

艾萨熔炼技术

——增产有道

J. S. 爱德华兹

MIMPT 工艺技术公司

C. R. 枫丹及 R. I. 摩尔兰德

芒特艾萨矿业公司

摘 要

芒特艾萨矿业公司 (MIM) 与联邦科工研究组织 (CSIRO) 联合开发了铜的艾萨法熔炼工艺。自 1992 年 8 月以来 MIM 就在芒特艾萨开始运行正规的艾萨炉。1997 年 7 月老式的沸腾焙烧炉及反射炉停产。目前在芒特艾萨熔炼的全部铜精矿均由艾萨炉处理。

MIM 的铜冶炼厂在 1998 年 8 月进行了改造, 将阳极铜的年产量提高至 27 万吨。此项改造包括安装日产 525 吨的第二套制氧设备, 第四座皮氏卧式转炉, 制酸厂与炼炉的连接装置, 一台新的阳极铜浇铸机, 一台艾萨炉炉料的堆取机, 一台大型的与艾萨炉配套的排风机, 并更换了老的转炉跨间天车。其他的改造包括延伸一台阳极炉的长度和艾萨炉旋转保温炉的长度, 并以克力斯拖曳机取代了炉渣的水淬系统。

截至 2000 年 3 月底, 十二个月来该冶炼厂生产了 21.9 万吨阳极铜。生产记

录月月更新。在西方矿业公司的肥料酸厂竣工投产后，这里的年产量还将进一步扩大。

前 言

近三十年来，全世界各矿业公司和冶金公司都面临两项无情的压力----它们的产品实价日趋下降和有关降低排放物的社会要求不断增强。芒特艾萨矿业公司（MIM）用发展艾萨熔炼工艺来回答这些挑战。这些工艺是与澳大利亚政府的研究机构-----联邦科学与工业研究组织（CSIRO）共同开发的。

有关开发铜艾萨熔炼工艺的实际情况和历史已在别处予以详细叙述。铜的艾萨炉现在是 MIM 芒特艾萨铜冶炼厂的主要熔炼设备，年生产规模为 27 万吨阳极铜。该艾萨炉铜精矿的处理量高达 178 吨/小时。截至 2000 年 3 月底，十二个月来已处理含铜炉料（精矿加返料）91.6 万吨。

铜艾萨炉也是美国亚利桑那州迈阿密（Phelps Dodge）铜冶炼厂及印度南部土提科林（Sterlite）铜冶炼厂的主要熔炼设备。在中国云南昆明云铜公司正在建设第四座铜艾萨炉，在英国和比利时有其它的艾萨炉在运转，在马来西亚和德国新增加的艾萨炉也在建设之中。

芒特艾萨铜冶炼厂在 1997 年和 1998 年期间完成了升级，把年产约 18 万吨阳极铜的生产能力扩大为 27 万吨/年，从而能熔炼欧内斯特亨利矿山生产的精矿。该矿山距芒特艾萨约 200 公里，芒特艾萨冶炼厂占有 51% 的股权。

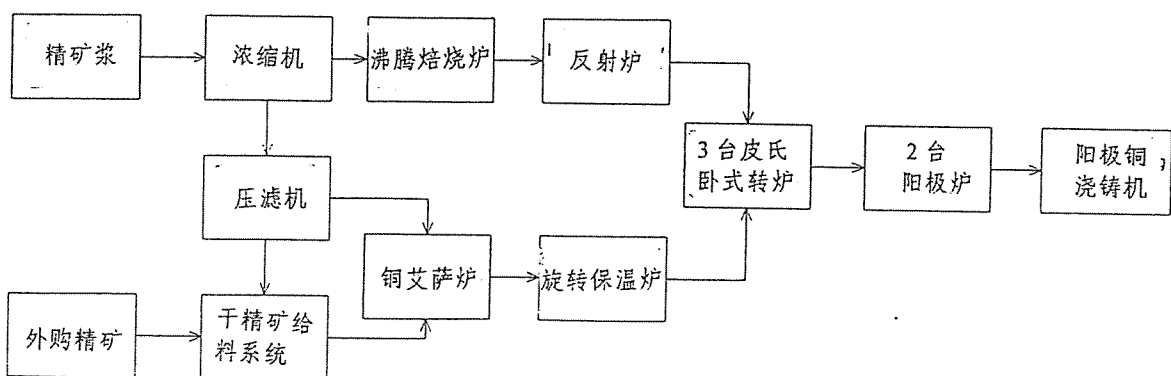
本文将叙述铜冶炼厂在升级前的情况，升级的原因，做出的变更，以及自此以后铜冶炼厂艾萨炉的生产情况。

