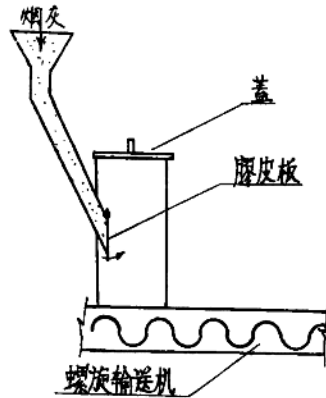
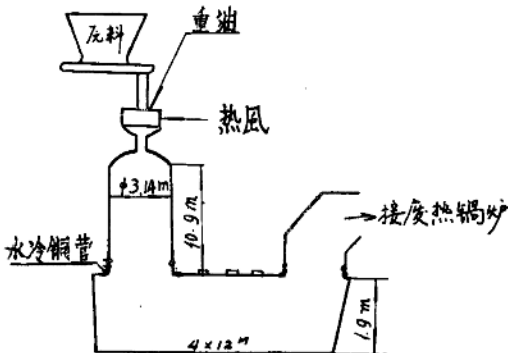


圖 II-4 煙灰進入螺旋運輸機的密封裝置



### (三) 閃灼熔煉爐

圖 II-5 閃灼熔煉爐尺寸



閃灼熔煉爐尺寸見圖 II-5 所示。

按該廠經驗，反應室高度 10—11 米就夠了，內徑以氣體流速 3 米/秒考慮，沉淀室按溶解量計算，如果太長，燒油太多是不合算的。反應室按上述流速和高度，料的反應時間為 2—3 秒。反應室為鐵外殼內衬鎂磚 270 毫米，鐵殼外部噴水冷卻，周圍設有二層水槽，磚壁內爐渣形成自挂內衬可以保護磚壁，反應室的口子上有 φ20 毫米、厚 6 毫米銅管 8 條，包上耐熱混凝土，通水冷卻（因為這一部分是受磨損最厲害的地方）。

反应室顶部的精矿及热风喷嘴如图 II-6 所示。

材料为耐热钢，含 Ni 19—22%、Cr 24—26%，喷嘴最窄处风速 110 米/秒，为了补充燃料，从精矿喷嘴的中心插入一根油管喷入重油燃烧，重油是从油泵直接打来，压力 5—6 公斤/厘米<sup>2</sup>。精矿是从精矿漏斗通过链板给矿机给入喷嘴内，给矿量通过调整给矿机速度来调整。沉淀室也是用铬镁砖砌筑拱顶，在炉顶上有 6 个孔，平时盖上，可以从此孔测量冰铜层厚，当沉淀室被 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 凝結时，还可以从此孔投入生铁以熔化 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>。沉淀室尾部上升烟道的口子上也有一段铜管水冷耐热混凝土和反应室口子一样。上升烟道 2000×3150 毫米，紧接废热锅炉，必须避免水平烟道以防止积灰。沉淀室靠反应室一端有一个重油喷嘴，两侧有 4 个喷嘴，但不经常使用，重油喷嘴的空气亦使用热风炉来的热风，并设有一台备用送风机。

閃灼熔炼炉设计能力为每小时处理 17—20 吨，现实际最大达到 27.5 吨/时，可以达到 30 吨/时(当前正常生产能力 18 吨/时)。鼓入热风量 18000 标米<sup>3</sup>/时—20000 标米<sup>3</sup>/时，风压 200 毫米 H<sub>2</sub>O，热风温度 430—460°C，过剩空气 5%。反应室下部温度 1400°C，上部 1000°C。閃灼熔炼炉处理的原料以前是含硫较高，含铜较低  $\frac{Cu}{S}$  为 0.6，最近以来，由于精矿品位提高，国外进口精矿含铜更高，加入约 10% 的土硫黄矿后，混合料含 Cu 27%，S 19%， $\frac{Cu}{S}$  达到 1.4—1.5 仍能正常生产，冰铜品位 48—50%，在这种情况下，脱硫率不到 50%，证明閃灼熔炼炉处理的原料有较大的适应性(以前脱硫率 55—60%)，当然  $\frac{Cu}{S}$  比提高重油消耗有所增加。以前每吨精矿用重油 36 立升，现在重油消耗量提高到 60 立升/吨精矿。

