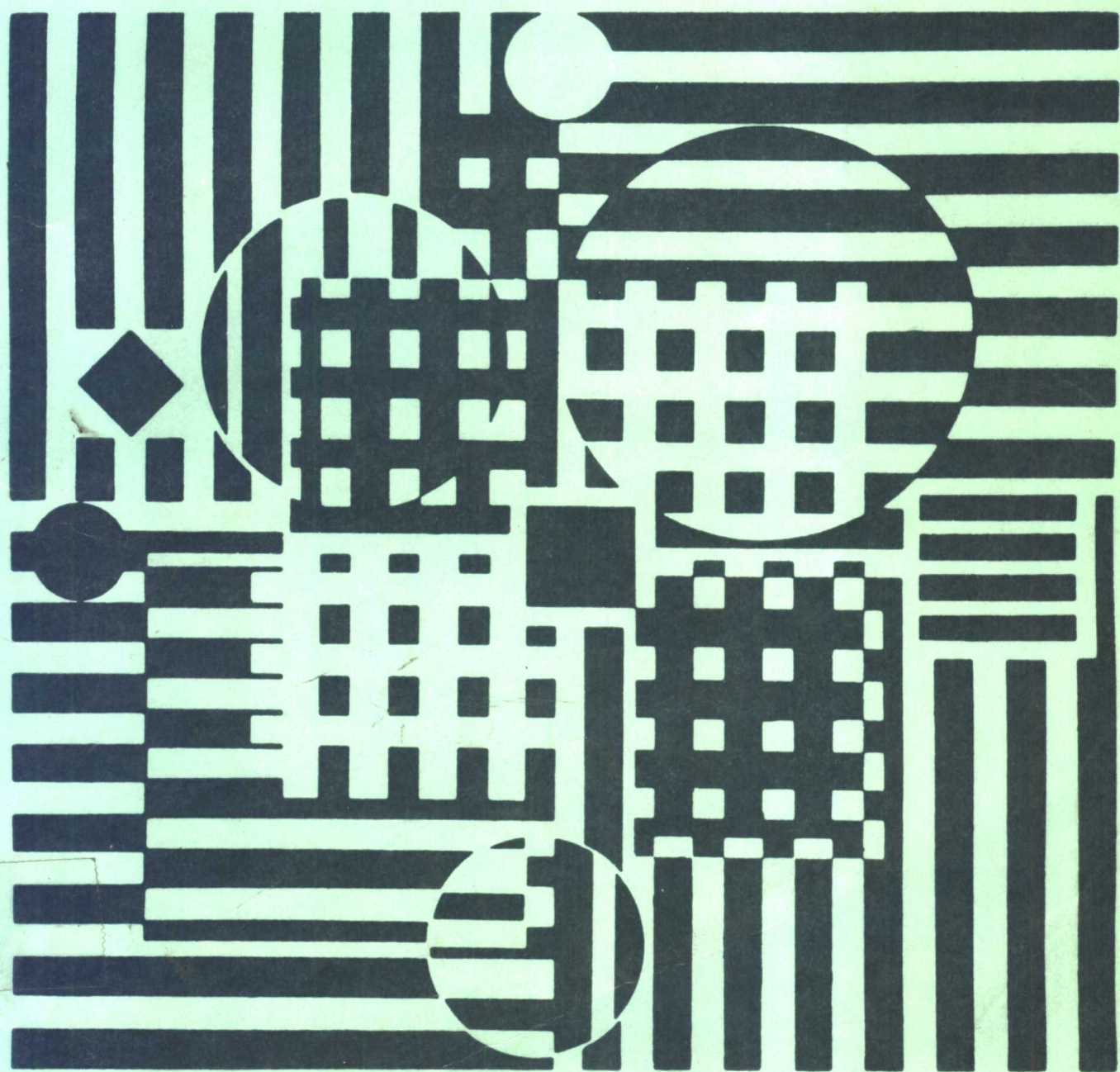


冶金和材料学术会议 论文集 (第一辑)

北京矿冶研究总院

冶金工业出版社



400
24
1

冶金和材料学术会议论文集

(第一辑)

北京矿冶研究总院 编

冶金工业出版社

(京)新登字 036 号

冶金和材料学术会议论文集

(第一辑)

北京矿冶研究总院 编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院 39 号)

新华书店总店科技发行所发行

兵器工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16; 印张 23.5 字数 564 千字

1994 年 12 月第一版 1994 年 12 月第一次印刷

印数 00,001~1,050 册

ISBN 7-5024-1650-1

TF·377 定价 22 元

前 言

我院从事冶金和材料科学技术研究、生产和应用开发工作已有三十多年的历史，造就了一批优秀科技人才，形成了一支有影响的专业技术力量，取得了数量可观的较高水平的科研成果，为发展我国冶金和材料科技事业作出了应有的贡献。为了更好地总结和交流近年来我院在这两个专业领域里所取得的成果和经验，提高科技人员的理论和技术水平，活跃学术气氛，决定于1994年11月召开北京矿冶研究总院第一届冶金与材料学术会议。本届会议汇集有54篇论文，反映了近年来本院在这两个学科方面所取得的部分成就。其中“白银炼铜法”、“金川二期金属化高冰镍浸出—黑镍除钴精炼全流程试验”、“石茱氧化铜矿直接加热一段回转窑离析法研究”、“镍包铝金属粉末研制”、“100t/d难选锡中矿高温氯化中间试验”、“热喷涂与喷焊技术及材料研究”、“高密度合金及反坦克弹药材料研究”等论文中所涉及的多项科研成果先后荣获国家发明奖、国家科技进步奖、“六五”攻关三委一部奖以及冶金工业部和中国有色金属工业总公司的奖励与表彰。推广应用这些成果，对于促进有色金属工业和相关行业的发展有重要价值。