铜冶炼厂原先的工艺流程

芒特艾萨铜冶炼厂铜艾萨炉的设计平均给料量为 104 吨/小时，于 1992 年 8 月开始生产 (4)。原先的打算是以艾萨炉取代 MIM 老的焙烧炉和反射炉，芒特艾萨冶炼厂的阳极铜生产能力不变，仍为 18 万吨/年。然而，人们发觉，如果焙烧炉和两台反射炉中较大的一台继续维持生产，只要增加少量的基建投资，从理论上讲就有可能将冶炼厂的生产能力提高到 26.5 万吨/年。转炉将有足够的处理能力处理生产出来的含铜 60% 的冰铜。随后决定对此方案进行试验。

图一为该炉采取的工艺流程。来自 MIM 铜选矿厂的精矿浆经浓缩后分别送往焙烧炉和艾萨炉。送往艾萨炉的精矿先进行过滤，然后，或直接投入艾萨炉，或送往干精矿給料系统与外购精矿混合。两种炉子的产品最后在转炉汇合。

图一：1992 年铜冶炼厂包括艾萨炉的在内的工艺流程



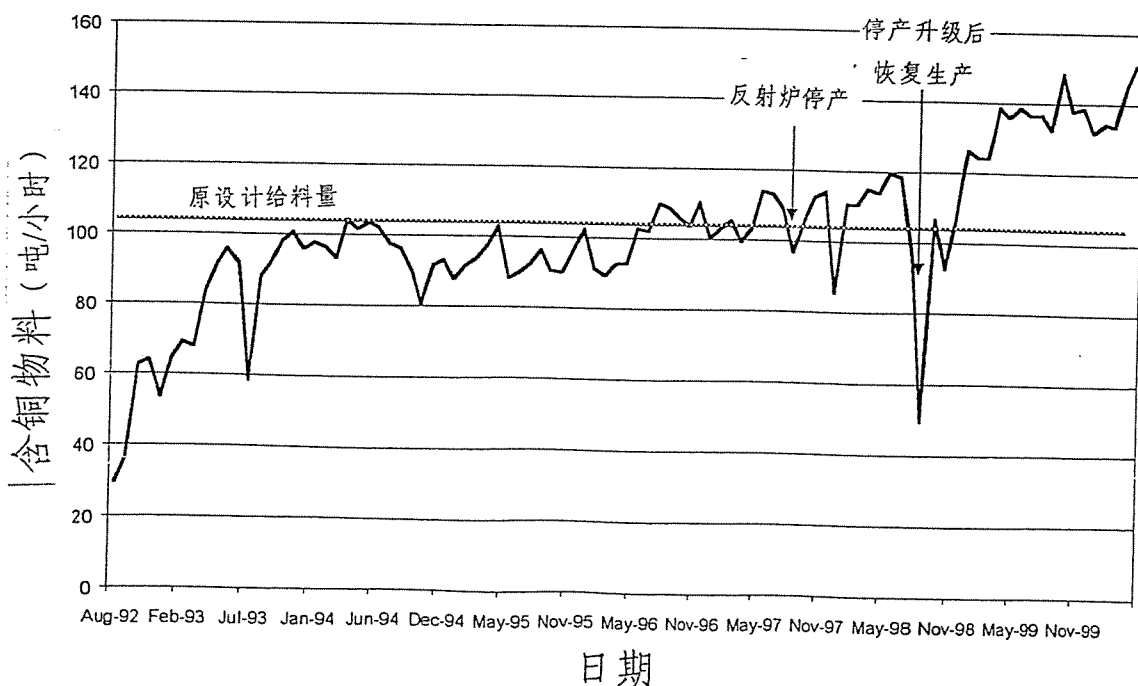
升级的理由

焙烧炉和反射炉的连续生产证明与冶炼厂的生产要求相悖。在这两台炉子运行的任何一年都未能生产出超过 19.6 万吨的铜（见图四）。不可能按冰铜品位为 60% 来使反射炉满意地运行。冰铜的熔点升高到了会使其在炉内结块的危险程度，而实际上它们在冰铜出口流槽和冰铜包中就已有结块。这样就生成了大量返料。