閃灼熔炼炉渣成分 SiO<sub>2</sub> 32%、Fe 32%、CaO 1%、Cu 1.2—1.5%，渣含 Fe 有 5—8% 为 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>，渣含 Cu 较高，流到电炉内贫化处理。閃灼熔炼炉烟量 20000 标米<sup>3</sup>/时，最大 21500 标米<sup>3</sup>/时，含 SO<sub>2</sub> 12%，含尘 70—90 克/标米<sup>3</sup>，通往废热锅炉，烟道出口温度 1300°C，压力为 +2 毫米 H<sub>2</sub>O，烟尘率 8.5%，熔池深 40—60 cm，渣层厚 20 cm，存冰铜 40 吨。

小阪冶炼厂含 Pb、Zn 高的精矿也曾经送足尾作閃灼熔炼实验。

小阪精矿成分：Cu 15—18%、S 28—34%、Pb 6—8%、Zn 4—5%。炼出冰铜品位 45—50%。处理此种精矿閃灼熔炼炉每吨精矿烧重油 20—25 吨。试验的目的是为了观察精矿中铅锌在閃灼熔炼炉熔炼产品中的分布状况及铅锌烟尘对锅炉的影响。结果铅锌的分布如下：

	水碎渣	烟灰	粗铜和轉炉渣
Pb	7—8%	65—70%	其余
Zn	30—35%	45—50%	其余

烟尘对锅炉没有影响。

#### (四) 炼 渣 电 炉

閃灼熔炼炉渣流到电炉加入土硫黄矿和少量石灰石进行贫化处理，因为土硫黄矿为单质硫，加入电炉后大部分在熔池面上燃烧，很少与炉渣反应，主要的目的还是为了利用其中的硫黄制酸，所谓炉渣贫化只是增加了一部分熔剂。炉渣过热沉淀，沉淀所得冰铜几乎和閃灼熔炼炉的冰铜成分一样，所以渣含铜仍很高。每天处理 140 吨炉渣，加 45—50 吨土硫黄矿和石灰石(其中 70% 为土硫黄矿)。贫化后渣成分为 Cu 0.4—0.45%，Fe 30%，SiO<sub>2</sub> 36%，CaO 6%。

电炉为 2000 千伏安长方形电炉。

3根 $\phi 18''$ 的自熔电极，炉宽3.2米，长7.718米，炉内容积50米<sup>3</sup>，熔池容积22米<sup>3</sup>，冰铜在电炉内停留时间为200分，实际容量1500千伏安，耗电量35000千瓦时/天，电压80—110伏。

电炉烟量4000—5000标米<sup>3</sup>/时，含3—5%的SO<sub>2</sub>，直接送往硫酸车间制酸。

现将炼渣电炉的资料整理如下：

### 1. 规格及容量

容量——2000千伏安

电极——三根 $\phi 450 \times 3400$ 自熔电极，加电极糊，电极根据电压变化自动升降（由卷扬机带动）。

电压级数——四级，80伏、90伏、100伏、110伏。

### 2. 添加剂

添加剂是土硫黄及石灰石，土硫黄含S 30—35%、SiO<sub>2</sub> 50—55%。

添加剂的加法是：在电极两边各有两个加料孔（共四个），用刮板运输机经过四个溜管（溜管有气动阀门定时自动开启）加入炉内，炉顶另有几个观视孔。

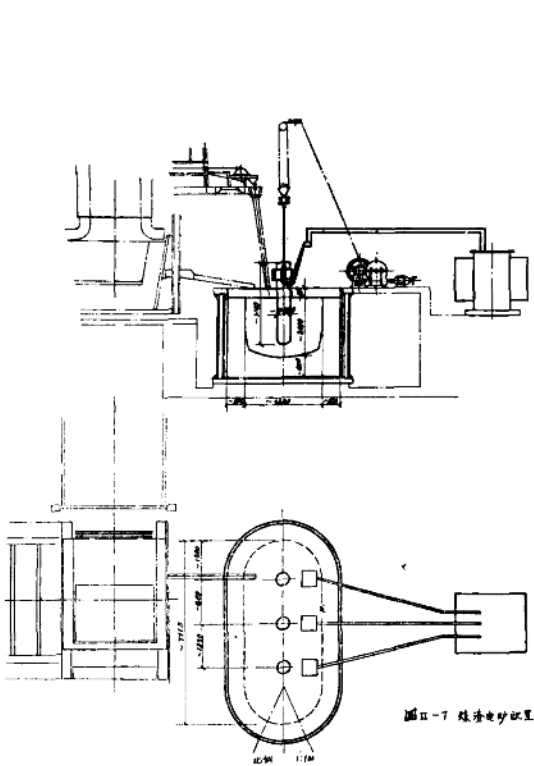
### 3. 电炉形状(图II-7)

