

閃速煉鋼

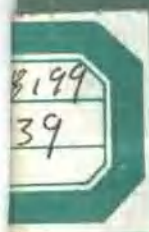
SHAN SU LIAN TONG

第六屆國際閃速熔煉會議論文集

'93/2-3

(總第三十、三十一期)

江西 貴溪冶煉廠
銅業公司



閃速煉鋼

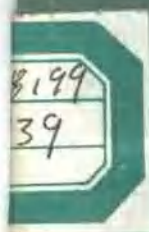
SHAN SU LIAN TONG

第六屆國際閃速熔煉會議論文集

'93/2-3

(總第三十、三十一期)

江西 貴溪冶煉廠
銅業公司



关连炼钢

一九九三年第二、三期（总第三十、三十一期）

• 内部资料 注意保存 •

编辑出版 贵溪冶炼厂技术科情报组

（地址：江西省贵溪县）

印 刷 江西省地质测绘印刷厂

出版日期 一九九三年九月

76
3

闪速炼铜

贵溪冶炼厂档案科情报组编

江西地矿局测绘印刷厂印

一九九三年第二、三期（总第30、31期）

一九九三年九月出版

目 录

- 1、一种直接产出高品位镍冰铜的新工艺.....谢瑞荣译（1）
- 2、小坂冶炼厂目前的操作和废料处理情况.....徐洪保译（7）
- 3、奥林匹克坝闪速熔炼直接生产粗铜的炉渣化学性质.....李建波译（15）
- 4、佐贺关冶炼厂20年运行概况.....王淑纯译（20）
- 5、凯特里冶炼厂反应塔高度降低的回顾.....白 猛译（28）
- 6、住友东予冶炼厂清洁、高效率的运行.....陈汉春译（33）
- 7、闪速吹炼技术.....钟筱华译（43）
- 8、玛格玛奥托昆普型闪速炉的投产和运行.....钟筱华译（50）
- 9、玉野冶炼厂针对SO₂气体的环境保护.....李贻煌译（57）
- 10、卡拉依巴冶炼厂操作运行情况.....徐洪保译（62）
- 11、卡拉依巴冶炼厂闪速炉的中央喷吹分散型精矿喷咀.....徐洪保译（65）
- 12、丘吉卡马他冶炼厂奥托昆普式闪速炉作业情况.....徐洪保译（68）

一种直接产出高品位镍冰铜的新工艺

J Lauluaa, M Kyto

引言

最近二十年全世界都要求减少空气和水的污染。最严重的空气污染也许是氧化硫和氧化氮引起的所谓酸雨。因此许多欧洲国家同意减少向空中排放硫，其量至少达30%。

虽然排放的大部分二氧化硫是来源于燃煤的电力工厂，但是在不久的将来对有色金属工厂防污染的要求将变得更严格。因此，环境保护将是金属生产中更为重要的一个方面。

在七十年代世界范围内第一次采用闪速冶炼方法生产初级铜的高潮是基于节约能源。环境保护或多或少是该方法的附带得益。在八十年代后期环境因素成为现代冶炼技术大量投资最重要的原因，特别是在美国铜工业。

第一代防污染方法是基于捕获熔炼和吹炼过程中产生的含较多二氧化硫气体的主要气流。因此大约有95~98%的硫得到吸收转化。虽然如此，来自吹炼、融熔物料的运输过程中逸出气体以及硫酸厂尾气仍然是严重受污染地区的一个问题。虽然这些气体浓度很稀，但是它们含硫量仍然占炉料含硫的2~3%。

逸出的废气和酸厂尾气的清洗分离，虽然可行但费用昂贵，而且只有日本采用了此种方法。在采用世界市场铜价的国家，清洗分离似乎不是经济可行的。解决此类逸出气体问题的一种新方法是 Kennecott—Outokumpu 铜冰铜的闪速吹炼法。

采用闪速吹炼防污染的可能性

在铜冶炼厂用连续闪速吹炼方法取代传统分批吹炼法有许多优点，它产出含二氧化硫高的连续气流，这就使得硫酸厂采用二转二吸法成为可能且尾气排放量减少。融熔冰铜传输及转炉吹炼的开始和结束期间逸出的气体也得以消除。因为该过程烟气含二氧化硫浓度高，硫酸厂需要大量的稀释空气，稀释空气可以以通风罩输入，因此排放量更得以减少。

闪速吹炼过程的工艺流程图如下：

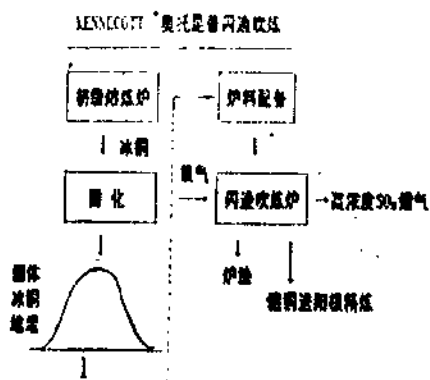


图1 闪速吹炼流程

在镍生产中，闪速熔炼法至今仍未取代用于硫化物原料的老式反射炉及电炉，但是七、八十年代新建于冶炼行业的工厂则采用闪速熔炼。节能似乎是选择闪速熔炼的主要理由，但还不是为了环境保护。只在 Harjavälta 和 Norilsk 冶炼厂硫得以回收，其它两个冶炼厂向空中排放全部二氧化

硫气体。现在 Harjaralra 镍冶炼厂硫的回收已超过97.5%。

当考虑防止镍冶炼厂逸出的气体污染时,用闪速吹炼法取代 P—S 转炉不如在铜冶炼厂可行。例如,若干镍冶炼厂产量太小,因此用单独的闪速吹炼炉似乎不经济。用悬浮熔炼炉吹炼镍冰铜在技术上也困难,因为放出的反应热比吹炼铜冰铜低得多而着火点温度比吹炼铜冰铜高得多。基于这些事实和减少硫酸厂投资费用的需要,奥托昆普集团正在研究一种生产高品位镍冰铜的新工艺。