来自反射炉的冰铜品位不得不下调，转炉就成了一个瓶颈。吹炼能力的制约导致艾萨炉明显地不能发挥其性能，因为它的处理量不得不降低以使通过反射炉的冰铜得以连续运动。如果做不到这一点就将造成反射炉结块的后果。

图二所示为艾萨炉自投产以来含铜炉料（精矿及返料）的处理率。该炉在 1994 年 4 月达到了设计的平均处理量，然而随后就受到反射炉需要量及艾萨炉炉渣水淬系统操作上的困难所制约。

有一点是显而易见的，即铜冶炼厂要达到处理欧内斯特·亨利精矿所需要的生产能力，就要进一步投资。



图二：艾萨炉自投产以来各月平均给料量

铜冶炼厂升级所需要的变更

已验证的变更

为提高铜冶炼厂生产能力所做出的变更如下:

- *将精矿的含铜品位提高至 27%;
- *安装新的艾萨炉给料系统, 包括配料设备;
- *安装第二台日产 525 吨 (吨/日) 的制氧设备;
- *使艾萨炉废气排风扇升级;
- *加大艾萨炉旋转保温炉 (RHF) 的长度;
- *把旋转保温炉的炉渣水淬系统更换为克力斯拖曳机;
- *将艾萨炉冰铜品位提高至 62%;
- *安装第四座皮氏卧式转炉;
- *在转炉上安装一台排风机;
- *更换两台老的转炉跨间吊车以改善设备可靠性;
- *停止运转焙烧炉和反射炉;
- *增大阳极炉的生产能力; 并
- *增大阳极铜浇铸机的生产能力;

对艾萨炉本身未做变更。

预计这些变更将使铜冶炼厂得以生产出 25.5 万吨/年的阳极铜。此外, 西方矿业肥料有限公司决定建立一座硫酸厂, 配合磷灰岩山肥料项目, 利用铜冶炼厂的废气生产硫酸。这一情况使铜冶炼厂得以将铜的生产能力提高到约 27 万吨/年。

以下将简单地探讨其主要变更。

配有堆取料机的新的给料系统

起初的意图是由压滤机直接给艾萨炉送料。然而，压滤机给料的不规则波动却无法消除。于是，决定由一个中间料堆给艾萨炉供料。

一种带棚的堆取料机被选用来混合芒特艾萨的精矿和欧内斯特亨利的精矿。原先的混料系统采用前端装载机混合精矿，不能充分地提供稳定的混合料以满足艾萨炉最大给料量的需要。此外，为应付更高的给料量，也需要增大给料系统的能力。

第二台制氧设备

为提供补充的氧气以满足提高艾萨炉给料量达到新目标的要求，需要有第二台制氧设备。喷枪空气中的含氧量预计为 60%。此外，氧气也将用以提高转炉的生产能力。

第四座转炉和高生产能力的圆盘浇铸机

先已提及，转炉被证明是冶炼厂的瓶颈。安装了第四座转炉。模型试验也表明，老的 45 吨/小时的阳极浇铸机太小而不能匹配。1997 年 8 月安装了一台新的 80 吨/小时维美克浇铸机。

