

年
评
报
告
会
议
文
集

第一届重有色金属冶炼 年评报告会会议论文集

中国有色金属工业总公司
重有色金属冶炼情报网
北京有色冶金设计研究总院
一九八七年十一月

前 言

为便于广大科技工作者了解国内外重有色金属生产技术发展现状及趋势，中国有色金属工业总公司重有色金属冶炼情报网根据1986年第14次正副网长工作会议的决定，于1987年底召开“第一届重有色金属冶炼年评报告会议”。经过一年多的论文征集工作，至今年5月底共收到论文和文章60多篇。6月成立了论文评审组。通过评审组评议，评选出32篇论文。为便于国内技术交流，编辑、出版了《第一届重有色金属冶炼年评报告会议论文集》。《论文集》内容包括：铜、铅、锌、镍、钴、锡、锑、汞、铋、金等金属年评、冶金专题评论、市场展望及生产实践等，约35万字，收集了国内外最新信息，内容丰富。

北京有色冶金设计研究总院副总工程师陈达同志参加部分论文评审工作。

论文评审组成员有：陈子皋、王阳生、朱鼎元、刘守恩、包晓波、徐传华、朱水波。

西北矿冶研究院孟凡杓同志参加了环保部分论文的评审工作。

参加《论文集》编辑、加工的同志有：刘守恩、朱鼎元、王阳生。

关于文中各种气体的体积计量单位，除了特殊说明之外，一律为标准状态。

由于时间仓促，评审和编辑加工的水平所限，差错在所难免，希读者批评指正。

编 者

1987年 9月

第一届重有色金属冶炼年评报告会议

论文集

目录

前言

一、金属年评

- | | | |
|---------------------|--------------|------------|
| 1. 世界铜冶炼现状和中国铜冶炼的发展 | 北京有色冶金设计研究总院 | 黄其兴 (1) |
| 2. 国外铜工业近期发展述评 | 东北工学院 | 贺家齐 (11) |
| 3. 铅冶炼技术的进展 | 中南工业大学 张训鹏 | 彭容秋 (20) |
| 4. 铅的消费趋势值得注意 | 北京有色冶金设计研究总院 | 曹异生 (25) |
| 5. 炼锌技术发展动向述评 | 株洲冶炼厂 | 罗少连 (28) |
| 6. 镍冶金年评 | 北京矿冶研究总院 | 徐传华 (43) |
| 7. 钴冶金年评 | 北京矿冶研究总院 | 徐传华 (55) |
| 8. 世界锡冶炼技术评述 | 云锡研究所 杨耀红 | 刘建云 (63) |
| 9. 铋工业现状及前景展望 | 北京有色冶金设计研究总院 | 曹异生 (75) |
| 10. 汞冶炼年评 | 贵州省冶金设计研究院 | 杨蔚林 (81) |
| 11. 国内外汞业现状与我国汞业发展 | 贵州汞矿研究所 | 黄家柱 (88) |
| 12. 八十年代世界金属铋评述 | 株洲冶炼厂 | 汪立果 (91) |
| 13. 湿法冶金提金技术的进展 | 中国科学院化工冶金研究所 | 柯家骏 (98) |

二、专题评论

- | | | |
|----------------------|--------------|-------------|
| 14. 湿法冶金的现状及进展 | 长沙矿冶研究院 | 马荣骏 (104) |
| 15. 苏联重有色金属的自热熔炼现状 | 沈阳矿冶研究所 | 张仁义 (118) |
| 16. 日本锌冶炼业的生产经营 | 葫芦岛锌厂 | 李 敦 (130) |
| 17. 国内外再生铜生产技术及发展 | 天津电解铜厂 | 蒋楚宋 (141) |
| 18. 泛论鼓风炉炼铅锌的改革与发展前景 | 长沙有色冶金设计研究院 | 张赋明 (151) |
| 19. 国外鼓风炉富氧炼铅 | 水口山矿务局 | 章惠英 (158) |
| 20. 镍钴再生工艺述评 | 义乌冶炼厂 | 唐盛尧 (165) |
| 21. 国内外锡市场状况与评论 | 云锡公司研究所 | 肖 凤 (170) |
| 22. 火法炼铋评述 | 北京有色冶金设计研究总院 | 何 海 (176) |
| 23. 发挥蒸馏炼汞工艺的优势 | 贵州务川汞矿 | 黄文惠 (185) |
| 24. 重有色冶炼废渣处理及综合利用年评 | 西北矿冶研究院 | 孟凡杓 (190) |

- | | | |
|--------------------|----------|-------------|
| 25. 低浓度二氧化硫烟气脱硫述评 | 大冶有色金属公司 | 周国军 (204) |
| 26. 苏联重金属冶炼厂金银回收概况 | 沈阳冶炼厂 | 路景春 (218) |

三、生产实践

- | | | |
|------------------------------|---------|---------------------|
| 27. 脂肪酸的混入对P204萃取分离镍钴的影响及其防止 | 山东淄博钴厂 | 韩德华 刘振宝 桑天兴 (226) |
| 28. 一段法处理黄杂铜 | 常州冶炼厂 | 李龙山 (229) |
| 29. 铜转炉烟灰的综合回收 | 西北矿冶研究院 | 王福林 孟凡杓 (235) |
| 30. 全川有色金属公司50吨转炉的改造 | 金川公司冶炼厂 | 李宝平 (242) |
| 31. 上冶近十年铜电解精炼技术进展 | 上海冶炼厂 | 卢如琼 (246) |
| 32. 广州铜材厂近十年炼铜技术进展 | 广州铜材厂 | 伍志民 (251) |

世界铜冶炼的现状和中国铜 冶炼的发展

黄其兴

(北京有色冶金设计研究总院)