工艺说明如下。

此种直接产出高品位镍冰铜的新工艺以闪速熔炼方法为基础。这是一种在两个炉子内完成一个工序的连续生产的工艺,由完成原料的闪速熔炼和初级炉渣的电热贫化组成。该过程的产品是低铁镍冰铜、硫酸和液态二氧化硫或元素硫以及含有价金属低的废弃炉渣。工艺流程图如下。

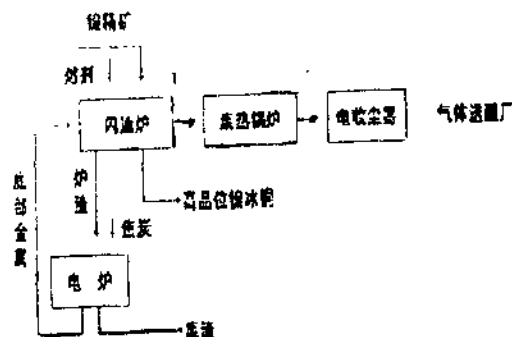


图2 直接产出高品位镍冰铜的工艺流程图

本工艺的基本思想是在初级熔炼阶段充分有效地氧化炉料产出低铁镍冰铜。因需要高浓度氧,其结果闪速熔炼炉产生富镍炉渣。然后将炉渣引入贫化电炉,用块焦还原。镍和其它有价金属及部分铁还原成金属颗粒。为降低熔点,通过加入块状黄铁矿对已还原的金属进行部分硫化。硫化金属沉淀到炉底,随时放出并水淬成粒状,再返回闪速熔炼炉回收镍、铜和钴,使之进入高品位镍冰铜。

贫化的废渣只含有少量有价金属。放出炉渣并水淬或铸造,炉渣可作建筑材料或其它用,也可安全堆放,对环境没有有害影响。

新工艺的优点

新工艺的主要优点是减少处理含二氧化硫硫气体的费用。该工艺只生产一种连续的高浓度气流,这消除了波动的转炉气流。因此硫酸厂的设计较之处理大量低浓度而间断的转炉烟气大大减少气体处理量,且投资费用也大大降低。

考虑到新兴领域的新冶炼厂投资费用,取消转炉及其工段具有很大的优势,特别是在年产量低的冶炼厂。吹炼部分的投资全部取消。另一方面,比传统闪速熔炼厂虽然需要更大的炉渣贫化能力,但总的费用仍然大大降低。

新工艺已在奥托昆普研究所 Oy.Pori 进行了微型小规模试验(加入精矿炉料大约100kg/h)。熔炼试验阶段在1987年和1990年两个时期进行,炉渣贫化在1990年进行了一个阶段的试验。试验设备如下所述。

微型小规模闪速熔炼试验设备

自1982年以来小型闪速熔炼试验设备已在Pori奥托昆普研究所的小规模试验工厂成功地使用。主要研究项目是铜、镍、锌和黄铁矿及工业废料的闪速吹炼、熔炼试验。已经证明小规模微型试验设备是可靠的,而且比使用小规模大型试验设备(加料速度为1~2t/h)便宜得多(与加料速率比较)。设备的安装由加料系统、闪速熔炼炉、炉气及烟尘处理设备三部分组成。此种安装容易改进,是新设想试验的一种快捷而灵活的方法,因此有必要在下面对此作更详细的描述。

微型小规模试验、半工业试验和工业生产规模的炉子已在资料中作了比较。

加料系统

分别加入精矿和熔剂，它们的加料系统

几乎完全一样，每个加料系统由安装在顶部的二个料仓组成。原料从以星型给料机充料的低料仓中由料斗提升到高料仓。熔剂用螺旋给料机和振动给料机从低料仓送到精矿烧咀。液氧贮罐的氧在蒸发器里汽化后由管道送到烧咀。空压机把压缩空气送到烧咀。

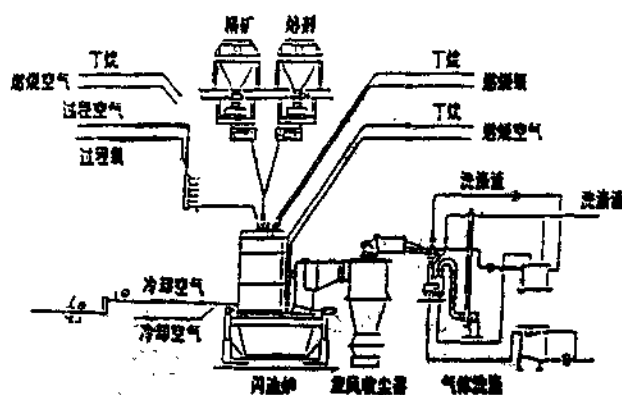


图3 微型闪速炉中试设备

闪速熔炼炉

炉体由反应塔、沉淀池和上升烟道组成，反应塔内径0.4m、高1.7m，铬镁砖衬里。砖层后边是浇筑成型物和矿物棉组成的绝热层，沉淀池可移动，用砖衬且用石棉和可铸型物料层组成绝热层，里层是耐火材料层。每个沉淀池包子有二个放出孔和短流槽，一个在接近沉淀池后尾部最高（面距顶部）水平面下130mm处，另一个在沉淀池中间的底部。

精矿烧咀安装在反应塔顶部。三个丁烷—氧烧咀安装在精矿烧咀周围。通过安装在沉淀池顶部的丁烷—氧气烧咀和丁烷—空气烧咀加热用以补偿沉淀池的热损失。

烟气及烟尘处理系统

烟气通过上升烟道进入旋风收尘器进行气尘分离。经旋风收尘后气体用苛性钠溶液

在文丘里洗涤器里洗涤，然后用风机抽出到烟囱。烟尘和沉积物回收但不返回闪速熔炼炉。

检测仪表及过程控制

精矿和熔剂的加入速度通过低料仓的称量进行测量。过程所需的氧、空气、丁烷、燃烧的空气和氧由孔板流量计测量。所有测量都由 PROSCON 20/200过程计算机系统控制，该系统常用于数据采集和计算。反应塔温度、沉淀池和上升烟道温度用安装在反应塔砖衬里的铂铑—铂热电偶跟踪测量。