靠近放渣口有铜管(内有水循环)，四周被渣结成硬壳形成隔板，防止土硫黄随渣子流淌。见图II-8。

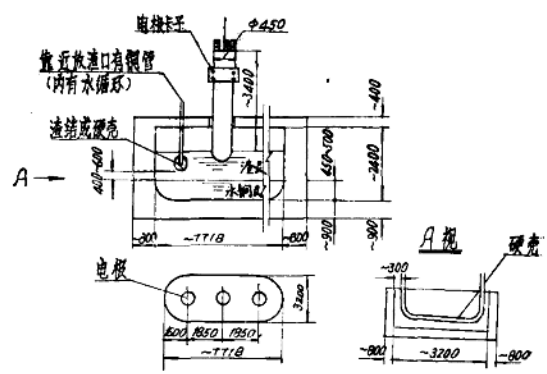
### 4. 电极形状(图II-9)

型式——自熔电极。

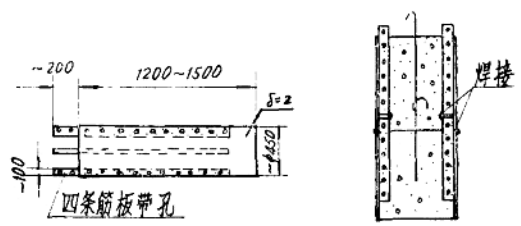
电极糊——尺寸约50毫米的块状物。



图II-7 炼渣电炉位置



图II-8 炼渣电炉形状



图II-9 电极壳



电极壳——鋼板圓筒。

筋板及其钻孔是为了使阳极糊熔結后更好地与筒体結成一体。为了更好地保証阳极糊的結合牢固，还在筒中央有一根圓鋼(吊在吊电极的吊架上，与电极一起烧掉，也需不断补加)。

### 5. 接电极方法

电极約 2 天接一次(停电 30 分钟)。

电极糊单消 1.5 公斤/吨炉料。

当电极消耗得很多时，电极卡子已渐渐下降接近炉面，必須再接一段，此时先停电，用另一夹子(在电炉頂面上)把电极夹住，不让电极滑动，再将电极卡子松开，接上一个空鋼板筒，焊接上，再将中間的一根圓鋼焊上一根，然后将电极卡子移上去夹住新接的那段筒体。再将下面另一夹子松开拿走，然后再通电。

## (五) 廢热鍋炉、空气加热器和收尘系統

鍋炉为 H-780 型，7.64 吨/时，过热蒸汽送往空气加热器加热空气后，返回鍋炉再热。再热蒸汽一部分仍送空气加热器預热空气，一部分再热蒸汽和空气加热器加热空气以后的蒸汽一起送去发电，发电用蒸汽量 4.253 吨/时，发电 600 瓩。

鍋炉及空气加热器的詳細性能規格、配管系統及设备总图见图 II-10、II-11、II-13。

出鍋炉以后的烟气經過 2 台  $\phi 2200$  的旋涡收尘器粗收尘，然后經過电收尘器后用排风机送往硫酸厂。

出旋涡收尘器后烟量为 24000—25000 标米<sup>3</sup>/时，SO<sub>2</sub> 10%。

排风机为 2 台，每台风量 12330 米<sup>3</sup>/时，200 毫米水柱，溫度 350°C。

烟气入廢热鍋炉含尘 98.4 克/标米<sup>3</sup>，旋涡入口含尘 43.9 克/标米<sup>3</sup>，电收尘入口 18.1 克/标米<sup>3</sup>，出电收尘 4.9 克/标米<sup>3</sup>(由于烟尘中含 As 高，在 350°C 下不能冷 凝下来，因此出电收尘含尘較高，为此烟气送到 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 車間以后，首先在烟道內噴水冷却到 130°C 再进电收尘收尘)。此电收尘沉尘极是鉛管的，可以耐酸。

空气加热器前有二台鼓风机，每台风量 500 米<sup>3</sup>/分，风压 100 毫米汞柱，开一台。实际风量为 20000 米<sup>3</sup>/时，风压为 1000 毫米水柱。