一、前言

现在全世界铜工业处于萧条时期,十年来全世界铜的产量增长很小,最近五年矿石产铜量徘徊于年产800万吨左右。铜的价格和十年前相比,增长很小;但是消耗材料的价格、单位产量的投资额和能源价格成倍增加,工资也有大幅度上长,使铜的生产成本增加,因此很多矿山和冶炼厂处于亏损状态,有的被迫暂时关闭。受影响最大的是美国,减产44%,日本减产10%。只有智利顶住了这股萧条风。由于它的资源条件得天独厚,矿体大、品位高,因而生产成本低,尽管铜价不好,仍能获利,产量也不断提高。当然这种萧条的局面只是暂时的,因为世界铜的需要量还是不断增加,大约每年增长1%,而现在的库存量已减到最小,预计到2000年全世界每年消耗铜量将比现在增加250~300万吨,这个情况会促使铜的价格适当上涨,某些旧铜厂将会改造扩建,某些地区还会建设新厂,根据发展的趋势,铜工业的重点可能向第三世界转移。

中国是社会主义国家,铜工业不受世界铜业萧条的影响而是稳步发展。解放后,我国铜的消耗量年增长率10%,现在实际年消耗量为50万吨,处于世界第六位。铜的生产量三十多年来增加了十三倍,年递增率9.6%。现在实际产铜量30万吨左右,处于世界第十位,建立了十六座大小不同的冶炼厂,采用各种不同的工艺。尽管如此,还是供不应求,除国产铜以外,每年还要进口大量的铜。根据各种方法预测,今后二十年预计年增长率为4~5%,到本世纪末,年消耗量约为80~90万吨。消费的增长无疑会促进铜的生产。而且中国铜生产的增长速度必然大于世界总的增长速度。为了适应这种增长的需要,老厂必须改造,还会建设新的工厂,本文试图从世界铜冶炼的现状和经验论述我国铜冶炼今后的发展。

二、中国铜冶炼的发展道路

从社会主义建设需要来说,无疑中国的铜工业需要大发展,但是中国的铜矿资源却不是理想,矿体比较分散,中小规模的比较多,品位不高,有些矿体处在建设条件困难的地区,如西藏青海等地,交通不方便,短期难以开发。

但是另一方面,中国铜冶炼在经济上却存在比较大的优势,它表现在基建投资和生产成本都低于北美和欧洲同类企业。我国新建一个年产10万吨的铜冶炼厂(包括电解和制硫酸)投资在1~2亿美元之间,而北美欧洲需要3~3.5亿美元。铜的冶炼精炼加工费,在欧美一磅铜需要16~20美分而中国最多不超过10美分,经济上的优势有以下几个原因:

1. 中国工资低,北美欧洲16~20美分/磅的加工费中工资占5~6美分,而中国最多1美分;
2. 中国以煤为主的能源价格比较低;
3. 综合利用效益高,北美、澳大利亚很多冶炼厂远离硫酸市场,烟气制酸只是解决环保问题,经济上是亏本的,而中国大部分冶炼厂副产的硫酸可以就地销售,有较大的利润,另外金银和其他副产品的回收利润也比较大。

充分利用上述经济上的优势,根据我国资源的特点,发展我国铜工业必须从多方面着手:

- (1) 继续采取大中小相结合的方针,充分利用各地分散的资源、改造和扩建现有大小冶炼厂;
- (2) 在沿海地区进口精矿建设来料加工型的冶炼厂;
- (3) 海外投资建设铜矿,扩大矿源。

三、传统冶炼方法的改造

目前世界各国铜的生产大部分是依靠一些老冶炼厂,但是这些老冶炼厂都在改造中。技术改造的主要特征是大量氧气的利用和硫的回收,以降低能耗,满足日益严格的环境保护法规要求。中国铜冶炼厂的改造也具有相同的特征。

(一) 鼓风炉改造

鼓风炉是古老的技术,现在日本还有两个铜厂(宫古和日比)用百田式鼓风炉(即密闭鼓风炉)生产。这两厂规模都在年产30000吨左右。我国有七个鼓风炉炼铜厂,都是按照百田法的方式生产,日本是用热风熔炼,宫古有 $\frac{1}{4}$ 的精矿压成团矿。我国继邵武冶炼厂试验之后,铜陵二冶改用富氧鼓风,试生产时,氧浓度30.5%,床能率达到 $62.4t/m^2 \cdot d$,焦率降至6.46%,脱硫率57.17%,烟气 SO_2 浓度6.42%,这个指标超过了日本,现将日本两个厂的指标和铜陵改为富氧前后指标对比如下表(日本两个厂的指标来源于1984年日本矿业协会会员交流资料报表)。

	宫 告	日 比	铜陵(O ₂ 21%)	铜陵(O ₂ 30.5%)
日产量(t/d)	90	85	46.77	77.61
日产量(t/d)	300	200	166	206
床能率(t/m ² ·d)	42.9 43.6	47.4	42.78	62.4
脱硫率(%)	38	27.2	43.34	57.17
烟气SO ₂ 浓度(%)	3.8	4.6	3.79	6.42
焦 率(%)	焦6.93 煤3.4	焦8.83 油1.5(1/t精矿)	10.2	6.46
精矿品位cu/s(%)	20—22/27.6	25—28/25—27	22.28/32.5	22.28/32.5
冰铜品位(%)	37.7	43.2	41.6	41.6
渣含Cu(%)	0.46	0.39	0.3—0.4	0.3—0.4

从上表可以看出,铜陵二冶在改为富氧熔炼以前和日本两个厂指标不相上下,改为富氧以后,超过了日本,但据报导最近铜陵指标由于块料不足,有所下降,只要改用高压压团技

术, 百田式的鼓风机富氧熔炼是有前途的。

波兰有一个规模大的鼓风机熔炼工厂, 有一台10米²鼓风机, 一台20米²鼓风机, 精矿主要是辉铜矿, 含硫和含铁低cu17~32%, S8~10%, Fe2.5~5%。采用压团后用鼓风机熔炼, 床能率65~80t/m²·d, 焦率10~12%, 冰铜品位60~65%, 渣含Cu0.35~0.5%, 曾进行鼓风机富氧熔炼试验, 当氧浓度提高到23~27%时, 床能率提高到100~140t/m²·d, 波兰人对这个工厂是满意的, 在中波技术合作谈判中, 一再向中国推荐。