反应塔悬浮物的温度及熔池温度由浸入式热电偶测量并用记录仪记录。

过程烟气风机产生炉内负压且自动控制。

试验程序

由于这是小型的，所以微型试验闪速炉

安装调试就很容易并且也很快可以进行。例如,反应塔的尺寸可以改变。精矿烧咀在几分钟内可更换。原则上说,微型中间试验炉在作短暂准备后就可操作。

试验运行可象分批或连续操作那样在微型中间试验炉中完成。所谓分批运行加料是连续的且将熔融物集中到没有放出口的沉淀池中,可连续运行直至沉淀池已装满熔化物之后停止加料,移出更换沉淀池进行下一次试验运行。当以大约 100kg/h 速度熔炼镍精矿时,装满一个沉淀池需 4~6 小时。连续操作的沉淀池有放出口。运行期间冰铜和炉渣间断放出且试验可连续运行 10~30 小时,每次产出的冰铜和炉渣固化后计量。

精矿加料速度可在 50kg/h~250kg/h 之间变动。加入炉子里的熔剂根据预期炉渣成分设定。该工艺可用几乎高达含氧 100% 的富氧。过程氧和空气的鼓入速度根据目标产品分析的结果而定。

反应塔温度通过丁烷和氧的燃烧保持在 1300~1400℃,在沉淀池丁烷与空气或氧气的燃烧补偿热损失。

试验运行期间要检测洗涤器溶液和污泥的重量。

试验后气体管道要清理并且旋风集尘器及管道中收集的烟尘要称重,这样可以估算运行期间产生的总烟尘量。

对炉料、冰铜或金属、炉渣、旋风收集的烟尘、洗涤污泥、洗涤液和尾气进行分析取样,计算物料平衡时要使用这些炉料及产品的分析计算结果。通过物料平衡可以估计各种元素的分布及回收。为研究闪速反应,也可以从反应塔的不同高度处对反应塔内悬浮物取样。

微型小规模炉渣贫化试验

炉渣贫化试验在一个 200KVA 微型中间试验电炉中进行,电炉由加料设备、电炉体

和带洗涤器的尾气管组成。

设备大致描述如下。

三种不同物料或混合物料可连续加入炉内。加料设备由底部带振动给料机的三个料仓、带称重传感器的进料管和带双阀系统的气密加料管组成。原料用料斗提入料仓。预定加料速度设定在过程计算机中,计算机能自动控制加料顺序。

贫化炉是单相二极系统的电炉,顶部和底部各一个电极。电源手动控制。顶部为石墨电极,直径为 100 毫米。炉膛为 D500×800 毫米,耐火砖衬里,带两个放出孔。炉壁喷水冷却。

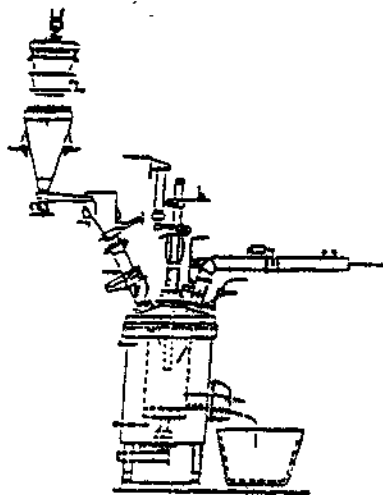


图4 微型中间试验电炉装备

试验的几个结果

高品位镍冰铜的分析

当考虑整个提炼过程时,高品位镍冰铜的分析结果是最重要的过程参数。分析结果受炉料的氧化程度控制,也即受氧与炉料比控制。其它控制参数是返回镍冰铜或金属的分析结果及粒度分析。

高品位镍冰铜中铁、硫分析结果的比例如下图所示。曲线图是1988年和1990年用二

种完全不同的炉料进行的二次系列试验结果。如图所示,铁—硫的相关性取决于炉渣贫化电炉产生的返回镍冰铜/金属的分析结果。左上曲线是高铁低硫的底部金属再返回的结果(30% Fe, 0.3% S); 更低的曲线是没有返回的和含铁更低的中硫镍冰铜(12% Fe, 8% S)返回的结果。此种差别最可能的解释是当返回高铁金属时,高品位镍冰铜的铁含量增加。理由是粗颗粒在反应塔内停留的时间很短。因此在进入熔池表面前颗粒既不熔化又不反应。当液滴通过炉渣层沉淀时就发生熔化和部分氧化。

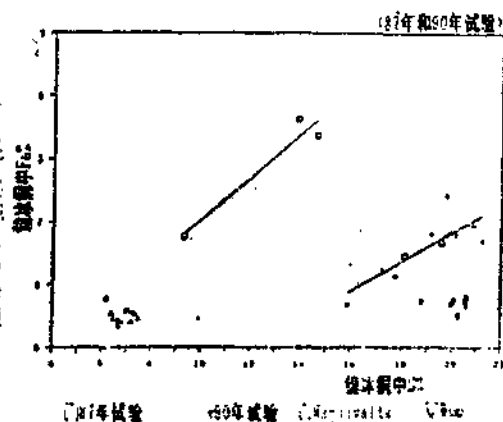


图5 高品位镍冰铜中铁/硫之比

因此,当返回高铁金属时高品位镍冰铜的铁含量就增加,而当加入高硫镍冰铜时就引起产品中硫含量增加。

闪速炉炉渣分析结果

炉渣分析结果取决于上面所述冰铜分析结果同样的因素。生产此种高品位镍冰铜时炉渣中镍、铜的含量很高。镍主要以硅相、氧化相存在于固化渣中,这表明在渣贫化过程中炭的消耗比在一般渣贫化炉中要高。两种试验结果如下。

