

◆◆ 大气污染源控制手册编写组 编

有色金属工业 大气污染源控制手册 (铜、铝冶炼篇)

中国环境科学出版社

有色金属工业大气污染源

控制手册

(铜、铝冶炼篇)

《大气污染源控制手册》编写组 编

中国环境科学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

有色金属工业大气污染源控制手册. 铜、铝冶炼篇/《大气污染源控制手册》编写组编. —北京:中国环境科学出版社,2000.12

ISBN 7-80163-045-9

I. 有… II. 大… III. ①有色金属冶金-空气污染-污染控制-技术手册②炼铜-炼铝-空气污染-污染控制-技术手册 IV. X758-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 59267 号

中国环境科学出版社出版

(100036 北京海淀区普惠南里 14 号)

北京市联华印刷厂印刷

各地新华书店经销

2000 年 12 月第一版 开本 787×1092 1/16

2000 年 12 月第一次印刷 印张 11½

印数 1—1000 字数 270 千字

定价:32.00 元

大气污染源控制手册编写名单

日本方

主 编：日本环境厅大气保全局大气规制课

副 主 编：海外环境协力中心
株式会社爱克斯都市研究所

编写组成员：日本轻金属株式会社
菱化轻金属株式会社
住友金属矿山株式会社
日矿金属表面处理株式会社
财团法人金属类材料研究开发中心

中国方

主 编：洪少贤

副 主 编：樊元生 赵维钧 焦志延

编写组成员：李 蕾 刘 孜 黄慧娟 吕文艳 周水华
汤大钢 王 玮 杜 渐 张 杰 罗宜平
董景春 杨建军 郝彦伟 黄树林 夏昌建
李敦顺 薛延清 鄂保良 曹东臣 肖致民
张德发 崔 强

目 录

铜 冶 炼 篇

1. 铜冶炼工业大气污染问题·····	(3)
1.1 铜冶炼工程和技术进步·····	(3)
1.1.1 冶炼的工程概要·····	(3)
1.1.2 铜冶炼技术的进步·····	(8)
1.2 排放的大气污染物及其环境影响·····	(10)
1.2.1 大气污染物和排放源·····	(10)
1.2.2 大气污染物的环境影响·····	(14)
2. 铜冶炼工业中大气污染防治对策技术·····	(18)
2.1 铜冶炼工业中环境管理·····	(18)
2.1.1 概要·····	(18)
2.1.2 冶炼厂选址时的环境评价·····	(18)
2.1.3 工厂和治理设备的设计·····	(21)
2.1.4 治理技术·····	(22)
2.1.5 操作管理和职员教育·····	(25)
2.1.6 环境监测·····	(26)
2.1.7 环境管理体制·····	(26)
2.1.8 与地方政府及周围居民的关系·····	(27)
2.2 治理技术·····	(28)
2.2.1 亚硫酸气体治理技术(硫酸制造)·····	(28)
2.2.2 除尘技术·····	(35)
2.3 大气污染的监测技术(包括分析技术)·····	(41)
2.3.1 烟筒排放口·····	(41)
2.3.2 工厂周围环境·····	(50)
3. 日本在铜冶炼工业大气污染防治对策的经验·····	(52)
3.1 日本铜冶炼工业的历史·····	(52)
3.1.1 战后冶炼厂复兴期:复兴和新技术导入·····	(53)
3.1.2 设备增强和环境问题发现期:高速发展和公害·····	(53)

3.1.3 能源涨价期:石油危机和节能	(53)
3.1.4 日元升值和合理化期:预算性恶化和节资	(55)
3.2 铜冶炼工业有关大气污染控制的历史	(57)
3.2.1 大气污染问题的发生	(57)
3.2.2 法制法规的历史	(57)
3.3 铜冶炼工业环境问题和对策的历史	(63)
3.4 铜冶炼工业大气污染对策的成果和教训	(65)
4. 发展中国家铜冶炼工业和大气污染防治对策的现状	(67)
4.1 铜冶炼工业的现状	(67)
4.1.1 中国	(67)
4.1.2 哈萨克斯坦	(69)
4.2 铜冶炼工业的大气污染防治对策的现状	(75)
4.2.1 中国	(75)
4.2.2 哈萨克斯坦	(78)
4.3 事例研究(中国)	(81)
4.3.1 中国某冶炼工厂的事例	(81)
4.3.2 建议	(82)
4.4 铜冶炼工业中有关大气污染防治的课题	(84)
5. 发展中国家中有关铜冶炼工业的大气污染防治对策技术合作的事例	
.....	(85)
5.1 绿色援助计划	(85)
5.1.1 日本的脱硫和脱硝技术	(85)
5.1.2 绿色援助计划	(86)
5.2 国际合作事业团(JICA)的环境合作	(89)
5.3 铜冶炼工业有关大气污染的技术合作	(90)