北京矿冶研究总院除设有冶金和材料两个研究室（所）外，还设有采矿、矿山机械、矿山化工、选矿、冶金设备与节能、自动化、物质组成、分析、环境保护等12个研究室和磁性材料、设备和精细化工三个研究所以及一个标级为乙级的工程设计院，在矿业与冶金领域，同国内外有着广泛的工作与业务联系，并享有一定的声誉。

我国的改革开放政策，为北京矿冶研究总院增添了新的活力，冶金与材料两专业的实验室和中试基地的装备水平进一步提高，配套设施得到充实和完善，科研成果的质量和数量均超过从前。

本《文集》既是本院冶金和材料两个专业多年来辛勤工作所获成果的一个缩影，也是本院全体科技工作者奉献给国内同行的一本可读性与实用性兼备的科技文献。

由于编辑力量的不足及水平的局限，本《文集》一定遗有不少错误，敬希读者批评指正。

北京矿冶研究总院院长

目 录

冶 金 部 分

提取冶金与环境保护	邱定蕃 (3)
难选冶金矿加压氧化预处理及在我国工业应用的前景	崔学仲 (10)
银精矿处理技术	刘伯琴 (20)
铜镍精矿氧气熔炼炉渣贫化新工艺研究	孟杰、金锡根 (29)
回转窑直接还原新技术	余植春 (35)
制定分类标准体系, 提高我国废杂有色金属回收利用水平	洪丕基 (43)
试论超声波强化浸金银 (PUL 法) 效果	赵文焕 (49)
铜镍硫化物氯气选择性浸出工艺的研究	黄忠森、黄振华、李晔 (57)
半石墨化阴极炭块几种物性分析	朱旺喜等 (63)
铝电解炭阳极中新型电催化剂的研究	利镇有、刘业翔 (67)
铝电解阳极过电压的研究	王湘南、陈建设 (76)
采用活化浸出工艺从东川铜矿低品位氧化铜矿中回收铜的研究	尹才砦、蒋训雄 (81)
酮肟类萃取剂从氨性溶液中萃取分离铜、锌的研究	胡福成、杨佼庸 (90)
难选冶金矿原矿碱性热压氧化预处理新工艺的研究	刘铁、陈国英等 (97)
液-固分离新工艺	蒋训雄、尹才砦 (103)
除去酸性硫酸锌溶液中低浓度氯离子的新方法	张汝智 (108)
上海冶炼厂铜阳极泥湿法处理新工艺的研究	李强 (114)
湖北银矿氰化厂湿法工艺生产实践	陈康源 (124)
从含铁酸性溶液中富集金银的研究	徐小平 (130)
黄铁矿还原浸出软锰矿工艺研究	蒋训雄、梅光贵等 (137)
白银铜冶炼渣的直流电贫化研究	白厚善、贺家齐 (143)
熔盐电解法精炼粗铋新工艺	傅政 (149)
再生铅转化料碱法还原熔炼工艺研究	王忠、金开生等 (152)
高温高效喷流换热器	王伟光、杨玉容 (157)
均热炉烟气余热的利用	张耘 (169)
锌挥发窑渣节能装置	杨玉容等 (174)

材 料 部 分

纳米粉末的制备与应用	郭吉平、樊白栓等 (185)
快速冷凝材料综述	甘照平、陈彩霞 (191)
泡沫金属的制造、性能及应用	康瑜、郭吉平 (201)
金属基复合材料的制备方法	刘海飞、彭希林等 (207)
碳化硅晶须制备方法的综述	樊自栓、周玉珍等 (215)
热喷涂铝锌长效防护复合涂层的性能及应用	刘广海 (220)
真空热处理对金刚石强度的影响	彭希林、和明 (228)
La、Ce 对含硼 Ni_3Al 合金高温循环氧化行为的影响	郭吉平 (236)
$\text{Si}(\text{NH})_2$ 热解法制取 Si_3N_4 粉末	谢建刚 (245)