笔者1984年在美国考察时, 美国阿迈克斯公司研究中心向我们介绍了该公司的研究成果—铜精矿沸腾炉全氧化焙烧、热压团、矮鼓风机炼粗铜。该公司在新泽西锌厂利用锌焙烧炉进行焙烧试验和压团试验, 在一台φ1.2米的鼓风机内进行熔炼试验。该流程硫回收率95%, 焦率14%, 渣含Cu1.5~2%, 用电炉贫化。热压团温度为500℃, 压力6895KPa, 这个流程没有新技术, 只是一些老技术的新组合。

这一切告诉我们, 鼓风机虽然是很老的技术, 但仍具有一定生命力, 特别对中小型冶炼厂具有吸引力。希望我国的一些鼓风机冶炼厂在利用富氧、热风、改进压团的备料技术, 在提高床能率、降低焦率, 提高烟气SO₂浓度和S实收率方面走出自己的新路子。

(二) 反射炉熔炼改造

反射炉熔炼在本世纪初开始应用于炼铜。五十年代前它是占绝对优势的炼铜法, 现在全世界50%的铜仍是用这个方法生产的, 但逐渐被新方法所取代, 最后一台新建反射炉八十年代初期在伊朗投产, 估计今后不会再建新反射炉。

众所周知, 反射炉最大的问题是燃料消耗量大, 热效率只有25%, 脱硫率低至15~20%, 低浓度SO₂烟气对环境的污染, 因此反射炉改造势在必行。但反射炉也有它的优点, 生产设备简单, 渣含铜低, 虽然燃料消耗大, 但可以用煤作燃料, 大量烟气余热可用余热锅炉回收发电。如改用其他新方法生产, 需要大量投资, 可能会减少余热发电量, 经济上不一定有很大的效益, 因此很多工厂下不了改造的决心, 致使苏联、美国、智利、赞比亚等几个大产铜国大部分仍用反射炉熔炼。六十年代初有的工厂在端部燃烧器中或燃烧器的下面通一部分氧气。赞比亚有一台烧煤的生精矿反射炉改为富氧后增产30%, 可以用1400米³氧气代替一吨煤。七十年代有的工厂改为炉顶氧气/天然气(重油)喷咀燃烧加热, 现在智利的丘基卡玛塔、苏联的阿尔玛累、克加拿大的铜崖冶炼厂还是采用这种方式。苏联阿尔玛累克改成氧气/燃料喷咀前后生产指标如下:

	改造前	改造后
床能力 (t/m ² ·d)	4.6	7.5~8
标准燃料消耗 (kg/t精矿)	210	158.5
耗氧量 (m ³ /t精矿)		70.2
烟气含SO ₂ (%)		8.2
冰铜品位 (%)	19	20~25

氧气/燃料喷咀熔炼给反射炉带来的好处有:

(1) 提高生产能力

氧气/燃料喷咀燃烧的温度高, 火焰能直接冲到料面上, 传热过程除了火焰辐射传热以外, 还能促进对流传热, 另外当火焰温度高时, 燃烧产物离解百分率高, 当火焰喷到较冷的

料面上,重新结合释放大量的热能,使炉料较快熔化。按国际镍公司的比较,生产能力可提高45%。

笔者1986年曾参观加拿大诺兰达冶炼厂的反射炉氧气/燃料喷咀熔炼,该厂反射炉供热一半改用顶吹氧气/燃料喷咀,一半仍用端部空气/燃料喷咀供热,二种方式并存,精矿处理量从每天679吨提高到1054吨。

(2) 烟气SO₂浓度可以达到制酸要求

如果反射炉全部改用顶部氧气/燃料喷咀燃烧,出炉烟气SO₂浓度可达7~8%,即使烟道系统偏风100%,仍可满足制酸要求。但是前面已经提到,南美北美许多冶炼厂由于远离硫酸市场,即使烟气达到制酸要求,也没有制酸。

(3) 降低燃料消耗

氧气/燃料喷咀熔炼由于燃料能充分利用热效率提高40%,燃料消耗量节约55%。但是反射炉氧气/燃料喷咀熔炼毕竟不是一种彻底的改造方案,主要缺点是脱硫率不高,不能充分利用精矿中硫的发热值,炉子开孔太多,无法避免漏风,由于它充分利用了原有设备,投资最省,作为一种增产、节能的措施仍是可取的。

国外的氧气/燃料喷咀,所用燃料都是重油或天然气,大冶公司最近进行了氧气/粉煤喷咀的小型试验,效果良好,证明这种燃烧方式可以用低价的粉煤作燃料。

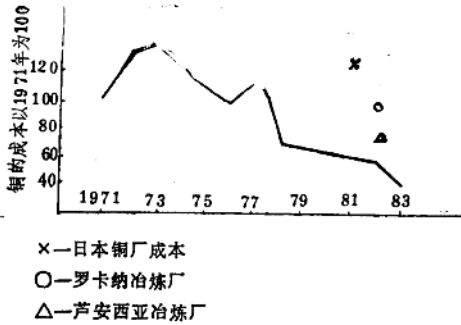
反射炉使用氧气的进一步发展,是在反射炉顶上装氧气闪速熔炼喷咀进行氧气闪速熔炼,即所谓氧气喷撒熔炼。1984年在美国莫伦西厂进行了工业试验,我们在1984年底去该厂考察过,就我们考察所见,喷咀是成功的,干燥精矿用工业纯氧从炉顶喷往反射炉内,在²米空间内熔化氧化成60%的冰铜。炉顶温度不高而且不破坏原有料坡,但试验工作不彻底,仍然存在若干问题。该厂原计划在反射炉后端还有一个贫化区,实际上贫化试验没有做,尽管反射炉有一段很长的沉淀区,渣含Cu 0.8%,作为弃渣仍然是偏高。和其他闪速熔炼一样,烟尘率比较高,烟尘在反射炉后面斜坡烟道中沉集结渣,这给操作上带来些困难。加上反射炉原来存在的漏风冒烟问题,试验没有最后完成。最近由于经济萧条,工厂停产,今后前途还难以预料。