制酸厂

铜冶炼厂至今仍将其二氧化硫排入大气。MIM 希望降低这些排放物的意向是其发展铜艾萨法工艺的动力之一。艾萨炉高浓度二氧化硫的废气使酸厂的生产成为可行之举。

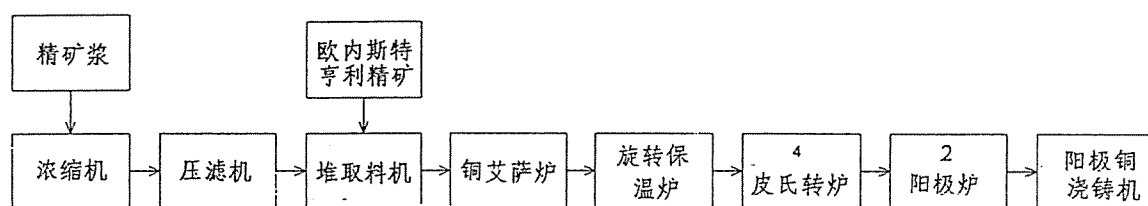
MIM 在芒特艾萨将地表二氧化硫浓度控制在标准以内，即相当于美国 EPA 环境二氧化硫的标准以内。当羽状烟柱似要增大地表二氧化硫浓度时，就让熔炼炉停止运转。其结果是，由于“空气质量控制”而停车，使铜生产时间的损失平

均约占年生产时间的 10%。预计建成制酸厂后这种时间损失将减少一半。

冶炼厂升级后的运行情况

铜冶炼厂运行情况

铜冶炼厂于 1998 年 7-8 月停产以便安装新的设备，更换跨间吊车，安装艾萨炉用的排风机和加长 RHF 旋转保温炉。



图三：铜冶炼厂新的工艺流程

图二所示为自 1998 年 8 月以来艾萨炉平均给料量的阶段变化。在新设备安装后，试车曾出现某些困难。其中最值得注意的是新吊车的电子设备受到意外的腐蚀（由于机键室密封不当及空调过度致使电路板冷凝所致），而主要困难发生在新混料机的取料部件上。该炉目前经常处理的含铜炉料量超过 8 万吨/月，而 2000 年 3 月的最新记录为 8.9781 万吨。