铝 冶 炼 篇

1. 铝冶炼业中的大气污染问题	(93)
1.1 铝冶炼技术和大气污染问题	(93)
1.1.1 铝冶炼工程和大气污染防治技术的概要	(93)
1.1.2 氧化铝制造工程	(94)
1.1.3 铝冶炼工程	(96)
1.2 铝冶炼工程产生的大气污染物及其对环境的影响	(104)
1.2.1 铝冶炼工程产生的大气污染物及其排放源	(104)
1.2.2 氟化物对环境(生物)的影响	(106)

2. 铝冶炼工业中大气污染防治对策	(113)
2.1 铝冶炼工业环境管理	(113)
2.1.1 环境管理的概念	(113)
2.1.2 冶炼工厂选址时的环境评价	(113)
2.1.3 排放和环境标准值	(114)
2.1.4 工厂和对策设备的计划	(115)
2.1.5 操作管理和职员教育	(116)
2.1.6 环境监测	(116)
2.1.7 环境管理体制	(116)
2.1.8 与地方政府以及周围居民的关系	(117)
2.2 大气污染防治对策技术	(118)
2.2.1 氧化铝工厂	(118)
2.2.2 电解工厂	(118)
2.2.3 氟污染防治对策的费用	(134)
2.2.4 阳极工厂	(135)
2.2.5 铸造工厂	(137)
3. 氟化物的监测和测定技术	(138)
3.1 氟化物的监测和测定法	(138)
3.1.1 监测的目的和对象	(138)
3.1.2 排放源排放氟化物浓度的测定	(138)
3.1.3 工厂周围大气以及植物中氟化物浓度的测定	(139)
3.2 排放源排气中氟化物分析法(JIS K0105 - 1982)	(139)
3.2.1 本方法的适用范围和氟化物的定义	(140)
3.2.2 气体样品采集(采样)法	(140)
3.2.3 样品气体的分析法	(142)
3.3 痕量氟化物的浓度测定法	(146)
3.3.1 测定法的概要	(146)
3.3.2 碱性滤纸吸引法	(147)
3.3.3 碱性管法	(149)
3.3.4 自动检测器法	(151)
3.3.5 工厂周围的简易监测法(碱性滤纸 - 百叶箱法)	(152)
3.3.6 植物中的氟分析方法	(154)
3.3.7 其他的分析	(157)
3.4 颗粒态氟化物的分析法	(158)
3.4.1 分析法的概要	(158)
3.4.2 样品气体采集法	(158)
3.4.3 分析法	(158)
3.3.4 计算	(158)