这种情况也有两条独立的相关曲线。可以断定返回粒状金属的镍含量不增加炉渣中镍含量,而是进入高品位镍冰铜中。当返回颗粒冰铜时,它所含有硫似乎都进入高品位镍冰铜中。当粗颗粒镍冰铜的硫返回炉内时,试验中不可能产出含硫低于15%的高品位镍冰铜。

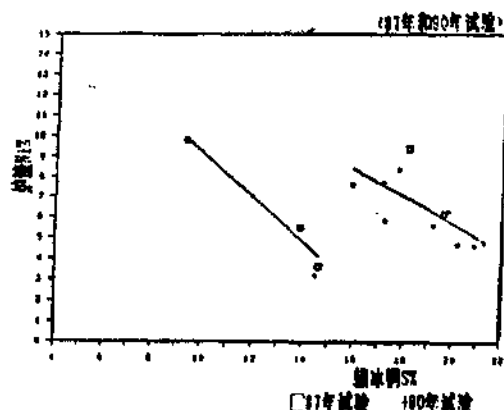


图6 炉渣含镍及镍冰铜含硫两者分析结果间的关系

电炉中进行炉渣贫化

炉渣贫化试验证实炉渣可以贫化到废弃堆存的程度。虽然由于有大量三价铁(三价铁在还原镍前已被还原)的存在,炭的消耗量很大,为得到满意的镍损失,大量铁也被还原进入金属底层。

此种金属熔点高,难制粒。因此进行了金属的硫化试验使其进入镍冰铜。以块状黄铁矿作硫化剂,试验结果良好,表明有大约75%的可回收硫进入镍冰铜。其余主要溶解在炉渣中,尾气排放中损失的硫少于总投入的3%。

炉渣贫化试验发现在合理的时间里从含镍6~8%的最初水平还原到低于0.3%是可能的。被还原炉渣中铜含量也很正常,大约为0.3%。

镍循环

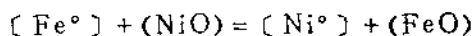
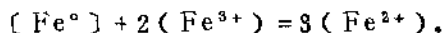
镍在闪速炉和电炉之间的循环对该方法的经济是一个关键问题。假如镍太高, 比如说 100% 的初镍炉料进入闪速炉渣——只是为了使得炉料熔化而建闪速炉和为了回收全部镍而建电炉就毫无意义。

循环主要取决于在闪速炉内的氧化程度, 当然, 炉渣量和废渣分析也对循环的百分率有影响。

所需回收的总镍量也对循环有显著的影响。为获得含镍很低的废渣, 必须凭借有效的还原过程并在渣贫化电炉中得到长时间的停留, 其结果是电炉中金属/冰铜的铁含量很高, 超过 30%。当此种铁返回闪速炉氧化时, 渣量和镍损失同时增加。因此总回收量存在一个最佳选择点。在此最佳选择点总循环费用和镍损失费用的总数最小。

微型小规模试验运行用含镍大约 10% 的精矿进行。结果表明: 当用此种精矿产出含硫大约 20% 的镍冰铜时, 镍循环量为 50% 左右, 当产出含硫低于 15% 的镍冰铜时为 100% 左右。

粒状镍冰铜/金属炉料对元素在闪速炉镍冰铜和炉渣中的分布的影响还不清楚。根据分析和粒度分布, 返回物料对炉渣进行了还原, 因此进入炉渣的镍量也降低。返回镍冰铜/金属和炉渣间存在下列反应:



精炼效果

在 Harjarlta 现有的奥托昆普镍生产过程由熔炼厂和湿法炼镍厂组成。熔炼过程包括干燥、闪速熔炼、P—S 吹炼和渣贫化炉。奥昆普镍生产工艺生产高品位镍冰铜(精炼的主要炉料)比其它许多镍冶炼厂含

硫(6~8%)低, 从这一点上说奥托昆普镍生产工艺与其它工艺不同。在其它冶炼厂只对炉渣吹炼, 因此镍以 Ni_3S_2 的硫化物形态回收, 它含有 20~25% 的硫和 1~3% 的铁。

在奥托昆普工艺中, 镍原料是混合镍—铜硫化物, 熔炼厂产品实际上是镍—铜冰铜。在吹炼过程中硫吹炼至 6~8%, 冰铜部分金属化, 这是可能的, 因为高品位冰铜中的铜降低了金属相的熔点。部分金属化使得精炼厂更容易浸出冰铜。——湿法冶金提炼工艺由磨矿、氧化浸出、溶液提纯和镍电积等几个步骤组成 [6]。

高品位冰铜分析的任一主要变化在精炼厂中都有许多影响。精炼厂炉料的铁含量似乎增加了。奥托昆普精炼工艺中按中铜、低铁和低硫冰铜物料设计。处理高硫物料大部分浸出工艺必须进行改造。在有些情况下, 现存精炼厂的改造和投资可能会降低使用该新熔炼工艺的可能性, 但在许多情况下, 它对镍冰铜生产具有吸引人的可能性。

结 论

为满足现在和将来更严格的环保要求, 闪速熔炼在奥托昆普集团仍然得到大的发展。我们可称此种发展为闪速熔炼应用的第二代。这些炉子的混合炉料除了常规硫化精矿外还包含其它不同组成的原料, 这种物料对炉料烧咀和炉子结构提出了新的要求。

奥托昆普研究所的微型小规模中间试验闪速熔炼设备对试验新设想及发展闪速熔炼方法新的应用是可靠的、卓越的、便宜而且灵活的。在许多情况下, 这是初始试验最合适的规模, 但有时实验室的试验对首次实验更可行。当在微型中间试验规模中最先试验结果很好时, 大型中间试验设备可用于新工艺的最后证明。

闪速熔炼炉生产高品位镍冰铜的新观念

(下转 14 页)