笔者认为,在反射炉氧气/燃料喷咀熔炼的同时,增加一两个氧气/精矿喷咀,以适当提高脱硫率和冰铜品位,但仍保持渣含铜在可以废弃的水平上,并不提高烟尘率是可以做工作的。

大冶冶炼厂反射炉生产了二十多年,积累了丰富的经验,最近又建了余热锅炉发电设施和新的电收尘器,有必要继续发挥其作用,但就这一个炉子显然满足不了今后增产的需要,新建一台炉子是必要的,新炉子当然不应该再建反射炉,而必须扩建一个新的工艺系统。原有反射炉可以在不增加大量投资的前提下,进行适当的改造,继续在一段时间内发挥其作用。

(三) 电炉熔炼

电炉熔炼是本世纪二十年代初开始应用于铜冶炼的方法,从那以后,炉子功率逐渐扩大,经历了3000KVA、12000KVA,七十年代中在赞比亚的木富利腊建了一个36000 KVA 的电炉,七十年代在美国茵斯皮雷欣建了一台51000KVA电炉,苏联有30000KVA电炉炼铜,我国云南冶炼厂有16500KVA和30000KVA电炉。电炉熔炼最突出的优点是灵活性大、对原料的适应性强、烟量也比较小,脱硫率不高、和反射炉一样,对含硫高的精矿,通常都是经过精矿沸腾焙烧,对含硫低的精矿只经过干燥或制粒干燥即可。电炉虽然电耗比较大,但综合



能耗还处在先进的行列，茵斯皮雷欣每吨粗铜的综合能耗为 4830Mcal，可以和其他强化冶炼法媲美。在电价比较低的地区，电炉成本也不比其他方法高，例如赞比亚木富利腊厂每吨料耗电390Kwh，据该厂比较，它的成本比赞比亚其他两个反射炉熔炼的工厂低，而且也低于日本铜厂的成本。该厂发表的成本比较图如左所示：

云南冶炼厂投产初期渣含 $MgO + CaO$ 40%，每吨料电耗高达928Kwh，现在精矿变化，渣含 $MgO + CaO$ 降低到18%，每吨料电耗430Kwh，综合能耗和国内几个铜厂相比，还是比较低的。因此云冶的电炉工艺是不会改变的。关于备料问题，随着精矿含硫的提高，要求焙烧脱硫，为了不使焙烧烟气对环境造成污染，仍然以沸腾焙烧较好，根据各国的经验，沸腾炉焙砂进电炉，电炉的单位面积功率不宜太高，以 $100 \sim 120KVA/m^2$ 为适，关于电炉的结构，特别是电极的密封，世界上有名的电炉公司ELKEM公司推荐将铁合金和黄磷电炉的经验移植到硫化矿电炉冶炼上来，北京有色冶金设计研究总院已经在这方面做了一些工作。可以参考，云冶发展的电极套筒式密封装置也是一种较好的方式。电炉经过密封以后，烟气 SO_2 浓度可以达到3%，可以参考苏联电炉低浓度 SO_2 烟气制酸的经验。

总之，世界各国传统工艺还在继续发挥作用，并在不断改进中，根据我国的具体情况，参考国外的经验，在积极发展新炼铜方法的同时对传统工艺进行改造也是不可忽视的。

四、闪速熔炼的发展

经过生产考验的闪速熔炼有奥托昆普型闪速熔炼和国际镍公司型闪速熔炼。正在发展过程中的基夫赛特法、康托普法、鲁奇公司正在研究的火焰旋涡法也是属于闪速熔炼。反射炉

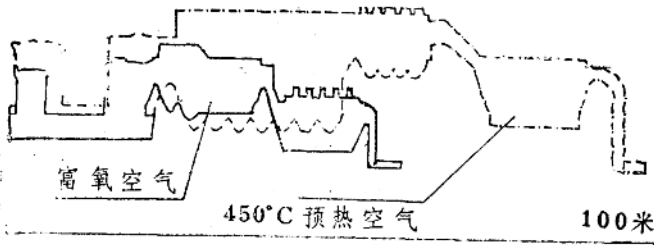
	足 尾	玉 野	东 子
年产铜量(t)	39000	149000	194000
精矿品位(%)Cu/s	21.7/22.9	28/29	31/30
每月处理量(t)	15019	39489	45288
其中精矿量(t)	11652	33586	33989
每月产粗铜(t)	3261	12430	17490
煤焦消耗(kg/t矿)	16.8	26.3	15.3
重油消耗(l/t矿)	31	28.1	28.7
电力消耗(kwh/t矿)	205.2	105.3	193.5
冰铜品位(%)	53.1	59	53.3
贫化渣含铜(%)	0.54	0.56	0.6
转炉渣选矿尾矿含铜(%)	0.4	0.37	0.43
铜实收率(%)	98.2	98.9	98.6
闪速炉鼓风(O_2 %)	39.9	28.7	35
闪速炉鼓风温度($^{\circ}C$)	500	400	406

喷撒熔炼也是一种闪速熔炼。闪速炉除用于造钨熔炼以外，奥托昆普公司还为波兰设计了直接生产粗铜的闪速炉（专门处理含硫含铁低的精矿），该公司还和肯尼柯特公司合作研究了闪速炉处理冰铜生产粗铜。