金属锌粉的物理化学特性的研究	宋希剑、刘金健 (256)
金刚石表面化学镀钨的研究	彭希林、刘海飞 (261)
高强度、高韧性陶瓷材料增韧机理	张文儒 (264)
化学镀镍磷 (Ni—P) 合金沉积速度影响因素的研究	刘国富、叶国萍 (268)
湿法合成羟基磷灰石	刘海飞 (274)
氧化钇稳定氧化锆粉末生产制备方法及应用方面的新进展	周传让 (277)
添加剂及电流密度对电锰含硫量及电流效率的影响	黄菊林 (292)
高速火焰喷涂与火焰重熔法制取镍基耐磨涂层的性能评价	贾永昌 (299)
一种制备合金化 WC—Co 热喷涂粉末的新方法	黄利伟 (306)
碳元素对镍基自熔合金性能的影响	杨维海、曾克里、石长江 (311)
金刚石制品铁基预合金胎体粉末	曾克里 (317)
金刚石地质钻头胎体材料的研究	许根国 (321)
采用复合技术制取大口径无缝钢管热轧顶头的研究	刘葵 (328)
一种新型镍—铝系热喷涂粉末——铝—镍—铝复合粉末	张健 (336)
高碳晶质石墨在航空发动机间隙控制涂层中的应用	李珍、黄菊林 (342)
氧化铝涂层在高温锌液冷却装置上的应用	叶国萍、刘国富 (349)
采用 SHS 法制备微细硼粉的过程初探	钮立耘、李珍 (354)
配方对硼—锆乳浊釉釉面质量的影响	黄艳玲 (359)
影响超细锌粉粒度因素的研究	刘金健、宋希剑 (366)

冶金部分

提取冶金与环境保护

邱定蕃

(北京矿冶研究总院)

摘 要 本文论述了提取冶金与环境保护的关系。纵观提取冶金的发展史,当社会对环境保护提出更高的要求时,环境对提取冶金的压力加大。一些老的工艺将被淘汰,一批污染严重的企业面临关闭,而一批污染轻的新工艺就应运而生,只有那些在环境保护方面具有明显优点的新的提取冶金工艺,才有可能被广泛采用。因此,环境保护既是提取冶金的制约因素,又是强大的推动力。有远见的科学家应将精力放到无污染的清洁工艺研究中去,而负责任的政治家和企业家则应支持科学家在这方面的努力。

关键词 提取冶金 火法冶金 湿法冶金 环境保护

EXTRACTIVE METALLURGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

Qiu Dingfan

(Beijing General Research Institute of Mining & Metallurgy)

ABSTRACT This paper presents the relation between extractive metallurgy and environmental protection. Reviewed the development history of extractive metallurgy, We recognized that older technologies were thrown out and some factories were shut down because of their pollution and higher environmental standard. In that time, some new free-pollution or less pollution processes were born. Only those extractive metallurgical technologies which have advantages on environmental protection have been widely applied. So the environmental protection is not only restrictive factor but also strong thrust for extractive metallurgy. Foresighted scientists should research non-pollution processes and responsible politician or enterpriser should support the effort of the scientists.

KEY WORDS Extractive metallurgy Pyrometallurgy Hydrometallurgy
Environmental protection

一、提取冶金的历史回顾

按发现或验证的年代划分,金属元素可分为史前金属和史后金属。铜、铅、锡、汞、金、银、铁等7种称为史前金属。距今8000年前,人类就已使用铜。埃及于前王朝时期(早于公元前3000年)即用铅制作人的小像。人类在古代即已使用含锌的铜合金,但分离出单质锌较晚。象锡、锑、汞等也都有几千年的历史。相对来说,镍是比较年轻的金属,1804年提炼出纯镍,1824年在欧洲建立了第一个镍工厂^[1]。

铜是人类最早发现的古老金属之一,从铜冶炼的历史足以说明提取冶金对环境的影响

和环境保护对提取冶金推动以及这两方面的相互作用。

公元前人类在铜冶炼方面已经达到了相当高的水平。从出土文物看,伊朗、埃及、印度及欧洲都有炼铜业。16世纪阿里科拉(G. Agricola)在《冶金论》一书中叙述了铜的熔炼和精炼工艺,17世纪末,赖特(D. Wright)用反射炉炼铜,产出冰铜,1880年开始用转炉吹炼冰铜,这是炼铜技术的重大进步,当时发明的铜电解精炼也具有重要意义。

中国从原始社会末期使用简单铜器开始,随奴隶社会建立和发展而兴起的青铜冶铸技术,到商代和西周达到鼎盛时期,1978年在甘肃东乡马家窑出土的青铜小刀是迄今中国发现最早的青铜器物,经测定其年代距今4700年^[2]。湿法炼铜起源于中国,战国时期的著作《山海经》中就有矿山流出“酸水”的记载^[3]。铁能置换胆矾溶液中的铜这一现象在西汉《淮南万毕术》中已有记载,北宋末年的胆铜产量约占总产量的15~20%,《宋史·艺文志》和已经失传的《浸铜要录》对铜浸出和置换都有记载^[4]。中国古代有色金属的生产规模在世界上是领先的,元丰元年(公元1078年),铜产量已达到7300t,只是到了清代中后期,矿业才开始衰落,到解放前夕,中国只剩一冶炼铜精矿生产粗铜的冶炼厂——沈阳冶炼厂,采用烧结锅—鼓风机—真吹炉生产流程。中国在这漫长的4000多年历史中,有色金属提取的规模必竟很小,世界上其他国家也是在19世纪末炼铜业才开始形成较大的规模,因此对环境的危害不大,即使产出一些废气、废液、废渣,生态平衡的破坏亦不明显。人们的注意力仍然是如何设法增加产量以满足对有色金属日益增长的需要。但是,随着工业化的进程,世界上有色金属的产量节节上升,到1992年,全世界十种主要有色金属(Al、Cu、Pb、Zn、Ni、Mg、Sn、Ti、Hg、Sb)已经达到5085.36万吨^[5],伴随着有色金属的生产而产生的大量SO₂气体,含毒烟尘、废水、废渣对环境的污染就再也不是可以视而不见了。工业发达国家早在本世纪50~60年代,特别是70年代之后,就对环保采取了越来越严格的措施。环境保护与有色金属生产的矛盾日益突出,有的国家甚至限制有色工业的发展,而发展中国家对有色金属工业造成的环境污染也开始重视。环境保护对有色金属工业的制约作用越来越明显,可以预料,这种制约作用将随着社会的发展会更加强烈。