小坂冶炼厂目前的操作和废料处理情况

Yoshihiko Maeda, Yasuhiko Temmaya and Shigeki Suzuki

摘 要 小坂冶炼厂于1967年引进了一座奥托昆普型闪速炉，并长期用闪速冶炼工艺处理杂质铜精矿和其它含铜物料（例如铅冶炼厂和锌冶炼厂产出的废渣和物料），很多独特的工艺得到开发。用来从中间产品中回收有价金属并使杂质元素有效地进入废弃物中，本文叙述的是小坂冶炼和精炼厂如何遵守所有有关空气、水和固体废弃物的各种规定。

介 绍

小坂冶炼和精炼厂是一个有100多年历史的冶金部门（属于由大和控制的^①小坂矿山公司），该厂长期处理“黑矿”和由此分离出来的精矿，而所谓“黑矿”则是一种复杂多样的硫化矿石。借助于先进的浮选技术的发展，矿山的“黑矿”的分离得到巨大的改善并从中回收铜、锌、铅、黄铁矿和重晶石等5种精矿，而任何一种精矿都含有相当多数量的不可分离的有价金属和不利元素。

由于日本国内几乎所有的矿山都被迫关闭且很难去开辟新的矿山，因此小坂冶炼和精炼厂就转变成为一座海关冶炼厂，目前大约有90%的铜精矿从海外输入。

小坂冶炼厂所具有的独特特点是：力图避免杂质金属的富集，几乎所有的铜冶炼烟尘都不直接返回冶金炉而用湿法冶金设备除去，湿法冶金设备具有杂质处理和回收铅、锌、铜等有价金属的双重功能。这种冶炼烟尘的分离处理允许冶炼厂接受更多杂质量而同时保持产品质量的高水平。分离处理冶炼烟尘的另一效果是回收的硫酸铅占铅冶炼厂总装入含铅量的30~35%，而铅冶炼厂的月生产能力是1500吨铅锭。贵金属的回收是用常规的灰吹法从铜和铅阳极泥中提取。铟和铋从灰吹炉的烟尘中回收，同样重要的：

是铋和铋的三氧化物由铅精炼制取。现在小坂厂的年生产能力如下所述，而基本的工艺流程图用图1表示。

粗 铜	60000吨
电 铜	53000吨
电 铅	25000吨
金	6.6吨
银	500吨
铋	150吨
三氧化铋	480吨

铜冶炼厂

1967年，为适应“大和”自己矿山铜精矿生产能力的增长和解决SO₂烟气对大气的污染问题，奥托昆普型闪速炉开始作业以代替老的小鼓风炉。1985年制氧设备开始投入以提高闪速炉的处理能力。铜冶炼厂的主要设备的详细说明在表1中提供。

熔 炼

每月25000吨铜精矿和3000吨含铜物料（如来自湿法冶金处理系统的硫化铜，从锌精炼渣中分离选出的铜精矿）以及优质煤和作为熔剂的石英沙混和配料。现在小坂冶炼厂处理的铜精矿总计达40种，每种精矿都含有杂质元素，精矿的成份分析在表2列出。