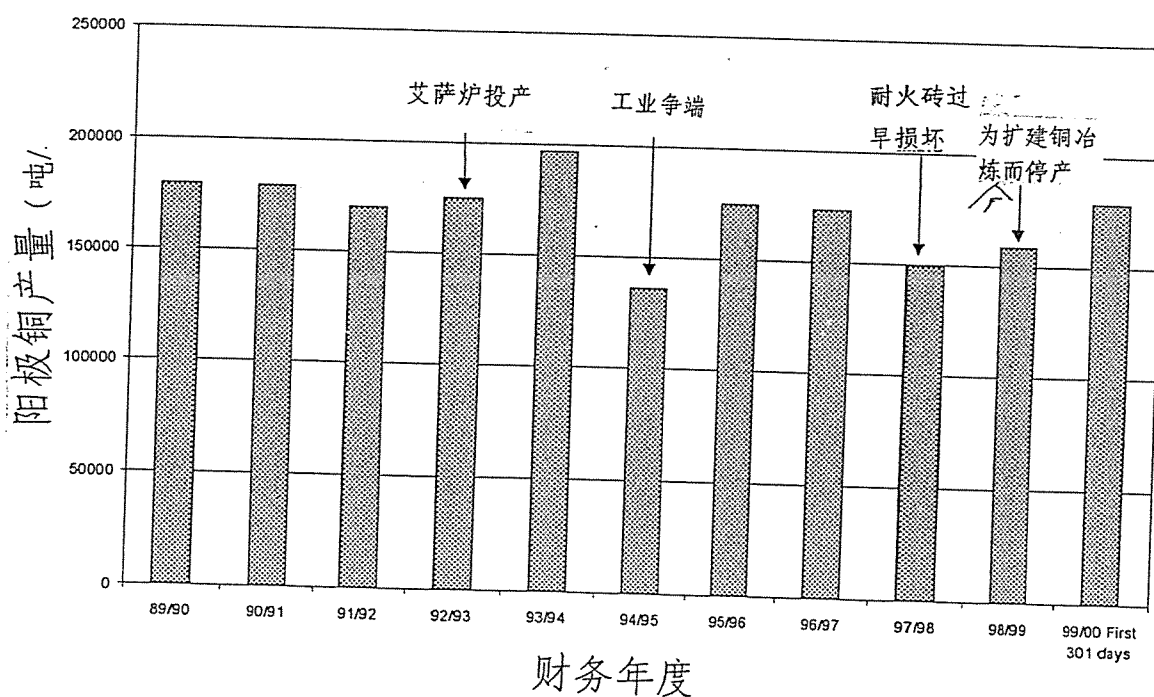
图四为当今铜冶炼厂的生产情况与前些年生产情况的比较（请注意：澳大利

亚的财务年度是7月1日至来年6月30日)。1994-1995年由于某工业争端而减产。1997-1998年的减产则是由于更换阳极浇铸机以及艾萨炉耐火材料炉衬过早损坏所致(详情稍后再述)。1998-1999年是因为铜冶炼厂扩建工程而停产。

至2000年3月底铜冶炼厂在12个月内生产了21.9万吨阳极铜。由于制酸厂仍处于试车过程中,因而在此铜产量数字中没有酸厂的贡献。

艾萨炉的运行情况

艾萨炉是铜冶炼厂的“心脏”。它已超过原设计的平均给料量162吨/小时,但某些辅助设备和铜冶炼厂其它部分的有关困难约束了它的处理量。尽管如此,铜冶炼厂已生产出的铜的成本仍低于扩建项目可行性研究中的假定成本。



图四-----铜冶炼厂 1989-2000 阳极铜生产情况

下列各点将论述某些主要的运行问题。

给料量

艾萨炉的铜精矿处理量可达 178 吨/小时。由于处理大量来自欧内斯特亨利矿山表生带的低黄铁矿的精矿，1999 年 9 月至今最高的月平均处理量为 148 吨/小时。2000 年 4 月份头 24 天的平均给料量是 151 吨/小时，包括欧内斯特亨利矿体原生矿带的精矿。

直到现在对给料量的主要制约是取料机的运行不适当，以及该炉通风不充分。

表一所示为艾萨炉在 2000 年 4 月 24 日晨 6 时为止的 24 小时的工作参数。在此期间制氧设备中的一台发生了问题，使当日艾萨炉的给料量下降。

取料机

堆取料机的取料机包括许多刮板，它们通过链条刨取料堆的表层。这一情况证明设备的不可靠性，磨损率很高。链条拉的很紧，经常折断。此外，该系统不能按更高于 120 吨/小时的给料量稳定地取料。在力图解决这些问题的近 12 个月以来，频繁的故障和给料量的上限限制了艾萨炉的作业率和处理量。该取料机现已不使用，改用前端装载机取精矿。

表一：2000 年 4 月 24 日早 6 小时为止的目的主要工作参数

参 数	平均	最高	最低
含铜给料量 (吨/小时)	151.1	165	120
喷枪空气流量 (Nm ³ /秒)	5.91	6.9	5.1
喷枪氧流量 (Nm ³ /秒)	7.70	8.2	6.2
喷枪空气中氧含量 (%)	62.9	66	60
煤 (吨/小时)	2.17	2.2	1.9
硅石熔剂 (吨/小时)	6.25	6.8	5.0
石灰岩熔剂 (吨/小时)	7.08	7.7	5.6
油 (立升/小时)	76	1400	0
冰铜品位 (%Cu)	57.4	59.3	55.9
工作时间	24		