二、环境保护对提取冶金的制约

20世纪中期,随着各国社会生产力的迅速发展和矿冶工业的规模化、大型化,自然环境受到严重破坏。在一些工业发展较快的国家,环境污染事件频繁发生。1952年12月5日至8日,伦敦上空几日烟雾不散,在此期间伦敦市死亡人数比历史同期增加4000多人,事件过后两个月内还陆续死亡8000多人,这是由于空气中的硫氧化物、氮氧化物、碳氢化合物等在紫外线照射下发生光化学反应,生成大量过氧化物,引发人和生物急、慢性中毒,死亡率增加。这就是历史上著名的伦敦烟雾事件。在50、60年代,东京、洛杉矶等城市光化学烟雾事件频繁发生,莱茵河的溶存氧降低到最低值,漂在水面上的死鱼随处可见。日本镉慢性中毒而引起关节病和骨折的疼痛病;在水俣县由于汞中毒而引起的四肢麻痹,五官机能消失甚至死亡的水俣病;四日市由于空气硫氧化物重金属离子污染而引起的地区性哮喘病,后来称之为四日市哮喘等。一系列严重环境污染使全世界许多政府企业界和环境工作者不得不以新的眼光来审定迅速发展的工业体系,特别是近20多年因为酸雨危害使北美、欧洲森林衰减,更引起了人们对环境恶化的注意。1972年在斯德哥尔摩召开了由114个国家参加的联合国人类环境会议,发表了“人类环境宣言”,设立了联合国环境计划机构

UNEP。同年,世界经济协力开发机构 OECF 提出了“防止公害的费用由产生公害的企业负担的 PPP 原则 (Polluter Pays Principle)。”世界区域性国家之间相互签订了许多防止环境污染条约。美国、加拿大、欧洲纷纷制订并实施在本世纪内使 SO_2 排放量大大减少的计划^[6]。许多国家相继设立了环境保护局,从那以后,各国用于环境保护的费用不断增加,环保法所规定的“三废”排放标准越来越严,一大批有色金属提取企业由于环保达不到要求而处于倒闭的威胁之中。

今天,全球有 50 亿人口,到了我们子孙后代,可能有 100 亿。从本世纪初到现在,全球范围内工业生产增加超过了 50 倍,而其中 80% 是发生在二次大战之后。急剧的工业化速度使世界范围内人类生存条件得到了极大的改善,但随之而来的是空气、水质量的变坏和生态平衡的破坏。在发展与环境两者之中,人类需要重新确定其平衡点,一个新的概念就是在这种情况下应运而生的。

1968 年,来自 10 个国家的科学家聚集在罗马,讨论全球面临的挑战,诸如:加速工业化,人口快速增长,贫困,不可再生资源的耗尽和环境污染等全球面临的重大问题,这个小组名叫罗马俱乐部 (Club of Rome)。以后,他们扩展会员和全球代表,1972 年发表了非正式世界模型研究,其结论是存在一个对现存人口和工业增长指数的限制,一些环境学家和院外集团提出工业零增长作为解决环境变坏的办法。显然,这种观点不能被工业界所接受。1983 年,联合国设立了世界环境与发展委员会 (World Commission on Environment and Development)。这个委员会又以“Brundtland commission”而知名。这个委员会又于 1987 年的报告中提出了“可容许的经济发展环境” (The Concept of Environmental Sustainable Economic Development) 新的概念。按照这种概念,工业发展和经济的增长必须以一种负责任的方式和一种可允许的增长速率来进行。这种观点得到工业界和环境工作者二方面的支持^[7]。

中国是个发展中国家,在她的发展早期 (从古代直到解放前),由于有色金属产量少,工业化规模小,环境对有色工业的压力不大。当有色金属工业从 1952 年的约 7 万吨^[8]增加到 1992 年的 299.18 万吨^[5],工业发达国家 60、70 年代矿冶工业造成的环境污染现象就不可避免地在中国大地再现了。1988 年,有色金属工业排出废气总量达 2520 亿标米³,其中含有 SO_2 53.6 万吨,排出 5.65 亿吨含有 Cr、Hg、As、Cd、Pb 等重金属离子的废水以及约 6000 万吨废渣^[9]。1974 年以来,我国兰州、北京、重庆、天津、贵阳等地光化学烟雾事件不断发生;南方的四川、贵州、江西、湖南、广东等省深受酸雨公害,第二松花江的吉林市以下 23km 江段中含汞量是世界著名的水俣病发源地——日本水俣湾含汞量的 2~10 倍;土壤污染、水土流失,使我国总面积的 11.4% 已成为沙漠,而且以每年 1500km² 速度沙漠化^[9]。采矿的废石和矿区塌陷,选矿的废水和尾矿,冶炼的废气废水和废渣,无一不在威胁着人们的生存和破坏生态环境。有色金属工业环境的治理已到了刻不容缓的地步。1984 年,国务院设立了环境保护委员会,1989 年 12 月 26 日七届人大常委会正式批准通过了《中华人民共和国环境保护法》。从此,环境保护成了我国的国策。