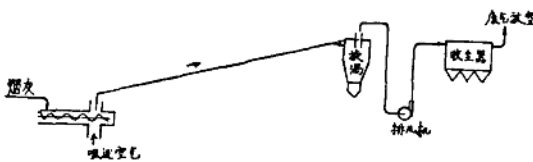


图 II-12 烟灰空气输送系統

电收尘及鍋炉烟灰用空气輸送到干燥系統去和精矿混合熔煉。系統如图 II-12，为吸入式。

每天輸送烟灰 30—50 吨，排风机风量 5000 标米<sup>3</sup>/时，溫度 100°C，負压 700 毫米水柱。

烟尘的分布如下：

鍋炉块为炉料的 2.2%，鍋炉烟灰为 2%，旋涡烟灰为 2.4%，高温电收尘烟灰为 1.6%，硫酸厂低温电收尘烟灰为 0.6%。

硫酸厂电收尘收下的烟灰成分为：As 22—23%，Pb+Zn 45—50%，Cu 1.5—2%。此烟灰在 300—500°C 的溫度下焙烧，As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 挥发，然后冷却收下純度 90% 的 As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，回收率 70%，每月产 As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 30—50 吨。烟灰除 As 后，用电炉还原回收 Pb，每月可以回收 20 吨鉛。

现将廢热鍋炉的資料整理如下：

## 1. 型号

H-780 型 KSK 再热式水管锅炉。

蒸汽压力——最高使用压力	53 公斤/厘米 <sup>2</sup>
使用压力	49.5 公斤/厘米 <sup>2</sup>
蒸汽温度——过热器出口	550°C(45.9 公斤/厘米 <sup>2</sup> )
再热器入口	305°C(44.3 公斤/厘米 <sup>2</sup> )
再热器出口	550°C(38.5 公斤/厘米 <sup>2</sup> )
蒸发量——常用过热蒸汽量	6,800 公斤/时
常用饱和蒸汽量	840 公斤/时
合计	7,640 公斤/时
再热蒸发量:	7,053 公斤/时
给水温度:	105°C
加热面积——锅炉本体	339.5 米 <sup>2</sup>
火炉水冷壁	441.3 米 <sup>2</sup>
合计	780.8 米 <sup>2</sup>

过热与再热面积:

第 1 过热器	252 米 <sup>2</sup>
第 2 过热器	16.1 米 <sup>2</sup>
第 3 过热器	35.8 米 <sup>2</sup>
第 4 过热器	36.1 米 <sup>2</sup>
合计	340 米 <sup>2</sup>
第一再热器	232 米 <sup>2</sup>
第二再热器	16.1 米 <sup>2</sup>
第三再热器	35.8 米 <sup>2</sup>
第四再热器	36.1 米 <sup>2</sup>
合计	320 米 <sup>2</sup>

过热及再热器型式:

第 1 过热及再热器	对流吊下型
第 2 过热及再热器	
第 3 过热及再热器	
第 4 过热及再热器	放射板型

通风方式——诱导通风

## 2. 烟气条件

烟气体量——常用	20,000 标米 <sup>3</sup> /时
最大	21,500 标米 <sup>3</sup> /时
烟气温度——锅炉入口	1,300°C
锅炉出口	350°C
烟气成分	SO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O    O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>
(%)	12    4.7    3.0    0.8    79.5
烟气含尘量	70—90 克/标米 <sup>3</sup>

烟尘成分	Cu	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Pb	Zn
(%)	22	28	11	6	3	0.7	1

### 3. 鍋炉总图及蒸汽循环图

见图 II-10, II-11。按炉宽分为两半, 一半作为过热区, 另一半作为再热区。

### 4. 結块

(1) 第一区(I)内温度下, 烟尘呈熔融状, 为了防止結块, 在第一、二区只設有冷壁, 中間全部空的, 冷却面积要大一点以减少粘結, 不能单考虑热效率, 这样只在表面結一层渣, 不太厚, 用压缩空气能吹下来。

(2) 降水管以前設在鍋炉内, 发现在第一区的降水管上結灰很多, 現在已移至鍋炉外部。

(3) 以前在隔壁上有斜板增加热效率, 但結灰多, 現已取消。

(4) 过热管只設在温度較低的第三、第四区(440°C—770°C), 主要也是为了防止結渣, 温度高处易結渣, 但这样一来, 传热面积就需要比較大, 热交换較差。