配比好的干燥生料以标定的46t/h的速率装入闪速炉，和氧浓42%的富氧空气一起

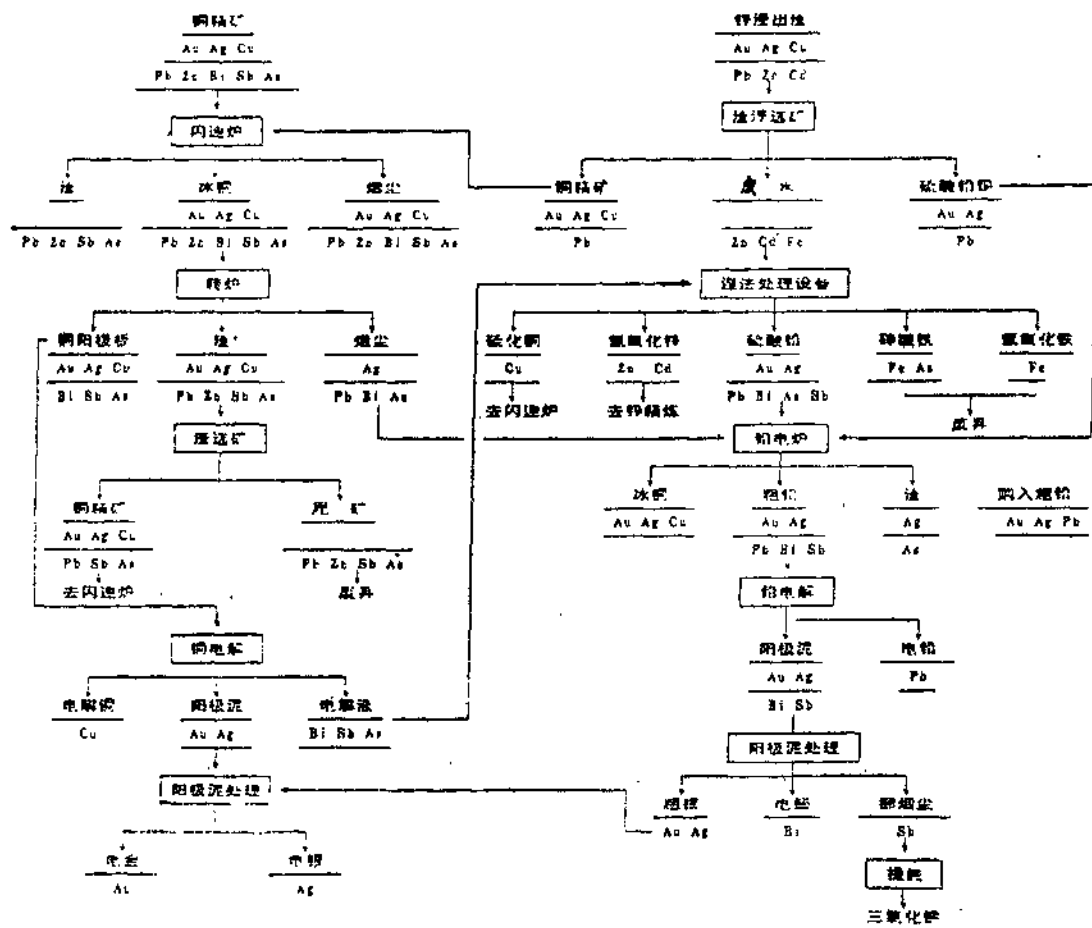


图1 小坂冶炼和精炼厂基本工艺流程表

通过3只精矿喷咀进入炉内。目标冰铜品位通常保持在50~52%，如在表3中表示的一样。

闪速炉排出的废烟气通过废热锅炉，温度从1300℃冷却到360~380℃，然后被送往4只并列的旋风除尘器和电除尘器进一步净化烟气。在闪速炉废热锅炉收集的烟尘含铜相当高，因此被用气流输送系统返回进闪速炉。但是旋风收尘器和电除尘器的烟尘（每月数量达1200~1400t）被送往湿法处理排出烟尘的循环体系，从而达到避免铅、砷、锑、铋等杂质金属的富集。

铜冶炼厂装入矿和产出物典型的分析结果和闪速炉杂质的分配在表3和表4列出。值得注意的是, 装入闪速炉总量78%的砷和

6%的铋先挥发，然后冷凝进入烟尘，而极易氧化的锌和镉则进入渣相。虽然铅和它的化合物的蒸汽压相当高，但不幸仍有装入总量42%的铅以硫化铅的形态留在冰铜层，因而铅的除去应通过后面的转炉作业进行。

转炉吹炼

二台 P—S 转炉中的一台保持热态，每月处理大约 10000t 闪速炉冰铜和 1200t 铅电炉冰铜。一个转炉作业炉次包括 3 个造渣期、1 个造铜期和最后的 1 个过吹期，需 9~10 小时。和造渣期一样，控制好造铜期过吹能急剧降低粗铜中杂质含量，特别是铅和铋的含量。事实上，如果没有造铜过吹期，铜阳极板根本不能和电解精炼生产需要相适应。转炉排出烟气通过沉降室到转炉废热锅炉再送

表1 铜冶炼系统主要设备

设 备	单 位	说 明	设 备	单 位	说 明
1. 储矿仓	1	能力: 30000吨 (在青森) 能力: 35000吨 (在小坂)	9. 阳极炉	1+(1)	型式: 横卧式、气缸倾斜 能力: 100t/炉次×1 70t/炉次×1
2. 配料储矿仓	1	能力: 5000吨/只	10. 浇铸圆盘	1	还原剂: C重油 型式: 行走型 能力: 35t/h 335kg/块阳极板 模数: 18
3. 干燥窑	2	型式: 由回转窑和气流干燥组成 能力: 50t/h	11. 闪速炉 锅 炉	1	型式: 强制循环多通道锅炉 能力: 32t/h×45kg/cm ² ×500°C (过热蒸汽)
4. 空气预热器	1	型式: 4段蒸气预热器 能力: 5400Nm ³ /h, 450°C	转炉锅炉	1	型式: 强制循环单通道锅炉 能力: 8t/h×40kg/cm ² (饱和蒸汽)
5. 氧气设备	1	型式: 低温工艺 (深冷法) 能力: 600Nm ³ /h, O ₂ 90%	蒸汽再热器	1	型式: 燃油蒸汽再热器 能力: 28t/h 入口温度285°C 出口温度500°C
6. 闪速炉	1	型式: 奥托昆普型, 3只精矿喷嘴 能力: 50t/h 反应塔尺寸: $\phi 5m \times 5.9mH$ 炉床面积: 78m ² 上升烟道, 蒸气锅炉结构	12. 发电机	1	能力: 3400kW
7. 炉渣贫化炉	1	型式: 稀型电炉, 3根连续自焙 电极 变压器: 2800KVA 床面积: 58m ²	13. 硫酸设备	2	型式: 单接触型 能力: 610t/D 115000Nm ³ /h 140t/D 28000Nm ³ /h
8. 转炉	1+(1)	型式: PS型 能力: 120t/炉次 送风眼: $\phi 39.6mm \times 44$ 带机械通 风眼机	14. 脱硫装置	1	型式: “大和”的基本的硫酸铝石 膏工艺 能力: 130000Nm ³ /h

说明: 括号中数字是指备用设备单位。

表2 精 矿 成 份 分 析

	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	As (%)	Sb (%)	Bi (%)
黑 矿	2.5	464	21.0	3.8	4.6	0.2	0.2	0.02
第1组矿平均值	10.0	510	23.5	2.7	3.3	0.3	0.2	0.03
第2组矿平均值	35.1	5745	12.8	8.4	8.4	1.0	3.1	0.16
第3组矿平均值	105	1670	0.3	0.8	0.9	0.8	0.1	0.01
其它矿	5.3	290	51.0	3.9	10.9	1.6	0.5	0.07

表3 铜冶炼厂装入矿和产出物典型成份分析

	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	As (%)	Sb (%)	Bi (%)
闪速炉装入矿	21.0	4.5	4.9	0.5	0.8	0.09
冰 铜	50.0	6.0	3.0	0.1	0.7	0.09
闪速炉渣	0.5	1.5	5.4	0.2	1.0	
返回烟尘	15.8	14.2	6.3	1.9	1.3	0.23
除去烟尘	12.4	19.0	5.9	3.7	1.8	0.63
铅电炉冰铜	6.6	8.3	4.4		0.1	0.07
转炉渣	9.2	9.0	6.6	0.1	1.3	0.01
转炉烟尘	1.6	51.0	5.5	2.0	0.7	2.11
铜阳极板	98.5	0.14	0.01	0.08	0.06	0.02

表4 闪速炉杂质金属分配

	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	As (%)	Sb (%)	Bi (%)
闪速炉装入矿	100	100	100	100	100	100
冰 铜	87	42	22	9	24	28
闪速炉渣	1	14	54	13	45	6
返回烟尘	9	24	15	30	16	30
除去烟尘	3	20	9	48	15	38