纵观全世界的有色金属工业发展,环境污染或迟或早会成为制约有色金属工业发展的头号因素,有远见的企业家和决策者们会及时调整自己的工作方向,采用先进的清洁工艺,重视现有提取冶金过程中产生三废的治理,使之符合国家规定的排放标准,反之,在不远的将来等待他们的只有一条出路,那就是企业被勒令关闭。

三、环境保护对提取冶金是推动

本世纪 70 年代,由于工业发达国家对控制 SO_2 排放标准日益严格,一些有色冶炼企业无法达到规定的环保要求被迫关闭。从另一方面看,环境的压力却又成为推动提取冶金发展的动力。在这些国家里,70 年代以来是人们努力要求污染少的提取冶金代替传统方法发展最快的时期。在此期间,硫化铜矿的湿法冶金,湿法炼铅、加压浸出、闪速熔炼、QSL 法、KIVCET 法熔池熔炼等新工艺都有了突破性进展。这些新工艺无一不是以减少环境污染,降低能耗,强化冶炼、降低成本为主要目的,在评价这些方法时,将它们对有害物质的处理,特别是将排出 SO_2 降低到最少量作为最主要的要求。可以说,没有这一期间世界各国对环境保护的严格要求,就不会有这一大批具有重大意义的新工艺的出现。

1. 铜冶炼

本世纪 60、70 年代人们对限制提取冶金排出废物的要求日益严格,使许多炼铜厂面临被迫关闭的绝境。这就是为什么这一时期硫化铜矿湿法冶金最为活跃的原因。由安纳康特 (Anaconda) 公司阿比特教授 (Arbiter) 发展起来的阿比特法,实际上是加拿大舍立特—高尔登 (Sherritt Gordon) 加压氨浸的变更。1974 年在安纳康特公司比尤特厂投产,年产 36000t 铜。据报导一年后关闭。焙烧—浸出—电积 (R—L—E) 法,是经硫酸化焙烧,用水或稀酸溶出,随后电积法回收铜。扎伊尔和赞比亚用这种方法处理铜钴精矿已有几十年的历史。70 年代到 80 年代初,我国一批小型湿法炼铜厂就是采用这个流程。此外还有 1973 年进行 25t/d 半工业试验的塞梅特 (Cymet) 法,是采用 FeCl_3 浸出。1975 年采用氯化体系的杜瓦尔法 (Duval) 进入了工业生产。对氯化体系的研究还有加拿大的科明科公司、美国矿山局、南非国立冶金研究所、美国铜加工公司以及澳大利亚的得克斯特克冶金公司。氯化体系的研究之所以那么吸引人,其中最主要的一个原因是人们试图将矿石中的硫转换成硫磺,与硫酸相比,硫磺便于贮存和运输,特别是避免了制酸过程中对环境的污染。

尽管由于硫化铜精矿的湿法冶金在工艺和设备上遇到了一些难以解决的困难,在 80 年代中期以后,研究硫化铜精矿湿法冶金的报道有所减少,但这决不是说人们已经放弃了对环境保护具有明显好处的湿法冶金,例如,近年来,加拿大矿业与能源技术中心 (CANMET) 采用三氯化铁处理低品位 Cu、Pb、Zn 混合矿的研究^[10],以及 1986 年在英国帝国化学工业公司 (ICI) 的 Tecnicas Reunidas and Nerco 进行的半工业试验,用三氯化铁浸出,溶剂萃取分离 Cu,称之为 CUPREX 法^[11],都说明了硫化铜矿的湿法仍具有一定的吸引力,特别是氯化体系,对于生产元素硫来代替硫酸,这是具有环保意识的冶金专家为之奋斗的目标。

传统的火法炼铜是采用反射炉鼓风炉熔炼,经转炉吹炼—电解精炼得到电铜。目前,国外仍有 90 多家反射炉炼铜厂,但它们的烟气 SO_2 浓度通常只有 1.5%,使得它们已经很难在环保要求日益严格的情况下继续生存。除了澳大利亚的肯布拉港炼铜厂和扎伊尔还保留了敞开式鼓风炉之外,大多数鼓风炉都改为密闭鼓风炉,其目的是希望此举能解决敞开式鼓风炉的烟害问题,但这种炉型烟气 SO_2 浓度也只有 3%。我国研究成功的白银熔池熔炼法,其床能力比反射炉提高了一倍以上,烟气可以制酸。在采用富气以后,烟气中 SO_2 浓度可以达到 11%。诺兰达法在加拿大的诺兰达冶炼厂和美国的犹他冶炼厂使用富氧 SO_2 浓度可以达到 16%,象采用闪速熔炼的日本东予冶炼厂烟气 SO_2 达 25%。芬兰哈贾伐尔塔闪

速炉烟气含 SO_2 高达 33%^[12]。此外,还有三菱式连续炼铜,瓦纽科夫发明的熔池熔炼、德国鲁奇公司开发的火焰旋涡熔炼等新熔炼工艺,无一不是以提高烟气中 SO_2 浓度作为最主要的目的。