4. 日本在铝冶炼工业大气污染防治对策方面的经验	(160)
4.1 日本铝冶炼工业的历史	(160)
4.1.1 1945 年前	(160)
4.1.2 1945 ~ 1965 年	(160)
4.1.3 1965 ~ 1975 年	(161)
4.1.4 1975 年后	(161)
4.2 日本有关铝冶炼工业大气污染控制的历史	(161)
4.3 日本铝冶炼工厂环境问题和对策的历史	(162)
4.3.1 1945 年以前	(162)
4.3.2 1945 ~ 1960 年	(162)
4.3.3 1960 ~ 1965 年	(162)
4.3.4 1965 ~ 1975 年	(162)
4.3.5 总结	(164)
5. 发展中国家铝冶炼工业和大气污染防治对策的现状	(165)
5.1 铝冶炼工业的现状	(165)
5.1.1 中国和东欧	(165)
5.1.2 市场经济发展中国家	(165)
5.2 铝冶炼工业大气污染防治对策的现状	(166)
5.2.1 中国和东欧	(166)
5.2.2 市场经济发展中国家	(166)
5.3 事例研究(中国)	(167)
5.3.1 中国某冶炼工厂的事例	(167)
5.3.2 建议	(169)
5.4 有关铝冶炼工业大气污染防治的课题	(169)
6. 有关发展中国家铝冶炼工业的大气污染防治对策技术援助的事例	(171)
6.1 企业间的技术援助	(171)
6.2 通过 UNEP 的技术援助	(171)
6.2.1 山东铝工厂	(171)
6.2.2 郑州铝工厂	(172)
6.3 政府间的技术援助	(172)
6.3.1 贵州铝厂第 1 电解工厂的大气污染防治对策	(172)
6.3.2 能源和环境技术普及援助事业	(172)

铜冶炼篇

1 铜冶炼工业大气污染问题

1.1 铜冶炼工程和技术进步

1.1.1 冶炼的工程概要

(1) 铜的用途及其供需

1) 铜的起源

铜的历史排在金后，非常古老。公元前 5000 年左右在古代东方可以偶然拾到的铜随着采矿、冶炼、合金化、加工技术的进步，经埃及、希腊、罗马推广到世界各地生产并被使用。中国在公元前 2000 年制造了精致的青铜器。日本大约在公元前 300 年，与大陆传播的稻子耕作文化相伴，青铜器也一同而来，逐渐揭开了铜的历史。

2) 铜的用途

铜是电气和热的良好导体，加工性能优越，合金特性良好，具有优异的耐腐蚀性，颜色悦目且不具有磁性。具有化合物的各种特性和杀菌作用等特点，作为金属自古以来就被广泛使用。例如，铜作为电缆、电线、通信线路、电子元件、厨房用品、酿造装置、货币、美术工艺品、杀菌剂等用途正在日益扩大。

目前，日本的铜需求量达到每年 150 万吨，其中约 100 万吨用于电线，50 万吨用于黄铜、青铜等压延铜制品，还有约 2 万吨用于其他。铜的需求约 70% 为电线，这个比率数十年以来基本保持不变。

3) 铜的供需

全世界的铜消费量大约为每年 1200 万吨，日本的消费量在美国的 250 万吨之后，排在世界第 2 位，其次是德国的 109 万吨和中国的 91 万吨（1995 年）。

世界的铜生产量每年在 1160 万吨以内，日本的生产量为 120 万吨，排在美国的 226 万吨、智利的 149 万吨之后，列世界第 3 位，其次是中国的 84 万吨（1995 年）。

但是，目前日本铜原料的自给率只不过仅有 0.1%，几乎全部的原料都从智利、印度尼西亚、加拿大、巴布亚新几内亚、菲律宾等各国进口，赖以维持生产。对应于铜整体的需求，生产不足部分的补充是从智利、赞比亚、美国等进口金属铜。

(2) 目前的铜冶炼技术

1) 铜矿石和精铜矿 (copper ore and copper concentrated)

铜在元素周期表排在第 26 位, 从地球最外层到深约 16km 的地层, 铜存在的质量分数为 55×10^{-6} , 比其他实用性金属多。目前, 铜资源的可开采储藏量全世界合计约为 5 亿吨, 其中南美 25.3%、北美 17.3%、中部非洲 12.6%, 上述 3 个地区占全世界的 55% 以上。

以 Cu、Zn、Pb 为代表的非金属矿床大多由硫化物的矿石组成, 在一些情况下铜除了辉铜矿 (Cu_2S)、黄铜矿 (CuFeS_2)、硫砷铜矿 (Cu_3AsS_4) 等以外, 可以同时存在于 Zn (闪锌矿, ZnS)、Pb (方铅矿, PbS) 等称为黑矿的复杂矿床中。铜矿床在全世界比较经济地进行开采的矿石的 Cu 含有率最低为 0.5% 左右, 一般情况下为 1% ~ 4%。