### 5. 管子材料

(1) 由于温度高, 灰尘呈融化状, 只在水冷壁上粘結, 厚約 8—10 毫米, 磨損不大, 腐蝕情况也沒有发生。

壁厚各处也不相同, 一般为  $\phi 76/\phi 67, \delta=4.5$ 。

(2) 过热管材料根据蒸汽温度而定, 一般 STBA 24(含 Gr 2.25%, Mo 1%) 可用于蒸汽 600°C(許用应力 2.7 公斤/毫米<sup>2</sup>); STBA 22(含 Gr 1.0%, Mo 0.5%) 可用于蒸汽 525°C(許用应力 4.5 公斤/毫米<sup>2</sup>); STBA 21(含 Gr 1%, Mo 0.3%) 可用于 525°C(許用应力 2.9 公斤/毫米<sup>2</sup>)。

(3) 一般水管用 JIS-B-8201(STB 35)。

### 6. 清灰

采用压缩空气清灰机。

(1) 数量: 第一、二室用短的, 兩側各四根。

第一室端部(烟气入口处)有四根长的。

第三、四、五室共九根长的。

(2) 清灰次数: 每次清灰长的約 7 分钟, 短的約 1 分钟, 每天总共清灰 60 次, 平均每根約 3—9 次。

(3) 空气量及压力:

长的每次需 110 标米<sup>3</sup>/次, 短的需 40 标米<sup>3</sup>/分, 压力均为 15 公斤/厘米<sup>2</sup>。采用空压机为 16 公斤/厘米<sup>2</sup>, 16.8 米<sup>3</sup>/分, 100 瓩, 一台, 准备再增一台以增加清灰次数。

附有 15 米<sup>3</sup>气罐一座。

### 7. 阻力

約 25 毫米水柱。

### 8. 检修

日本規定鍋炉一年停修一次, 一般說 2 年不会有什么問題, 检修主要是检查閘及給水装置。

### 9. 收尘情况

閃灼炉烟尘率为 8.6% 其中:



鍋炉块状烟尘	2.2%(一般为20—30毫米,最大块个别200毫米)
鍋炉粉状烟尘	2.0%
旋风收尘器烟尘	2.2%
高温电收尘器烟尘	1.6%
硫酸厂收尘	0.6%

烟尘量:

鍋炉入口	98.4克/标米 <sup>3</sup>
鍋炉出口	43.9克/标米 <sup>3</sup>
旋风出口	18.1克/标米 <sup>3</sup>
电收尘出口	4.9克/标米 <sup>3</sup>

电收尘效率低是因为  $As_2O_3$  多,收不下来,如不计算  $As_2O_3$ ,则收尘效率为97—98%。

总的说来废热鍋炉与普通鍋炉不同,首先要满足工艺生产,不能单纯为了热效率,热效率约60—70%。

现将空气加热器(图II-13)的资料整理如下:

### 1. 型式

利用过热蒸汽加热空气。

高压空气加热:鋼管吊下型。

低压空气加热:鋼管銅付蒸汽式空气加热器。

空气量:18,000标米<sup>3</sup>/小时。

空气温度—低压空气加热入口	20°C
低压空气加热出口	117°C
高压空气加热3次入口	117°C
高压空气加热3次出口	225°C
高压空气加热出口	500°C
加热面积—低压空气加热器	140.3米 <sup>2</sup>
高压空气加热器	921米 <sup>2</sup>
(其中3次225米 <sup>2</sup> ,2次329米 <sup>2</sup> ,1次337米 <sup>2</sup> )	

蒸汽温度、压力数量:

低压空气加热器:4.2公斤/厘米<sup>2</sup>,饱和蒸汽~2.8吨/小时。

高压空气加热器(3次)入口:37公斤/厘米<sup>2</sup>,282°C,2.8吨/小时。

出口:35公斤/厘米<sup>2</sup>,243°C。

高压空气加热器(2次)入口:38.5公斤/厘米<sup>2</sup>,550°C,5.0吨/小时。

出口:37公斤/厘米<sup>2</sup>,282°C。

高压空气加热器(1次)入口:45.9公斤/厘米<sup>2</sup>,550°C,6.8吨/小时。

出口:44.3公斤/厘米<sup>2</sup>,305°C。

压头损失:100毫米水柱。

### 2. 管子材料

高压空气加热器的1次、2次后一半(空气蒸汽温度较高的)用含Cr 2.25%、Mo 1.0%(STBA 24)其余为一般鋼材。

### 3. 其他