



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)



16525-C

Distr.  
LIMITED

ID/WG.470/8  
6 August 1987

CHINESE  
ORIGINAL: ENGLISH

## 联合国工业发展组织

---

有色金属工业  
第一次协商会议  
匈牙利，布达佩斯  
1987年11月30日至12月4日

### 议题文件二

有色金属工业中的各种备选技术\*

工发组织秘书处编写

ID/WG.470/8  
Issue paper II. Technological alternatives  
in the non-ferrous metals industry.

95

---

\* 本文件译自未经审订的原文。

V.87-88302(EX)

目 录

	<u>页 次</u>
1. 导言	3
2. 有色金属工业中现有的和正在出现的技术	4
2.1 直到精炼为止的有色金属生产	4
2.2 铝和铜的半成品和成品生产	5
3. 研究和试制活动的主要方向	6
4. 最后的考虑	8
附件一 有色金属工业中采用的主要工艺过程的特点	9
附件二 表 1-3	16

## 1. 导言

显然，发展中国家的社会经济条件、矿物质量和生产投入物（如能源、基础设施、熟练劳力、资本）等的能力，与发达国家中的相应条件是有很大差别的。因此，被认为对发达国家更为适合的备选技术，对发展中国家可能并不是最有利的。特别是在分析有关工厂规模的各种方案时更是如此。

建设一个最佳规模工厂的明显优点，在发展中国家里常常并未实现。在大型项目中常出现的具体困难有：

- (a) 大型工厂的建设时间一般比小厂长，成本高，在安排公用设施、辅助和基础设施方面也更为困难；
- (b) 大厂比小厂会遇到更多的生产技术问题，维修更为麻烦，也更易于出现技术僵化的情况；
- (c) 大厂的开工率一般低于小厂，因而增加了平均固定成本；
- (d) 在世界需求下降或增长缓慢以及价格恶化的情况下，对于向世界市场的出口一般却依赖甚大；
- (e) 在国家和地区一级上实行有色金属工业部门与其它经济部门一体化的过程，大厂更欠灵活性。
- (f) 在许多发展中国家都存在债务问题的时候，大厂需要大量投资和财政资源。

某些矿物加工工业中发生的迅速的技术变化，对发展中国家建立加工设施的能力也有影响。某些情况的发展，例如铝板铝带的连铸生产，可以用来建设比过去认为经济的规模小得多的工厂，从而为在许多发展中国家里的国内消费进行加工开辟了道路。

另一方面，一些新的发展，如铜连铸，使远离主要生产厂家的生产厂家更难以进行有效的竞争。

而且在技术的选择中还有其它一些方面需要考虑，如能源价格、矿石质量、运输费用以及增加外汇盈余以发展关键经济部门的可能性等。

## 2. 有色金属工业中现有的和正在出现的技术<sup>1)</sup>

发展中国家应根据自己的社会经济条件充分利用技术进步,以求更好地发挥其资源的作用,并致力于在国家和地区一级的综合发展。因此,应特别着重于半成品和成品生产的各种备选技术的分析。

### 2.1 直到精炼为止的有色金属生产

在直到精炼为止的生产方面出现了一些技术进展,为了提高现有设备或新建项目的生产率,必须加以考虑。

为了降低生产成本,特别是能源费用,常规的硫化铜生产流程自70年代以来发生了很大的变化:为实现规模经济扩大了开采和选矿设备的规模;主要是在铜工业中,为分离不同矿物以及回收副产品铜,在选矿方面引进了竖筒浮选;通过喷氧加速反应而强化化学、高温冶金过程,炉子的容量增大,产品的生产成本降低了。

开发出一种用湿法冶金处理硫化和氧化矿石的特别方便的技术,这种技术避免了昂贵的传统选矿和冶炼工序,同时也就消除了这些工序对环境的一切污染。有几个国家对改进多金属含铜矿石的加工技术感兴趣。

开采铝矾土,将其精炼成氧化铝以及用电解法生产铝,这些已是成熟的技术。这些生产过程虽在不断改进,但预计到本世纪末之前不会有根本变化。新的技术发展主要是为了降低能源费用以及更好地利用价格正在不断上涨的资本货物。