为了分离回收从矿山采集矿石中的有价值成分, 应先在选矿工程中选取高品位的精矿, 供给到下面的工程“冶炼”。选矿有各种各样的方法, 一般的方法是比重选矿法、浮选法、磁力选矿法等, 手选矿法则古已有之。不论何种方法, 都是利用矿物物理的和化学的差异, 所以下面的冶炼工程中不适合的成分应该尽可能地在这个选矿过程中去除, 同时提高铜的品位。

经过选矿过程精铜矿的组成根据其原始矿床和矿石的种类而不同。一般的组成如表 1-1 所示。

表 1-1 精铜矿组分的例子 (单位) Au、Ag: g/t、其它 %

成分	Au	Ag	Cu	S	Pb	Zn	Fe	As	Sb	Bi	SiO ₂
精铜矿 K	3.2	513	21.2	28.0	3.22	3.51	23.3	0.25	0.13	0.004	-
O	10.5	87	28.1	28.0	0.20	0.89	25.2	0.16	-	-	8.64
O'	12.5	139	36	29	0.04	0.08	23	-	-	-	5.2
B	9	119	29.8	30.0	0.40	1.16	25.9	0.11	0.02	0.01	4.7
S	10	88	32.0	30.0	0.13	0.70	22.8	0.06	0.01	0.01	-

资料来源: [日本矿业会志] Vol.97 No.1122 日本矿业会 (1981)

[资源与素材] Vol.109 No.12 资源·素材学会 (1993)

2) 铜冶炼法的种类

现代的铜冶炼方法依原料铜矿石的种类各异, 可以大致划分为干式冶炼法 (pyro-metallurgy) 和湿式冶炼法 (hydro-metallurgy)。干式冶炼法主要用于硫化矿的处理, 通过选矿铜品位浓缩到 20% ~ 40% 的精铜矿作出表层 (matte, 皮) 熔炼 (smelting), 从表层得到粗铜 (crude copper) 的转炉工程 (converting) 和将粗铜精制的电解精制 (electro-refining) 等 3 个工程。另外, 最近通过将粗铜用干式法 (pyro process) 进一步精制, 得到的阳极 (anode) 再进行电解精制。

湿式法用于氧化铜矿的处理, 虽然目前的生产量比较少, 但是应注意今后的动向。这个方法是通过酸将铜浸出 (leaching), 利用电解采集 (electro-winning) 得到电气铜 (electric copper), 同时用溶剂提取 (solvent extraction) 的方式精制溶液, 通过电解采集得到电气铜, 通过工程和管理可以得到与干式法相同纯度的制品。

铜冶炼的综合流程图如图 1-1 所示。

3) 干式铜冶炼法 (表层熔炼法)

铜的干式冶炼工程是将选矿的硫化铜矿石作为精铜矿, 氧化精铜矿中的 Fe, 作为溶剂加入含有金银的硅酸矿 SiO_2 使之反应形成矿渣 (slag, 溶渣), 将铜作为硫化物

(sulfide) 的熔融体表层 (matte, 皮) 进行浓缩的工程, 这称为熔炼或表层熔炼 (matte smelting)。表层熔炼中使用熔矿炉 (blast furnace)、反射炉 (reverberatory furnace)、电气炉 (electric furnace)、自熔炉 (flash furnace)、连续制铜炉 (continuous copper smelting furnace) 等。在进行大规模表层冶炼的时候, 可以使用反射炉、自熔炉、电气炉、连续制铜炉, 而熔矿炉从可以进行精矿吹炼后, 不需要块矿 (lump ore) 和型矿 (briquette) 制造的前处理, 目前只有一部分在使用。但是, 从环境污染防止和能源有效利用的观点出发, 利用自熔炉和连续制铜炉的冶炼工厂较多。最近, 进行表层熔炼的冶炼炉 (sumelting furnace) 将发生的 SO_2 作为硫酸 (sulfuric acid) 和硫磺回收, 不排放 SO_2 已经成为必须。