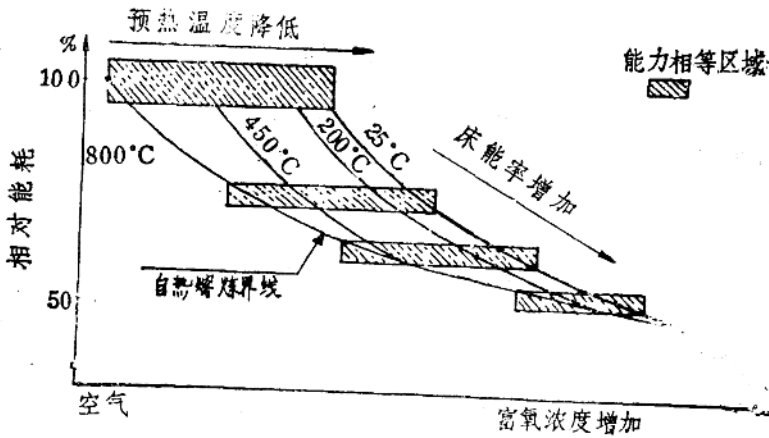
现在世界上有30家用奥托昆普闪速炉生产的铜厂，其中日本五家。大部分是七十年代建设的。日本人发展了精矿载流干燥，实现了部分以煤代油，和富氧鼓风，降低了重油消耗，玉野冶炼厂发展了闪速炉，日本三家有代表性的闪速炉工厂1984年生产指标如表：（在P.5）

从以上三个工厂的指标了以看出，日本铜厂每吨粗铜消耗的燃料另都在100~150公斤之间，玉野以煤代达到50%。

奥托昆普公司的发展方向是高浓度富氧，提高冰铜品位至65~70%实现自热熔炼，并降低热风温度。这样烟量减少，可以减小炉子、锅炉和收尘制酸设备，从而减少基建投资。富氧鼓风对设备大小比较如下图（日处理1000^t精矿）。



富氧鼓风对能耗的影响如下图所示。



从上图可以看出，达到自热点，提高富氧浓度，热风的作用就越越来越小，最后达到一定的富氧浓度，可以完全不用热风，而综合能耗最低。奥托昆普公司为南朝鲜设计的翁山冶炼厂是这种设计路线的代表，该厂1979年投产，处理进口精矿，精矿品位为Cu29%，S32%。设计规模年产8万吨铜，计划扩建到10万吨/年。该厂采用高浓度富氧鼓风，富氧浓度为40—50%，空气预热至200℃。反应塔直径4米，高6米，沉淀池20×4.88（米），氧气站6000m³/h

废热锅炉28t/h, 反应塔不烧油, 沉淀池烧油为精矿量的1%, 烟量35000m³/h, 烟气中SO₂浓度22.4%, 全厂硫实收率98.5%, 烟囱排放的SO₂最高浓度500ppm。据说这是盈利的工厂。

我国贵溪冶炼厂投产以来, 操作顺利, 迅速达到设计指标, 环保也很好, 当前最主要的改进方向是采用富氧鼓风, 达到自热熔炼, 这样可以在原有的设备基础上, 大幅度提高生产能力, 从而降低生产成本中的固定费用。降低闪速炉的直线重油消耗, 还可以将热风温度降低至200℃, 停开再热炉, 以降低间断重油消耗, 从而降低生产成本中的可变费用, 使生产成本降低。

国际镍公司的闪速熔炼用96%的工业纯氧进行自热闪速熔炼, 干燥精矿在氧气气流中在0.1秒种内完成反应, 一般一吨精矿耗氧133~160m³, 冰铜品位决定于精矿成分, 加料量和返渣量、给氧量。如果生产高品位冰铜, 将有过剩热产生, 为此必须限制冰铜品位或用冷料等方法调整热平衡。在这一点上它不及奥托昆普闪速炉灵活, 当冰铜品位55%时, 渣含Cu 0.8%, 比奥托昆普法渣含铜低, 一般不经贫化处理, 是其优点, 但渣含Cu 0.8%废弃又嫌过高。此法烟量少, 是其他熔炼法的20%, 含SO₂80%, 可以制液体SO₂或制酸, 是这个方法的优点, 烟气中含热量只占全部热支出的18%, 故不设废热锅炉。设备比奥托昆普法简单, 这种方法综合能耗量是最低的, 但氧耗比较高, 除电价特别低的地区以外, 能源费用是比较高的。根据条件不同, 近来有的旧铜厂选择这一方法作为改造的方案。

除加拿大铜崖冶炼厂和苏联阿尔玛累克工厂外, 美国的海登冶炼厂和肯尼柯特/三菱的奇诺冶炼厂用这一技术改造其旧的反射炉。说明它有它的特点。

五、熔池熔炼的发展

熔池熔炼包括诺兰达法、三菱法、苏联的熔池熔炼, 还有智利的埃尔·特尼恩特的改良转炼熔炼以及氧气顶吹旋转炉也属于这一类。

诺兰达是一个圆筒形反应炉, 精矿不干燥、不制粒, 加入熔剂、返料、煤和杂铜用抛料机从炉子一端加入炉内, 从侧面往熔池转入富氧空气, 熔池保持强烈的紊流状态, 传质传热效率很高, 每米²熔池面积熔炼30吨精矿, 可以生产粗铜, 也可生产含Cu 75%的高品位冰铜。炉子用液压倾动, 用捅风眼机捅风眼, 一个放冰铜口, 一个放渣口, 产高铁炉渣, 渣中Fe/SiO₂比为1.85, 渣含Cu 3—7%, 用浮选回收铜, 尾铜含Cu 0.35%。

加拿大诺兰达公司霍恩冶炼厂1973年建成了一座φ5.4×21.3米工业生产炉, 投产前两年日处理730吨精矿, 生产粗铜, 以后改为富氧熔炼, 提高了生产能力, 改为生产70~75%的高品位冰铜。最近的生产指标如下(笔者1986年考察了这个工厂):