至电除尘器。为促使杂质质量的进一步降低，在转炉锅炉和电收尘器捕集的烟尘用链条刮板机直接送往铅电炉处理，因为它们平均含50%的铅。

转炉的过吹实践对降低粗铜中的硫也是

有效的，因此下面的阳极炉的进一步氧化就没有必要。和降低阳极炉还原剂用量一样，现在用C重油代替从前使用的氨气，从而降低操作成本。转炉吹炼操作杂质金属的典型分配情况由表5提供。

表5

转炉吹炼作业杂质分配情况

	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	As (%)	Sb (%)	Bi (%)
转炉总装入量	100	100	100	100	100	100
铜阳极板	83	1		22	5	14
转炉渣	7	58	74	33	59	24
转炉烟尘		10	3	10	1	35
过吹渣返回	10	33	23	35	35	27

每月5500~6000吨的转炉渣用卡车运送到附近的 Oyachi 选矿厂, 此选矿厂也处理 Iijima 锌精炼厂送来的滤渣, 并用完全独立的浮选系统分选成铜精矿和硫酸铅钼精矿。

对送选厂的转炉渣用两段圆锥球磨机粉碎、研磨, 使其70%通过 325 目筛后送浮选池。回收的精矿含铜50%, 返回到闪速炉。现在的选矿厂的操作结果在表6列出。

表6 现在的转炉渣浮选操作结果

	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	As (%)	Sb (%)	Bi (%)
转炉渣	9.2	9.0	6.6	0.12	1.30	0.01
渣铜精矿	51.7	6.9	2.3	1.50	3.00	0.08
尾 矿	0.5	9.5	7.5	0.04	0.93	0.01

分配表

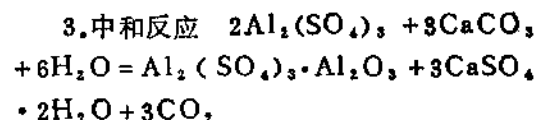
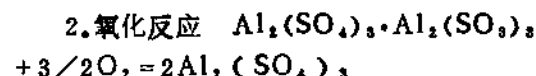
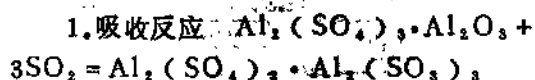
产 出 物	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	As (%)	Sb (%)	Bi (%)
转炉渣	100	100	100	100	100	100
渣铜精矿	96	17	11	70	84	75
尾 矿	4	83	89	30	16	25

硫酸制造

含SO₂气体的闪速炉排烟在冷却和除尘以后被送往二个单接触硫酸设备系统。这二个系统分别于1956年和1966年投入运行, 并分别具有140吨/天和610吨/天的正常生产能力。虽然大约进入制酸设备总SO₂烟气量的2/3来自闪速炉并且具有均衡的烟气量和稳定的SO₂浓度(体积浓度8.0%), 但转炉排烟的流量和浓度随时间推移变化很大。这些波动被更大的制酸设备吸收, 而制酸设备的主排烟风机用一种高效率的VVVF(一种频率变换器)代替先前安装的可变速液体联轴节进行操作控制。

因为制酸设备的出口烟气仍然含0.10~0.30%的SO₂, 因此被送到增设的最终吸收塔, 在最终吸收塔烟气和循环的硫酸铝溶液接触使SO₂气体含量降到50m以下。循环溶液的一部分连续地从吸收塔排出, 然后被石

灰石粉中和。固体石膏被分离以后其弱酸溶液被返回到吸收塔。其反应用下列反应式说明。



这种脱硫工艺的特点是高SO₂吸收效率(超过98%), 无吸收塔结垢堆积故障和低作业成本, 因为只需要电力和化学计算量的石灰石。

一种新的除去铜冶炼废气中的水银蒸汽和金属化合物的方法在1974年发明。这种方法是, 将排烟通过一只吸收塔, 在吸收塔中充填了由吸收剂和载体结合组成的吸收体,

吸收体和烟气接触，转化它们（指水银蒸汽和金属化合物）成为硫化物或吸收它们并固化成水银和金属化合物。载体可以用一种吸收剂或二种以上吸收剂混合组成。这种方法具有很多优点。

a) 这种吸收装置很简单，因为只要让烟气和吸收塔内充填的吸收体接触就能够除去烟气中的水银和金属化合物。

b) 烟气的压损很小。

c) 吸收过程相当稳定，因此容易操作。

在烟气中水银含量低于 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的条件下，水银除去效率达96%以上。

烟尘处理

湿法冶金处理设备于1975年开始作业，它主要处理铜冶炼烟尘，将杂质金属从铜冶炼系统除去。硫酸设备的排放水遵守废水排放环保规定并同时回收硫酸铅。硫酸铅是用铅熔炼炉将其还原为粗铅的方法被回收。