通风问题

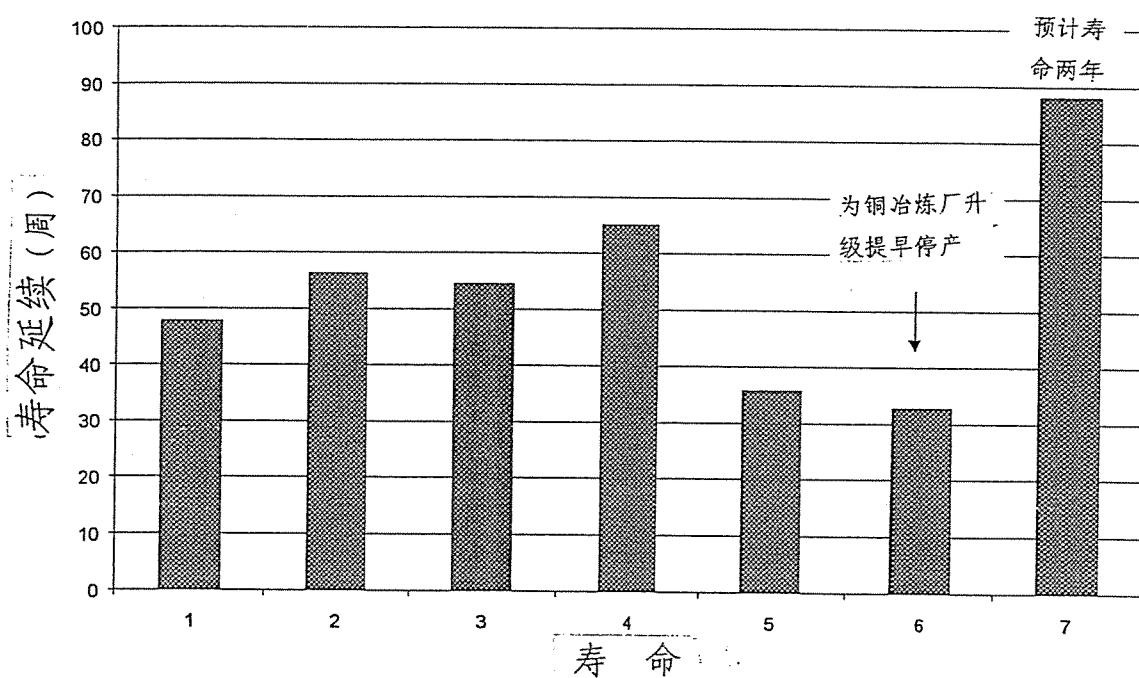
在最高给料量时艾萨炉遇到通风不充分的问题。该炉使用的是阿尔斯特隆 (Ahlstrom) 通流量 (Flux-Flow) 废热锅炉。它安装在炉顶, 用循环流化床冷却废气。通过流化床的压力降较设计的炉顶负压相差 30 至 60 倍。当锅炉的热负载增大 (例如, 给料量增大) 时, 流化床中的粉尘量及压力降就增大。目前正以微调锅炉的运转和加大炉顶附近的二次通风来解决这一问题。

耐火砖寿命

图四为艾萨炉耐火砖在 1997 年 12 月发生过早损坏时的参数情况。其原因查明为多年来的不当操作实践所致。这一实践被纠正后, 耐火砖的腐蚀率就降到了最低点, 以致于在四个星期以后都难以测出其厚度的任何变化。据估计, 一年来耐火砖的腐蚀率约为每周 2.2 毫米, 过去的三个月中其腐蚀率较之更低。

达到这样低的腐蚀率并没有增加投入并使耐火炉衬水冷的复杂化。

艾萨炉原定于 1999 年 11 月更换炉衬。然而，由于稳定的低腐蚀率更换炉衬遂改期于 2000 年 8 月进行，其寿命为两年。表五说明当前耐火砖的寿命与以前六次耐火砖的比较。其中第五次是出乎意外的短。第六次是由于艾萨炉因铜冶炼厂扩建而停产。此时，炉衬在高腐蚀区还剩有可用厚度的一半。



图五：艾萨炉耐火砖的寿命

能效

在芒特艾萨建成艾萨炉以后大大地降低了炼铜的能耗。给料量虽增大，而能耗却降低。表二比较了在使用老的焙烧炉和反射炉期间、在铜冶炼厂扩建前使用艾萨炉期间和在 2000 年 3 月扩建后使用艾萨炉期间熔炼一吨精矿的能耗。

表二：熔炼一吨精矿的能耗

	1991 年 7 月至 1992 年 6 月焙烧- 反射炉	1993 年 7 月至 1994 年 6 月铜艾 萨炉	2000 年 3 月铜 艾萨炉
处理精矿量（吨）	650,254	548,987	89,781
煤耗（吨）	84, 658	14, 991	1, 437
油耗（千立升）	2,407	2,730	227,2
每吨精矿能耗（Gj/t）	4,12	1,02	0,58

(YZL, 2000.10)