每天处理精矿量t	2000
床能率(t/m ² ·d)	30
富氧浓度(%)	35
鼓风量(m ³ /h)	60000
煤气消耗量(m ³ /t精矿)	10
煤消耗(kg/t精矿)	40
综合能耗(kcal/t铜)	3.4×10 ⁶
冰铜品位(%)	65
渣中Fe/SiO ₂	1.7

渣含Cu (%)	4
尾矿含Cu (%)	0.35
炉衬寿命 (d)	400
每吨精矿耗氧 (m ³)	124
每吨精矿消耗 (耐火材料kg)	0.55

美国肯尼柯特公司犹他冶炼厂用诺兰达法改造原有反射炉熔炼以解决环保问题。1978年投产。建了三台诺兰达炉，二台生产。每台鼓风量60000m³/h富氧浓度34%，生产冰铜品位73%。

每台反应炉加料量 (t/h) 110

炉料组成：71%精矿，3%海绵铜，9%渣精矿
11%返料，4%熔剂，2%煤

冰铜品位 (%)	73
渣Fe/(SiO ₂)	1.85
鼓风量 (m ³ /h)	60000
燃料率 (kcal/t料)	20000
富氧浓度 (%)	34
渣选矿实收率 (%)	95.5
尾矿含Cu (%)	0.34

诺兰达炉烟气漏风70%，漏风前烟气含SO₂17%，烟气送酸厂制酸。

智利的埃尔·特尼恩特炉和诺兰达炉的设计相似既是熔炼炉，又是吹炼炉，利用吹炼产生的热熔炼精矿，它称为改良转炉，它按1:1的比例加入反射炉冰铜 (Cu48%) 和精矿，连续生产，产出含Cu73—75%的高品位冰铜。为富氧自热熔炼。炉渣含Cu4.5%，送反射炉和精矿一起处理。改良转炉的尺寸为φ4×17.7m，送风量33000m³/h，富氧浓度32.2%，送风时率89.4%，加料水份7.3%。一台炉子每天处理773^t精矿，冰铜834^t，熔剂136^t，产白冰铜906^t，炉渣成分和诺兰达炉相似。炉寿命270天，反射炉弃渣含Cu0.8%，全厂回收率98%，现在智利已有五台这种炉子在生产。

苏联的熔池熔炼炉是一个立式炉，为长方形像烟化炉，炉缸是耐火材料砌筑的，炉身为铜水套构成，两侧鼓风。两端各接一个小沉淀池，沉淀池与炉身之间用底部虹吸口相接，一端放冰铜，一端放渣，炉顶加料，整个炉子所用材料为铜50^t，铜100^t，耐火材料250^t（注：一个相同规模的闪速炉所用材料为铜300^t，钢600^t，耐火材料1500^t，一个相同规模的诺兰达炉钢300^t，耐火材料310^t）。

这个炉子每天处理1500吨料，床能力75~80t/m²·d，氧浓度为45~97.5%，氧的消耗140~300m³/t料，产出冰铜品位40~75%，渣含Cu0.5~0.8%，不经贫化处理，烟气含SO₂20~80%。

苏联熔池熔炼的特点是生产能力大，床能力比诺兰达炉大一倍半。炉身是铜水套的，可能炉寿命较长，但热的损失也比较大，因此需要高浓度富氧鼓风，才能自热，氧的消耗也大，炉渣含铜是比较低的，但不经贫化又嫌太高。

我国的白银炉也是一种熔池熔炼，它介于诺兰达和苏联熔池熔炼的中间，卧式固定炉型，渣线内衬耐火材料外包铜水套。同样具有熔池熔炼的各项优点，但富氧熔炼的试验刚刚开

始，熔炼的强度还不够，可以参考诺兰达和苏联熔池熔炼的经验，继续完善和改进，特别是提高鼓风强度，提高脱硫率以进一步降低燃料消耗，提高烟气SO₂浓度。并进一步提高炉子和附属设备的装备水平，改善劳动条件。

总之，富氧熔池熔炼与悬浮闪速熔炼这一类相比具有很多优点，备料简单，对料的粒度和水份都没有要求，炉子比较简单，操作容易，料中可以加煤作燃料，综合能耗与闪速炉相似，烟尘率比较低，由于熔池搅动强烈，Fe₃O₄沉积的可能性较小。它从七十年代开始发展，发展的潜力还很大，不论旧厂改造和新厂建设值得我们重视。

日本三菱公司发展的三菱连续炼铜法既是熔池熔炼的一种，又是目前唯一的连续炼铜工艺，从1974年第一座工业生产炉在直岛冶炼厂投产以来，十年取得了很大的进步，它由三座炉组成，干燥精矿、熔剂、粉煤通过顶吹富氧喷咀喷入熔炼炉熔池内，炉渣冰铜通过热流槽连续流入贫化电炉进行冰铜炉渣分离和炉渣贫化。冰铜从贫化炉连续流入吹炼炉进行吹炼。直岛冶炼厂熔炼炉φ8.25米，贫化炉1800KVA，吹炉直径6.65米，原设计每小时处理25吨精矿，月产铜4000吨，1982年进行了提高富氧浓度的试验，达到了每小时40吨精矿的能力。月产铜可达7000吨。

现列出直岛冶炼厂1983年全年指标（括号内为强化试验的指标）

年产铜 (t)	59000	熔炼鼓风量 (m ³ /m)	285 (不变)
月处理铜精矿 (t)	19757 (27822)	风压 (KPa)	117.67
熔炼炉日处理量 (t)	800 (1000)	用氧量 (m ³ /h)	3720 (6400, 80%)
		氧浓度 (%)	31.8 (37.0)
精矿含Cu/s (%)	26.5/29.6	每吨精矿耗煤 (kg)	15.6(不变)
床能力 (t/m ² ·d)	15.2	每吨精矿耗重油 (l)	17.9
冰铜品位 (%)	65.9	贫化炉弃渣含铜 (%)	0.62