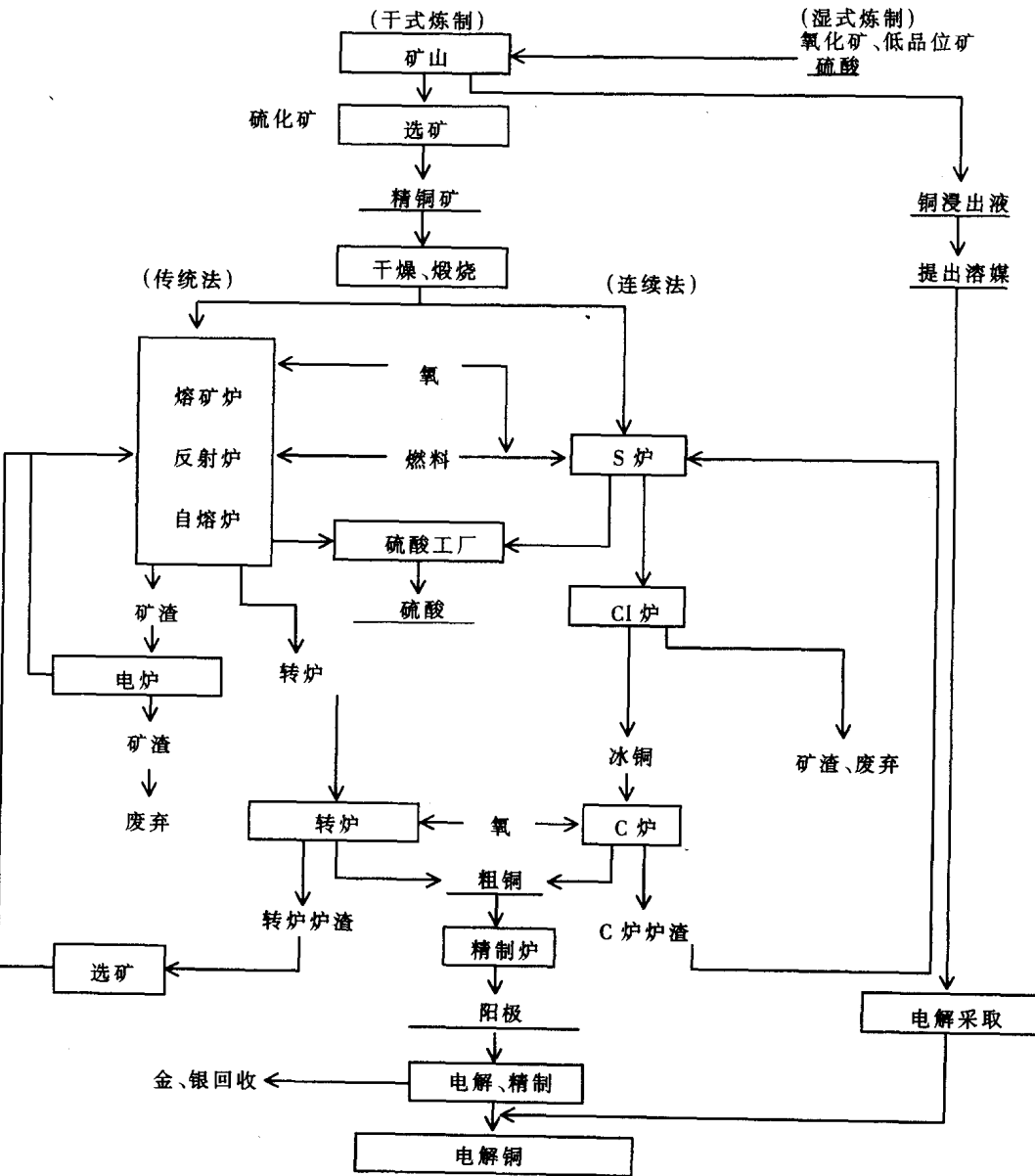
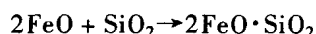
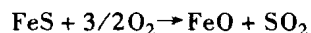
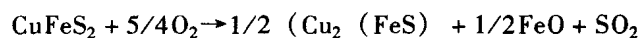


图 1-1 铜炼制的综合流程图

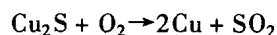
资料来源:[铜及铜合金基础和工业技术(修订版)]日本伸铜协会(1994)