图2表示湿法冶金处理设备的工艺流程图，表7表示主要生料的组成。

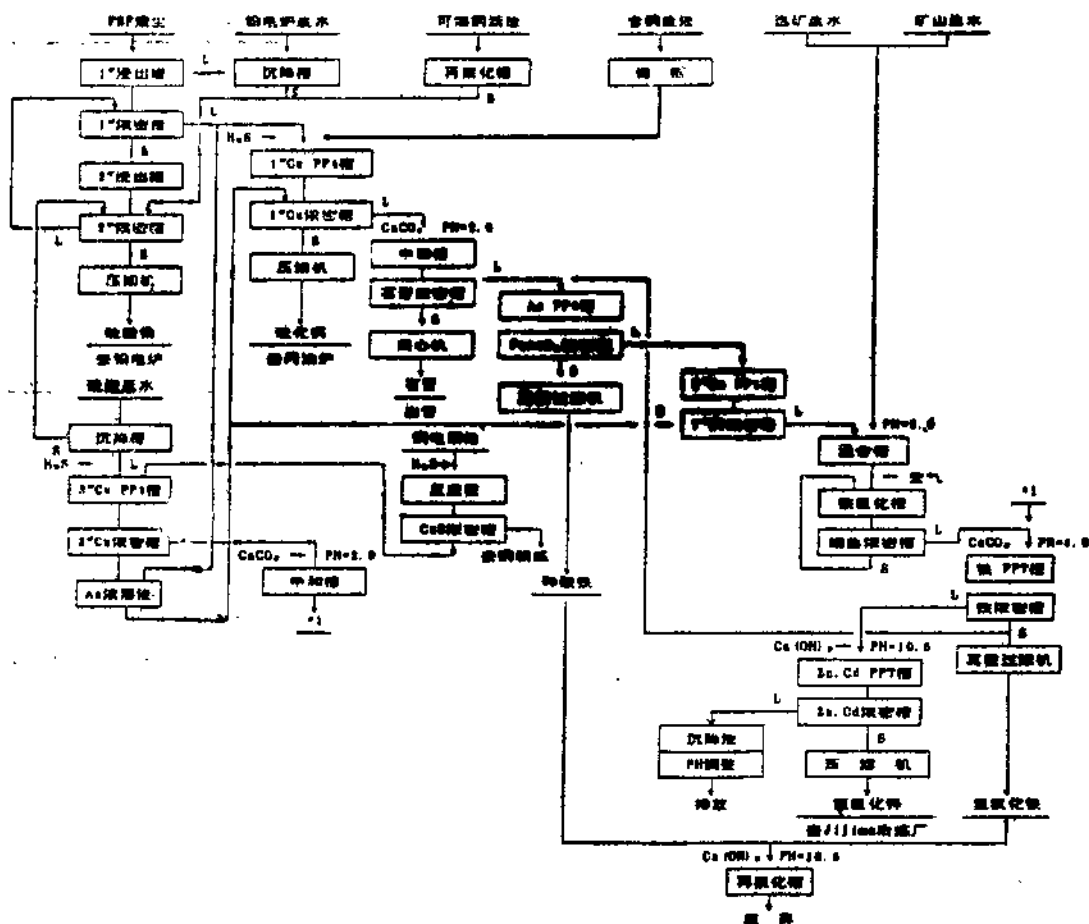


图2 湿法冶金处理设备工艺流程表

连续的硫酸浸出工艺被用来溶解包括闪速炉烟尘和锌滤渣在内的原料中的铜、砷、铁、锌和镉，其反应在通常大气压力但温度需升高到 90°C 和硫酸浓度 $90\text{g}/\text{L}$ 的条件下进

行。

总的浸出率铜是88%，砷是80%，不溶性的铅以硫酸铅形式留在浸出渣中。浸出渣中几乎包含所有的金、银、铋以及铊。

表7 湿法冶金处理生料组成分析

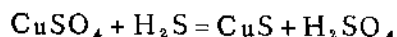
生 料	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	As (%)	Sb (%)	Bi (%)
闪速炉烟尘	12.4	19.0	5.9	3.70	1.80	0.63
酸 泥	0.7	54.5	0.7	0.20	0.90	0.55
铅电炉烟尘	0.7	56.0	2.1	1.15	2.85	1.24
其 它	40.0	3.0		12.0		

排 放 水	Cu (g/L)	Zn (g/L)	Cd (g/L)	As (g/L)	Fe (g/L)	Bi (g/L)
浮 选	0.4	7.0	0.5	0.03	0.80	
硫酸设备	3.0	2.0	0.3	5.60	1.20	
铜精炼	2.1			1.60		0.30

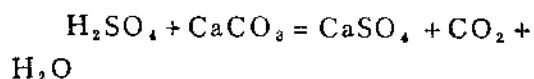
浸出液处理的目的是尽可能地回收更多的铜、锌、镉，并以最稳定的化合物砷酸铁形式固定砷，以便使砷酸铁被抛弃到尾矿坝。

浸出液处理的基本步骤如下：

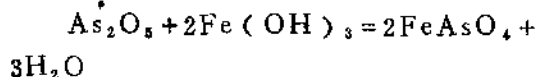
a) 和 H_2S 气体在两种不同的 PH 值条件下接触以使铜析出，同时防止砷和铜一起被析出。



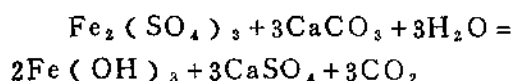
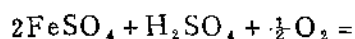
b) 加入石灰石粉浆中和至 pH 值到 2.0~2.3。



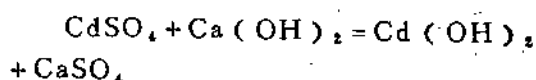
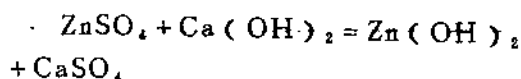
c) 返回部份从浸出液分离出来的三价铁氢氧化物使铁、砷共同析出，其反应式如下。



d) 用空气进行铁的氧化，随后提高 pH 值至 4.0 使铁析出。



e) 加入氢氧化钙回收锌和镉。



在 1984 年，一种新的技术被广泛接受采用，这种方法是借助细菌的帮助使空气有选择性地氧化二价铁离子成为三价铁离子。在 10~30℃ 的温度范围已经达到 4.5~5.5 kgFe/m³·h 的氧化速率。如果加上适当搅拌，吹入氧化槽过量空气，则氧化效率约为 20%。但无论如何，这种方法需要物料只是压缩空气 (0.8kg/cm²G) 和几个 ppm 浓度的磷酸氨作为营养剂。小坂厂同时处理一些排放水，这些排水来自 Oyachi 选矿厂、硫酸设备以及铅电炉（排水含铁和锌），这样能够降低总的废水处理成本和增加锌的产出。

产出的浸出渣被压滤机或真空过滤机浓缩和脱水，然后送往交货目的地。目前湿法冶金处理设备的作业成绩用表 8 表示。

结 论

小坂冶炼厂在从黑矿中提取复杂金属方