加拿大Kidd Creek工厂是第二个采用三菱连续炼铜的工厂，熔炼炉φ10.3^m，贫化电炉3000KVA，吹炼炉φ8.16^m，比直岛的规格稍大。由于吹炼炉是连续操作，粗铜流入200^t保温炉再间断加入阳极炉精炼。用连续浇铸机铸阳极。残极再用ASARCO竖炉熔化。设计每小时处理精矿35^t，熔炼炉富氧浓度33%，综合燃料率270000Kcal/t精矿，头三个炉期（1981~1983年）设备故障多，没有达到设计能力，燃料消耗大，

	第一炉期	第二炉期	第三炉期	设计
作业率 (%)	40.4	64.8	74.8	90
平均每小时处理精矿量(t)	25.5	30.3	35.2	35.1
综合燃料率(×10 ⁵ KCal/t精矿)	3.85	3.99	3.85	2.71

1985年年产量提高到9000t水平，1985年11月最高达到下列指标。

月产铜	8136t铜	加料量	50t/h
作业率	86.6%	综合燃料率	42MCal/t精矿
溜槽保温	50MCal/t精矿	熔炼炉鼓风	490m ³ /m ² ·d
富氧浓度	39%O ₂		

从以上两个工厂的实际情况看,三菱法提高很快,但所有操作过程是全新的而且是连续的,开始生产时掌握比较难。

六、重视堆浸技术从废石中回收铜

美国若干铜矿如非利浦道奇公司的莫伦西铜矿为了扭转目前亏损的局面,都计划扩大废石堆浸和萃取电积工厂,因为从废石中回收铜不需要采矿、选矿费用,产出成本低的电解铜。

最近北京有色设计研究总院、微生物研究所,和德兴铜矿合作进行了1000吨规模的堆浸萃取电积试验。取得了满意的结果,废石含Cu⁰ 1.22%,经半年多的堆浸,获得浸出液含Cu¹ ~1.5g/l, Fe³⁺ 12—18g/l,浸出率16%,浸出液经二级萃取、一级反萃(萃取剂LIX622或国产N510)并电积获得电解铜,萃余液pH2.1送选厂尾矿坝中和处理。证明这个方法在技术上是可行的,经济上也是合算的,具备了转入示范性生产的阶段,希望国内对此予以重视。

七、结论

由于四个现代化建设的需要,中国铜工业必然是一个发展的趋势,在对内搞活对外开放的改革方针下,根据我国铜矿资源条件,自力更生和国际合作是两条可行的道路,预计中国炼铜的传统工艺(鼓风机、反射炉和电炉)必然改造得更加完善,走出中国自己的道路。

闪速熔炼已经在中国建立,经过改进,必然会在经济上显示其优越性。一个新的现代化富氧熔池熔炼的工厂必然会在中国建立。

主要参考文献

- (1) P.J.Mackey and P.Tarasoff; New and emerging Technologies in sulfide smelting, AIME, 1983.
- (2) R.E.Johnson and T.D.Holmstrom, Oxygen Sprinkle smelting at the Morenci Smelter, AIME, 1983.
- (3) J.G.Eacott, The role of oxygen Potential and use of tonnage oxygen in Copper Smelting, AIME, 1983.
- (4) J.B.W.Bailey, G.D.Hallett and L.A.Mills The Noranda Horne Smelter 1965~1983 AIME, 1983.
- (5) R.M.Sweetin, C.J.Newman and A.G.Storey, The Kidd Smelter Start-up and early operation, AIME, 1983.
- (6) I.S.Blair, K.G.Jones, and I Slaughter; Recent developments in electric furnace Smelting technology at Mufulira, Zambia.
- (7) L.R.Vevney; The economics of sulfide Smelting Processes, AIME, 1983.
- (8) Huang Qi Xin; The development of Copper industry in China, International Conference "Copper 87",
- (9) Huang Qi Xing; The development of Copper Smelting Technology in China.
- (10) Huang Qi Xing, Gao YueZe, Mao Yuebo Yan Shiling; Oxygen usage of Chinese Copper Smelting, CIM 26th Conference

(下转第27页)

国外铜工业近期发展述评

贺 家 齐

(东北工学院)

一、严峻的铜市场

和七十年代相比,近几年铜的市场十分萧条。

铜的产量和消费

(1) 矿山生产,表1列出了西方国家及苏联铜的矿山产量。统计表明,从1981到1983年,西方国家矿山产量连年下降。从1984年开始有所回升(比1983年增长1.7%),1985年比1984年增长0.8%,1986年产量为646万吨,与1985年相近,这是1981年以来的最好水平。在产铜国家中,美国、苏联和智利是铜矿山产量最大的国家。1985年这三个国家的产量达到

西方国家及苏联铜矿山产量(千吨)

表1

	1980	1981	1982	1983	1984	1985
欧洲国家	285	295	305	328	342	326
南 非	212	211	207	212	212	202
扎 伊 尔	460	505	503	505	501	491
赞 比 亚	596	587	530	578	565	480
其他非洲国家	90	95	114	121	117	116
菲 律 宾	305	302	292	271	233	238
其他亚洲国家	186	210	262	302	320	349
加 拿 大	716	691	613	625	750	770
美 国	1168	1538	1140	1030	1091	1088
智 利	1068	1081	1242	1257	1290	1341
墨 西 哥	175	230	239	206	189	195
秘 鲁	367	328	352	322	364	387
其他美洲国家	7	18	22	36	28	44
澳 大 利 亚	244	231	245	255	240	260
巴布亚新几内亚	147	165	170	183	164	175
西方国家总计	6020	6487	6236	6231	6410	6462
苏 联	1130	1140	1150	1180	1198	1202

世界铜矿山产量的47%。赞比亚、扎伊尔、智利和巴布亚新几内亚是主要的铜矿石出口国。西方国家近几年铜矿石生产景象不佳,据报道,1985和1986年西方国家矿山开工率分别为