闪速熔炼近年来得到很大的发展。目前,全世界已建成的闪速炉约有 30 余座。最近,肯尼科特公司宣布投资 8.8 亿美元将盐湖附近的炼铜厂改为新的冶炼和精炼厂,它将采用闪速熔炼和闪速吹炼的新工艺。所谓闪速吹炼,是将从闪速炉放出的冰铜水淬,干燥后磨碎,在闪速吹炼炉中用纯氧或富氧吹成粗铜,与传统的将冰铜用包子运往卧式转炉空气吹炼相比,产出的 SO_2 浓度高并且连续,也取消了运送包子和开口的转炉有关烟气的处理问题,这是肯尼特公司和芬兰奥托昆普公司共同研究的专利。新厂的成功无疑是炼铜生产的突破,特别是对环境保护敏感地区,建新厂决定的宣布,正好是在三菱公司宣布取消在美国得克萨斯州建厂计划的时刻,因为三菱公司遇到当地居民和环保组织的强烈反对^[13]。

2. 锌冶炼

1916 年出现的焙烧—浸出—电解湿法炼锌和过去的蒸馏法相比在环境方面有了重大的进步,加上湿法炼锌综合利用好,又适于大型化、机械化生产,目前,湿法炼锌其产量已占全世界锌的总产量的 70% 以上。

湿法炼锌焙烧工段产生的 SO_2 虽可以制酸,但制酸尾气仍旧存在污染,加上有些地方硫酸并非畅销,因而寻找去掉焙烧工序的新工艺就是理所当然的了。本世纪 70 年代,对高压浸出作出重大贡献的加拿大舍立特高尔登公司研究了锌精矿的高压浸出,伴随着锌的溶解,矿物中的硫转换成元素硫,和传统的焙烧产出 SO_2 相比,这无疑是一重大突破。1978 年完成了中间试验,科明科公司 1981 年在加拿大的特雷尔 (Trail) 锌厂建立了高压浸出车间。1983 年加拿大奇得—克里克 (Kidd-Creek) 建立了第二个锌精矿加压浸出车间,其生产能力为 2 万吨。以后,德国的鲁尔锌公司 (Ruhr Zink) 增建了加压浸出设施,使电解锌产量从 13~14 万吨迅速增至 20 万吨。加拿大哈得逊湾矿冶公司弗林—弗隆厂为解决环保问题,也打算在 90 年代进行改造,引进了 3 台锌加压釜,取代 10 多台多膛焙烧炉和巴秋克浸出槽^[14]。

锌加压浸出过程中为使排出铁,科明科公司是在沉淀铁之后以矾形式产出,然后送去浸出,最终送去熔炼厂以炉渣排出,但在鲁尔厂,却在高酸条件下避免生成矾,而使浸出液中的铁以赤铁矿固体析出^[15],以避免矾类对环境的污染。以锌冶炼的变化,人们不难发现环境保护始终是工艺变革的推动因素。

3. 铅冶炼

传统的烧结机—鼓风炉炼铅法对环境的污染严重,操作人员的铅中毒现象不易完全克服,除了一般的火法冶金 SO_2 的危害之外,铅冶金所产生的铅尘,铅雾对环境的污染也不容忽视。70 年代以后,一些国家对炼铅工业的卫生标准提高了。例如,1978 年 4 月美国环境保护局 (EPA) 颁布了关于铅的环境质量标准,容许浓度规定为 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$,较工业上公认的 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 标准远为严格。从此,在火法冶金领域中产生了几种直接炼铅法,而湿法炼铅的研究也吸引了许多冶金学家。

在众多的直接炼铅法中,QSL 法、KIVCET 法和 ISASMELT 法是已经进入工业化生产阶段的三种。

QSL 法首先是由 Pant Queneau 和 Reinhardt Schuhman 二位教授提出的在一个反应炉

内用工业纯氧连续处理金属硫化物精矿至粗铅, 1974 年鲁奇公司与他们达成协议开展研究, 1975~1979 年在杜依斯堡的贝尔利斯铅锌冶炼厂进行了中间试验, 1981~1986 年在该厂进行了 10t/h 的工业试验。之后, 我国的西北铅锌冶炼厂, 德国的斯托尔堡 (Stolberg) QSL 厂, 加拿大的特雷尔 (Trail) 厂, 韩国的翁山 QSL 厂先后建成了工业化生产厂。虽然有的厂在投产过程中遇到困难, 但 QSL 法在环境污染方面比传统的烧结鼓风炉大有改进却是毋庸置疑的。例如, 德国斯托尔堡将烧结机—鼓风炉改为年产量为 8 万吨铅的 QSL 厂。1990 年 8 月试车, 11 月投产, 1992 年达到设计能力的 75%, 每年烟气中排放 Pb154kg (传统法为 2057kg), Cd 为 16.7kg (传统法为 248kg), SO₂89kg (传统法为 530kg), 环境污染明显减轻。

KIVCET 法是由前苏联全苏有色金属矿冶科学技术研究所研究出来的, 真正得到大规模应用是在意大利的韦斯麦港的 Nuova Samin 公司建成了 8 万吨/年的生产厂。烟气含 SO₂21%, 排入大气中的 SO₂ 可以忽视不计 (不包括酸厂)。