表层熔炼的化学反应如下略述。

A 氧化及矿渣的生成 (oxidation and slag formation)



B 硫的去除 (sulfur removal)



利用反射炉法、自熔炉法、连续制铜炉法等各种方法不同工程铜品位的变化如图 1-2 所示。

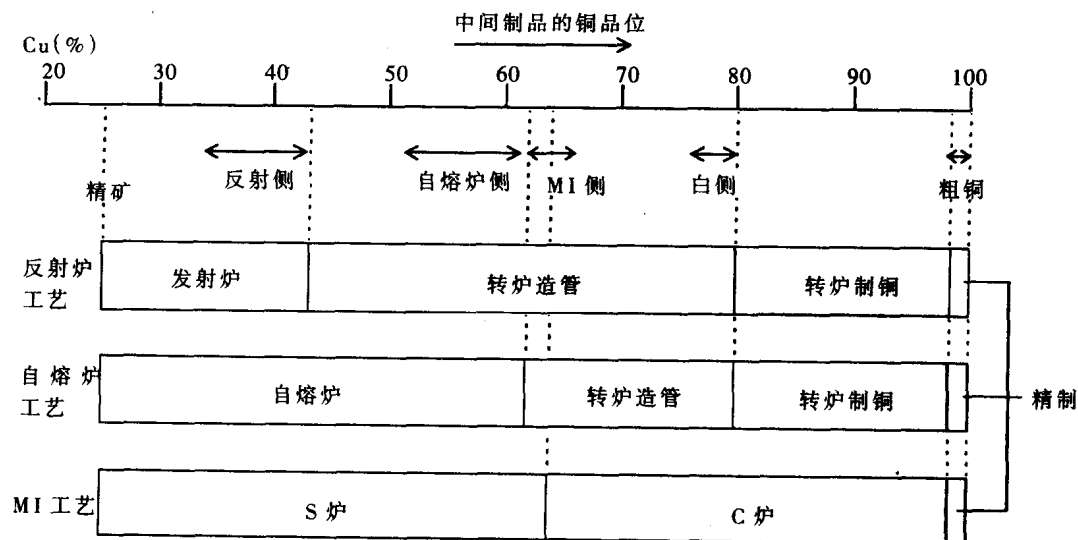


图 1-2 各种铜炼制工艺中铜品位的变化

资料来源:[铜及铜合金基础和工业技术(修订版)]日本伸铜协会(1994)

反射炉、自熔炉、连续制铜法 S 炉中产出的熔融状态表层供给到下面的转炉 (连续制铜法为 C 炉)。转炉通常是横型圆筒状的回转炉 (Peirce Smith converter), 但是在连续法中为称为 C 炉的固定炉。转炉操作分为将表层中的 Fe 完全氧化去除的过程 (slagging period) 和氧化由此产生“白色表层” (white matte) 得到粗铜的造铜过程 (blister forming period)。

转炉操作为回分式 (batch process), 由于操作的间断和 SO_2 浓度的变化, 生产性能和硫酸工厂的负荷变化, 必须慎重地对应 SO_2 的完全回收。通常, 转炉设置多台机器, 可以通过操作时间的间歇解决这些问题。由于转炉矿渣的含铜率高达 3% ~ 5%, 矿渣中的铜在熔炼炉中熔融, 或者经过选矿工程作为精矿反复使用。

炼铜工程 (熔融炉 ~ 转炉) 中制造的粗铜通常含铜 98% ~ 99%, 由于含有 0.05% 的硫, 所以需要用于干式法精制。通常 1 次可以处理 150 ~ 400t, 从转炉出来的熔融状态 (molten state) 的粗铜在圆筒形的精炼炉中氧化, 去除硫和其它不纯物质, 然后还原作为精制粗铜铸造电解精铜用的阳极 (anode)。作为还原材料以往使用松木, 最近开始使用氨 (ammonium) 或重油。