82.6%和82%，而美国矿山局的开工率仅60%左右。专家们预测，1987年矿石产量可增长2.5%。加拿大能源、矿山和资源部（EMR）预测，1995年前，世界矿山生产能力的年增长率平均仅为2.2%左右。今后十年，矿山生产的增长主要在拉丁美洲的智利、秘鲁和墨西哥，澳大利亚和亚洲。美国、加拿大等国家主要是利用原有矿山的能力。苏联的矿山生产一直处于稳步增长之中，近几年的矿山产量一直超过美国，居世界第二位。

〈2〉精铜产量和消费。图1示出了西方国家的精铜产量和消费量变化情况。统计表明，1982到1984年，西方国家精铜产量逐年下降，1985年稍有回升（回升0.75%）。1986年有较大增长（增长3%）。美国的精铜产量近几年逐年下降。1984年下降5.1%，1985年又下降3%，西方世界第二大精铜生产国日本，1984年下降14.4%，1985年与1984年大致相同。在西方国家中欧洲、墨西哥和西德等国近两年精铜产量均有较大增长，特别是墨西哥，1984

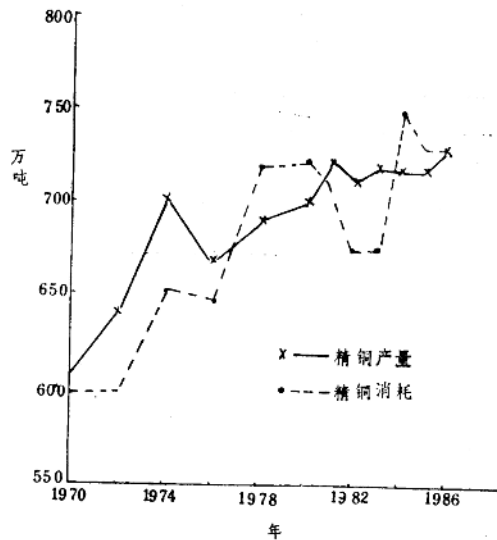


图1、西方国家精铜产量与消费量变化

年产量增加10.5%，1985年猛增38%。亚洲的菲律宾、南朝鲜等国产量也增加较快。表2列出了世界银行对精铜生产的情况分析。从表列数可以看出，当前世界精铜的生产正在从发达

精 铜 生 产 表2

	1969—1971	1979—1981	1985	1990	1995
产铜量占世界总产量%		工 业 发 达 国 家			
	49.0	42.2	37.8	32.9	33.6
		计 划 经 济 国 家			
	17.2	20.3	21.5	28.7	22.6
		发 展 中 国 家			
	33.8	37.5	40.7	38.4	43.8

国家转向发展中国家。许多专家预测，今后一个时期，精铜产量增加速度不会太高，仅能以

1~2%的速度增长。

苏联是铜矿藏丰富的大国，他的产铜量多年均稳步上升，到1984年，其精铜产量已超过美国，跃居世界之首（达150万吨）。

〈3〉精铜消费。从图1看出，进入八十年代以来，西方国家精铜的消费量下降，仅1984年有较大回升（比1983年增加10.4%），1985年又有所下降（下降4%），1986年较1985年稍有下降，下降最严重的是日本（下降10.5%），1985年美国下降4%，欧洲亦下降1.4%。目前精铜消费量最大是西欧、北美、日本和苏联（含东欧）四大区域。当前精铜消费的另一个特点是，发展中国家对铜的消费增加较发达国家为快。加拿大能源、矿山及资源部预计，发展中国家总的铜消费将从1980年的15%增加到2000年的25%。美国矿山局预测，到2000年时，世界精铜需要量大约为1769万吨。近几年发达国家对铜需要量的减少，主要是由于经济发展缓慢，美国及其它国家实行高利率、含铜废料更容易获得、光导纤维等新材料的出现。

日本—美国—西欧铜消费领域

单位(吨)

表3

	1970	1980	1984(预)	1990(预)
电 气	3129.2 (48.0)	3599.2 (49.3)	3485.3 (47.8)	3598.1 (48.2)
建 筑	1024.3 (15.7)	1081.7 (13.7)	1153.6 (15.8)	1212 (16.2)
运 输	673.4 (10.3)	728 (9.9)	652.2 (8.9)	490.4 (6.6)
通用工程	1211.9 (18.6)	1410 (19.3)	1425.6 (19.5)	1538.8 (20.6)
家用及其它机具	481.1 (7.4)	568.9 (7.8)	576.8 (8.0)	621.2 (8.4)
总 计	6519.9 (100.0)	7307.8 (100.0)	7293.4 (100.0)	7460.5 (100.0)

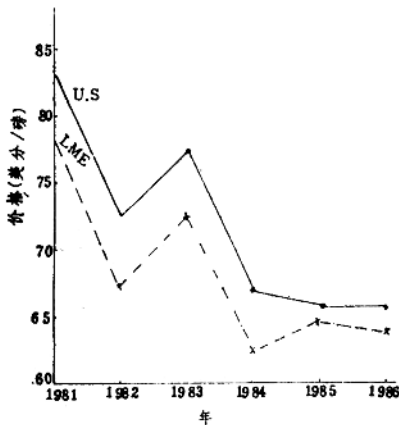


图2 铜价格变化

以铝代铜的趋势增加，再加上印刷电路微型化等因素所致。1985年，由于使用光导纤维，使铜的需要量减少约7.5万吨。为了保住铜的市场，必须寻找铜应用的新领域。各工业发达国家铜应用的领域大体相同。表3为美国、日本及西欧铜消费的领域。

〈4〉铜的价格。近几年由于铜的需要减少，铜的价格一直疲软。图2为伦敦金属交易所(LME)和美国国内厂家(U.S.)的价格变化。由图2可知，从1981年以来铜的价格基本上是持续下降，美国厂家1986年的价格稍有回升，伦敦交易所虽较1984年为好，但也不理想。价格长期相对疲软，迫使铜工业努力降低成本。