Isasmelt 法是由澳大利亚联邦科学与工业发展组织 (CSIRO) 和 Mount Isa mines 共同发展起来的, 熔炼产出的烟气含 SO₂7.5%, 年产 6 万吨的炼铅厂已在 1991 年底投产^[16]。尽管直接炼铅取得了令人瞩目的进展, 但不论何种流程, 仍然含有 SO₂ 及铅尘的危害, 因此, 冶金学家对不产生 SO₂ 的湿法炼铅从来都没有放弃, 目前正在研究的主要流程有: FeCl₃ 浸出—PbCl₂ 熔盐电解, FeCl₃ 浸出—PbCl₂ 固态阴极还原, 硫化铅精矿矿浆直接电解等^[17], 这些流程的共同点是采用氯化介质, 使矿物中的硫转化成硫磺避免产生 SO₂, 由于加工成本比火法流程高, 这些方法目前仍处于小型半工业试验阶段。考虑到今后人类对铅中毒的危害认识加深, 环境保护要求更加严格, 湿法炼铅仍不失为一种有前途的选择。

四、展 望

随着人类文明向前推进, 工业化所造成的环境污染越来越被人们所重视。提取冶金是环境污染的重点领域。纵观国内外提取冶金的发展史, 几乎所有取得重大进展的提取冶金技术都是在环境保护方面压力加剧的背景中产生, 而又在环境保护方面取得突破后而告成功。毫无疑问, 人类还要不断地向自己提出更加清洁的环境要求, 因而环境对提取冶金的压力还会继续增加, 任何一个环境污染严重的冶金工艺总要被淘汰, 而代之以一个较为清洁的新工艺。因此, 有远见的科学家, 应该将自己的研究重点移到无污染或少污染的提取冶金工艺上去, 而那些负责任的政治家和企业家, 也应该以自己的实力和行动支持无污染的清洁工艺研究。虽然在我国由于经济发展尚未达到发达国家的水平, 环境保护的压力比发达国家暂时要小, 但历史终究要以自己的规律前进, 如果我们不能从西方国家提取冶金的挫折和发展中吸取经验和教训, 那么总有一天, 我们整个提取冶金界会发现自己处于一种非常尴尬的境地。

参 考 文 献

- [1] 赵天从, 何福煦, 有色金属提取冶金手册, 冶金工业出版社, 1992. 10。
- [2] 北京钢铁学院, 中国冶金简史, 科学出版社, 1978. 2。
- [3] 《当代中国》丛书编委会, 当代中国的有色金属工业, 中国社会科学出版社, 1990。
- [4] 中国冶金百科全书编委会, 中国冶金百科全书有色冶金卷, 待发表。

- [5] 中国有色金属工业年鉴编辑委员会, 中国有色金属工业 1993 年鉴, 人民卫生出版社, 1993。
- [6] 林世英, 有色冶金环境工程学, 中南工业大学出版社, 1992. 9。
- [7] Bruce R. Conard 'The role of hydrometallurgy in achieving sustainable development, Hydrometallurgy, 30, 1992。
- [8] 当代中国有色金属工业编委会, 新中国有色金属科学研究, 上册, 1986。
- [9] 薛玉兰等, 矿冶环境保护与资源综合回收, 中南工业大学出版社, 1992. 3。
- [10] Bell D. H. , The Canmet ferric chloride leach process, Canmet Mineral Sciences Laboratories, Rep. Msl87 ~157, 1987。
- [11] Dacton, R. F. , Price. R, Hermana, E, and Hoffnan. D. , Cuprex—a new chloride—based hydrometallurgy to recover copper from sulfide ores Min. Eng. , 40 (1), 1988。
- [12] 王颂才, 国内外铜冶炼技术发展趋势评述, 重有色冶炼, 1990. 6。
- [13] Russell. Carter 等, 肖安雄译, 犹他炼铜厂将由全新的年产 100 万吨铜的炼铜厂所代替, 重有色冶炼, 1992. 6。
- [14] 罗少连, 湿法炼锌的现状 & 改进, 重有色冶炼, 1990. 6。
- [15] Berezowsky, R. M. G. S, Couins, M. J. , Kerfoot, D. G. E. and Torres. N. , The commercial status of pressure leaching technology, J. Metals. 43 (2). 1991。
- [16] 肖安雄, 直接炼铅法的工业应用近况, 重有色冶炼, 1993. 5。
- [17] 赵天从, 无污染有色冶金, 科学出版社, 1992. 9。

难选冶金矿加压氧化预处理 及在我国工业应用的前景

崔学仲

(北京矿冶研究总院冶金研究室)

摘 要 加压氧化法是处理某些难选冶金矿行之有效的方法。国内外对此项技术进行了大量的研究。80年代中期以来,国外已有一批工厂陆续将此项技术应用于工业生产。此技术在国内仍处于实验室研究阶段。本文在研究国内外有关情况的基础上,讨论此技术在国内工业应用的前景。

关键词 难选冶金矿 加压氧化 预处理

PRETREATMENT OF REFRACTORY GOLD ORES BY PRESSURE OXIDATION AND ITS COMMERCIAL APPLICATION PROSPECTS IN CHINA

Cui Xuezhong

(Department of Extractive Metallurgy, BGRIMM)

ABSTRACT Pressure Oxidation is an effective approach for treating some refractory gold ores. Extensive studies have been conducted in this field in China and abroad. This technology has been employed in certain plants abroad since mid 1980s. However it is still in lab study stages in China. This paper discusses the commercial application prospects of this technology in China based on the studies of existing work.