4) 其他的干式冶炼法

从环境保护、节省能源、利用连续法削减成本等观点出发，在自熔炉、连续法及其转炉也进行了各种改良。最近设置的铜冶炼工厂中的冶炼炉如表 1-2 所示。

表 1-2 近年新设制铜炼炉

炼制炉	公司 (国家)	开工年份
自熔炉	Nagma Copper (美国)	1988
自熔炉	Chuqui camata (智利)	1988
自熔炉	Roxby Downs (澳大利亚)	1988
瑞兰达炉	Southern Copper (澳大利亚)	1990
氧燃料反射炉	ZCCM Nkana (赞比亚)	1991
三菱连续法 (大型炉设备)	三菱、直岛 (日本)	1991
Isamelt	Mt. Isa (澳大利亚)	1992
Isamelt	Cyprus Copper (美国)	1992
Inco 自熔炉 Cu/Ni (2 座)	Inco Copper Cliff (加拿大)	1992/93
反射炉	Refimet (智利)	1993
自熔炉	Paipote (智利)	1993
Contop	Asarco, El Paso (美国)	1993

资料来源：[铜及铜合金基础和工业技术 (修订版)] 日本伸铜协会 (1994)

近年，新建的冶炼工厂由于环境问题和需要庞大的投资金额非常困难，所以替换以往的冶炼工厂的情况较多。最近发表的新冶炼法如下所示。

A Noranda 法

此法是由加拿大 Noranda 公司开发的。被该公司 Horn 及其他如 Kennecott Uta、澳大利亚的 Southern Copper 等采用。并不直接产出粗铜，而是留这白砒 (White matte) 与 PS 转炉联合操作使用。

B Isamelt 法

此法由澳大利亚的 Mt. Isa Mines (MIM) 开发，在 Mt. Isa 及美国的 Cyprus Mines 的 Inspiration (地名) 被实用化。处理能力为精铜 100t/hr 左右。

C Vanyukov 法

此法是俄罗斯开发的技术，在熔融体中进行冶炼 “Smelt in Melt”。已经在 Noril'sk 有 4 台，哈萨克斯坦的 Balkash 有 2 台在运转。

5) 电解精制

铜的电解精制在 1865 年通过意大利的 Elkington 被实用化，日本 1889 年在古河总厂炼铜工厂开始使用。

铜的电解精制由阳极 (anode) 的制造开始。首先，通过干式冶炼法铸造产出的精制粗铜。铸造有通过铸造模具一片一片铸造和切断连续铸造的粗铜板的方法。阴极使用一般铜的电解薄板 (通称种板, starting sheet)。电解槽中的电解液在保持铜约 40 ~ 60g/L、游离硫酸 150 ~ 220g/L、液温度 50 ~ 65℃，通过电流密度 180 ~ 250A/m² 的直流电进行电解精制，称为 PCR (periodic current reversal) 电解的全部电流的约 5% 为逆向电流。

电解工厂的机械化最近非常引人注目，已经在种板的剥离、种板的制造、阳极、阴极、残铜的操作引入自动化，并自动进行电解电压的测定。

电解工厂通常几乎不发生大气污染问题。

6) 湿式冶炼法

铜的湿式冶炼自古以来就以自然铜、旧铜和氧化铜矿为对象进行小规模冶炼，但是存在制品品质的问题。但是，从 80 年代中叶开始，湿式冶炼法以北美和南美为中心急速发展了 SE-EW (Solvent Extraction-Electrowinning) 法，这种方法的兴起是由于干式法中 SO_2 气体污染环境比较难以解决，而且可以使用到目前不能成为利用对象的低品位矿，另外，在经济方面建设费用和运转费用与原来干式法比较都非常低廉，由于有这些特点，近年成为引人注目的冶炼法。根据 IWCC 的估计，SE-EW 法 1992 年生产 86.8 万 t，2000 年生产 199.7 万 t。但是，由于湿式冶炼法是浸出矿石的过程，所以事实上不能回收贵金属，不适合金银含量多的矿石。

7) 铜冶炼技术的总结

明治时代以后 (1868 年 ~) 在日本占主流的熔矿炉法由于生产性能低、工程复杂、生产成本低、环境 (主要是大气) 污染防治困难，各冶炼工厂吃尽苦头。1956 年足尾冶炼工厂导入欧德库布公司 (芬兰) 的自熔炉法后，由于克服了以往冶炼法的难点，所以许多冶炼工厂相继转换为这种方法。