KEY WORDS Refractory gold ores Pressure oxidation Pretreatment

一、引 言

纵观历史,人类采用了各种方法从地球的地壳中提取金。可以把冶金处理方法的发展划分为五个主要历史阶段:重选法、混汞法、氰化浸出法、炭浸法、难选冶矿石预处理。

自70年代以来,世界各国对黄金的需求量迅速增加。尤其是近几年来,黄金价格不断上涨。然而,高品位易处理的金矿资源日趋减少,因此,从微细粒难选冶金矿石中提金在世界上已引起了广泛的重视。

我国微细粒浸染型和高砷高碳型金矿资源丰富,分布较广。近十年来,在贵州、云南、广西“金三角”地带和四川、甘肃及东北等地区,相继勘探发现了储量丰富的这类金矿资源。因此,深入研究微细粒难选冶金矿石提金工艺技术,尽快转化为生产力,为早日开发利用这类金矿资源,增加黄金产量,具有重要的现实意义和深远意义。

一般说来,导致金矿石难选冶的主要因素有:

其一,金_L细粒或次显微粒状浸染在黄铁矿、磁黄铁矿、砷黄铁矿及硅质脉石矿物中,

由于金嵌布粒度过细且被物理包裹,给选冶带来困难,直接氰化浸出时,妨碍了与氰化物溶液接触,致使金的氰化浸出率低。

其二,含金矿石中存在的某些硫化矿物,分解时产生消耗氰化物的物质,从而使氰化浸出时,氰化物消耗剧增。

其三,含金矿石中存在某些矿物,分解时产生耗氧物质,如亚铁离子、负二价硫离子、硫代硫酸盐和亚砷酸盐等,在氰化浸出过程中,消耗了溶解金所需的氧气,致使金的氰化浸出率降低。

其四,含金矿石带有含碳物质,如非晶形碳或石墨碳、碳氢比值高的烃类风化物、褐煤或腐植酸,在浸出过程中,炭吸附氰化物溶液中已浸出的金,造成金的损失。

此外,金与碲化物共生,金粒在难熔矿渣中呈胶状,以及矿石中存在能吸附金络合物的粘土,均导致选冶过程中金回收率较低。

为充分利用这类资源,获得较高的金回收率,应对矿石和精矿进行预处理。

二、工业上已应用的预处理方法

国内外针对难选冶金矿石的特性进行了大量的预处理方法研究。概括起来说,可分为氧化法和非氧化法。氧化法主要有:氧化焙烧、加压氧化、微生物氧化、氯化、硝酸氧化、高锰酸盐或铁离子氧化及电化学氧化法等等。非氧化法主要有:超细磨矿、浮选除碳、钝化剂(如煤油等)钝化碳金矿中活性炭表面、含粘土金矿用水泥制团后再氰化堆浸、预先硫化、强酸或强碱预浸、微波辐射预处理等等。

其中,工业应用较多的是氧化焙烧法和加压氧化法,微生物氧化法也开始进入工业应用,氯化法和超细磨矿也有工业生产。而大多数其它方法则仍处于研究开发阶段。

氧化焙烧法已有 30 多年的工业实践,早期所用为多膛炉和回转窑。目前,国外大多数使用沸腾焙烧炉,设备较易解决。硫化物焙烧通常是自热过程,这样可以节省生产成本。该法的缺点是焙烧排出的废气含有 SO_2 、 As_2O_3 和烟尘,有时还有铋和汞,对环境造成污染。氧化焙烧后再氰化,金的浸出率也没有加压氧化法或微生物氧化法那样高。

微生物氧化法对于大规模堆浸金矿石将具有吸引力。它具有投资少、金浸出率高、有利于环境保护等优点。但有关资料指出^[1],对于微生物槽浸来说,如果浸出时间增加(72h 以上)或矿浆浓度减少(25%以下)的话,微生物氧化法的投资急剧增加。在处理量超过 1000t/d 的条件下,这种影响特别大。这使微生物氧化法远不如氧化焙烧法或加压氧化法具有竞争力。

加压氧化法的优点是预处理后再氰化,金的浸出率高,对矿石或精矿中硫、砷含量适应性好,对铋和铅不敏感,有利于环境保护。该法可分为酸性加压氧化法和碱性加压氧化法两种。当矿石或精矿中的金有很大一部分与硫化物结合在一起时,在酸性介质中进行加压氧化预处理为宜,当矿石或精矿含硫量低而碳酸盐含量高时,则应考虑在碱性介质中进行加压氧化预处理。

加拿大舍利特·高尔顿公司(Sheritt Gorton)曾对世界各地许多难选冶金矿石或精矿进行过酸性加压氧化预处理试验,有关结果见表 1^[2,3]。结果表明,难选冶金矿石直接氰化浸出,金的浸出率很低,经酸性加压氧化预处理后再氰化,金的浸出率可达 98% 左右。由此可见,加压氧化预处理是一种非常有效的方法。因此,自 80 年代中期以来,加压氧化法