以干式法为中心概述了铜冶炼法。目前，熔矿炉、反射炉、电气炉、自熔炉、连续炼铜 S 炉占干式铜冶炼法的大半。其中日本的冶炼工厂采用了除熔矿炉和电气炉外的各种方法。

1.1.2 铜冶炼技术的进步

(1) 日本铜冶炼技术的进步

日本 698 年发现铜矿石，708 年发现天然铜。冶炼和利用技术从中国大陆传来，随着需求的扩大，采掘和冶炼技术也向各地渗透。1500 年，传来了回收铜中包含的金和银的“南蛮提取法”并在国内各地推广。随着产量不断扩大，对应于当时发达国家西欧紧迫的铜需求，在十七世纪末期年产 5000t，成为世界最大的产铜国。

明治维新 (1868 年) 之后，通过近代政府的政策，得到了欧美技术人员的指导，以往以真吹法为主体的冶炼法吹入了现代化技术的新风。随着冶炼技术的进步，产量也急剧增加到 1885 年的 10500t、1910 年的 49000t、1945 年的 80000t。但是，与此相伴的大气污染问题日益深化，对于当事者 (矿山和冶炼工厂，居民和农民) 真是迎来了凄风苦雨的时代。

第 2 次世界大战使铜冶炼工厂受到了毁灭性打击，但是从荒废到崛起，通过导入临海冶炼工厂方式、提高生产性能、降低成本、实行合理化等，不久就迎来了生产量扩大、冶炼技术革新的时代。其后 1970~1980 年，与美圆危机和石油危机一同，激烈的公害问题动摇了社会。但是，通过以企业、政府、大学为首的全国的极大努力，目前日本的铜冶炼工厂完成了变革，在品质、生产性能、成本、公害防止各个方面都走在了世界最前端。

(2) 技术进步的基础

铜冶炼与其他的金属冶炼相同，综合工程的因素很大，有关目前铜冶炼的核心技术，可以总结如下。

- 1) 环境对应技术
- 2) 节省能源技术
- 3) 质量管理 (QC, TQC, PM, TPM)

- 4) 省力化技术
- 5) 提高生产性能技术
- 6) 再利用、最大限度减少工业废弃物技术
- 7) 冶炼各反应的解析和应用技术等

这些关系到冶炼技术的进步，以资源和原材料学会（旧日本矿业会）、日本矿业协会的支持者为先导，在企业界进行了充分的切磋。此外，企业、政府、学校有很多机会发表研究成果，有关人员也互相钻研。

(3) 通过自身努力对付环境问题

环境问题应当特别关注，企业 and 国家应该建立各自的自身努力来解决问题的体制。例如，对于 SO_x ，国家和地方政府设立了排放浓度、K 值（最大落地浓度）、总量、超标等的限制，制定了惩罚条款（排放负担金、罚款、操作停止等），要求企业进行管理体制的整備。

反之，国家在实施大气污染对策时需要调配必要的资金进行支援，政府通过整備补助资金制度等，在资金方面支援企业的自身努力。另外，在税制方面对于设置公害防止设备也提供优待措施。进一步，1971 年制定了管理者法（有关在特定工厂整備公害防止组织的法律），随着有关公害防止启蒙的进行，力图提高国家全体公害防止技术的水平。

目前，国家、地方政府、学会、企业界已经结为一体，共同对待环境问题的改善和提高。

参考资料

1. 通商产业省资料
2. 矿业便览 平成 9 年版，资源能源厅长官官房矿业科监制 1997 年
3. “日本矿业会志” Vol. 97, No. 1122, 日本矿业会 1981 年
4. “资源和原材料” Vol. 109, No. 12, 资源和原材料学会 1993 年
5. “有色金属冶炼讲座 现代金属学 冶炼篇 2” 日本金属学会 1980 年
6. “铜以及铜合金的基础和工业技术（修订版）” 日本铜材料协会 1994 年
7. “金属产业的技术和公害” 田明郎 1997 年
8. “日本的技术 100 年 第 2 卷（炼铁和金属）” 筑摩书房 1988 年