铅和锌工业与铜工业相比,处理的矿石品位高而复杂,但规模小。在铅锌工业中,重要的技术改进在选矿阶段不如高温冶金阶段明显,因为在选矿方面,经典的技术和浮选法实际上已很容易针对每种具体的矿石及其冶金问题进行了调整。在高温冶金方面,除了分别处理每种金属的具体工艺外,还有各种集中处理大量精矿的方法,可显著提高金属总回收率和降低成本。由于这些矿石成分非常复杂,用差别浮选法分离各种金属相当困难,故金属损耗一般是很高的。因此,“帝国熔炼和硫酸盐焙烧工艺”等工艺引起了愈来愈大的注意。

新的高温冶金技术还包括Saerriitt压力硫酸(PSA)浸出法、苏联新出现的Kivcet法、芬兰的Outokumpu法(OKP)、德国的QSL法,等等。

<sup>1)</sup> 附录一列举了有色金属的各种不同备选技术。

对所有这些生产工艺必须给以应有的重视，因为要考虑到，即使并非所有的发展中国家都有能力建设自己的工厂，它们也可以方便地商定由一些地区厂以更高的效率进行联合生产。

由于国际锡理事会瓦解和锡价猛跌，锡业正经历一个艰难时期。解决这些问题的一个途径是集中力量于更经济有效的方法。在这方面，有一种比较便宜而有效的锡细粒浮选法引起注意。还有发烟法，由于它的更有效地消除杂质和最终产品的回收的可能性而得到愈来愈多的考虑。

在镍工业中，技术改进的主要方向是增加节能和提高金属回收率。在这方面，发展中国家应特别注意湿法冶金方面出现的新工艺，特别是褐铁矿型红土矿的硫酸处理工艺。

## 2.2 铝和铜半成品和成品的生产

半成品和成品的生产看来对发展中国家是一个关键的方面，因为在工厂规模上是灵活的，而且在国家和地区一级提高横向一体化的程度有很大潜力。

确定半成品生产线的规模是一个复杂问题。有些半成品，只有在非常有限的地区里进行运输才是经济的。幸运的是，许多半成品可以在规模较小的工厂里生产。铝是一种制造挤压成型产品的典型材料。另一方面，轧制铝产品可以远距离运输，但其经济生产的规模则要大得多。经济轧厂的规模——包括热轧——至少为年产40,000吨。冷轧厂的规模可小于热轧厂。铸—轧厂可以更小，年产10,000吨的就能有生存能力。但这种生产线与熔炼炉结合才有利，而且用这种设备生产的半成品，品种范围较普通的轧厂窄，某些高合金铝产品还不能生产。最理想的是热轧厂和冷轧厂在同一地点，否则还要把中间产品运到冷轧厂去，但建冷轧厂生产卷材也是普遍的做法。

在许多发展中国家，生产有色金属制成品有很大的潜力。作为例子我们可以举出：电线和电缆生产、厨房用具和其它器皿的生产设施、容器以及建筑工业用的某些有色金属制品。

在铜半成品生产的主要技术系统选择方面，需考虑以下几个问题：

- a) 连铸工艺，这种工艺能耗低，投资少，环境污染轻，生产能力灵活，生产率高，产品质量高；

- b) 线材生产技术必须与当地或地区的需求配合;
- c) 配备有液压螺旋压下机构和厚度自动调节的冷轧机。热轧机只宜用于需求量极高或特殊的场合;
- d) 间接压机有许多优点,但目前卧式直接压机在产品组合生产方面更为灵活。有了一台合适的挤压机,对于较低的线材需求,可以通过卷材规格方面的变通而暂时满足;
- e) 铜管生产的技术路线应根据几个因素进行选择。在冷轧机有剩余能力的工厂里,用带材焊管和在旋压机上拉管是好办法。在现有挤压机上有剩余能力的工厂里,在拉床上压缩可能是最好的办法,可提供很广的产品组合。生产中、小口径管材的最有效途径之一是连铸——皮尔格式轧管——旋压机拉管;
- f) 在建立铜和铜合金或铝和铝合金半成品生产时,应特别重视循环生产和回收废金属。废金属分离得愈彻底,它的价值愈高。将每种废金属用得恰当,可以达到很高的经济效益。

### 3. 研究和试制活动的主要方向

就发展中国家最有希望的技术发展领域而言,主要的研究路线似应与下列各方面有关:

- a) 更充分地利用多金属资源,只要合适就尽可能地提取所有有用的成分;
- b) 开矿中的物料搬运和节能;
- c) 粉碎操作中的节能和提高处理效率,包括半自动粉碎和旋流分级;
- d) 大力改进浮选技术,包括增大浮选槽容量,采用新型浮选槽如竖筒式浮选槽,以及改进浮选剂配方;
- e) 更多地采用湿法冶金、节能和节约投资的技术,如细菌析出、溶剂抽提和电解法技术;
- f) 采用以最低的能耗将硫化和非硫化性矿物所含金属转变为金属态的工艺,例如溶剂萃取/电解和离析法等;
- g) 提高拜耳氧化铝生产技术的效能,包括在恰当的地方更好地调节溶出和

- 淀析，强化红浆洗涤以降低苛性碱用量和降低泥浆对环境的污染；
- h) 在基底金属生产的所有阶段中更加重视回收副产品。包括浮选分离、湿法冶金、高温冶金和电冶金分离。有许多重要金属，如金、银、钼、钴、铋、硒和铈、镓和钒，可以成为降低基底金属生产成本的宝贵副产品。而且硫和砷等非金属元素也可回收获益；
  - i) 组织中间产品的加工并更好地维持其价格。如果适宜，可生产下列产品：如人造白矾土；特殊氧化铝；氧化铝基的磨料和耐火材料；各种金属硫酸盐、氧化物等化合物；99.99的铝。组织收集、加工和利用回收金属；
  - j) 以各种可能的形式在基底金属熔炼中采用现代吹氧技术，明确地以成果的经济和生产能力两方面的最佳化为目的；
  - K) 通过改善电解液成分、温度和电解槽操作的控制，有计划地实现现有铝熔炼炉成本的降低；
  - l) 通过连铸工艺从铝和铜合金中生产更多品种半成品的可能性；
  - m) 改造现有轧机，装上液压螺旋压下系统、电子传动装置调节线路、厚度和形状自动控制和调节；
  - n) 对已确定的生产工艺或技术组织有关运行最佳化的研究，可根据规模经济或通过更符合于国家需要和可能的设备小型化来实现这种最佳化设计适宜的设备，特别是生产半成品的设备；
  - o) 系统地研究现有设施通过改善和强化生产工艺进行扩充与建新厂相比的潜在优点。

在发展中国家中，有色基底金属领域中新技术的实际实现，需要现有研究机构、大学和国家研究中心的工作与工业研究机构和工程公司的工作两方面实行相当复杂的和富于想象力的结合。

在发展中国家中，有一些高标准的研究与试制机构在有色金属工业方面进行工作<sup>2</sup>。这些机构的贡献会关系到新技术在工业实践中的采用；特别是新生产工艺和技术的生命力的评价可能会是很重要的。

<sup>2</sup> 附件二介绍了拉丁美洲、非洲和亚洲在有色金属领域中的研究和试制工作。



#### 4. 最后的考虑

发展战略以及财政限制在一定程度上规定了技术选择的主要依据。

在以上所述以及本出版物中提出的其它论述的范围内，本次会议的参加者除其它问题外对讨论下列问题可能是特别有意义的：

- a) 提高现有的有色金属产品生产设施生产率的技术改进。就这方面而言，应特别着重于分析节能、更广泛地应用湿法冶金、多金属矿石加工的可能性；
- b) 中、小工厂需要合理投资以生产半成品和成品的各种备用技术；
- c) 发展中国家有色金属产品制造厂家为掌握有色金属生产技术所应实现的主要研究和试制项目；
- d) 发达国家与发展中国家之间以及发展中国家之间可能的合作方案，这些方案将有助于：提高发展中国家现有设施的生产率；扩展半成品和成品的新生产能力；发展中国家掌握有色金属生产技术。

## 附件一

### 有色金属工业中采用的主要工艺过程的特点

#### 1. 铝

铝矾土的提炼、铝矾土精炼为氧化铝以及用电解法生产金属铝，这些已经是成熟的技术。这些工艺过程虽仍在不断完善，但在本世纪末之前估计不会有重大变化。目前已知的铝矾土资源将不是铝工业进一步发展的限制因素。最新的遥感方法的应用，将有助于特别是发展中国家中新矿藏的发现。但是，将低品位铝矾土和非铝矾土原料加工成铝，可能在当地有重要意义，因为有些国家可能愿意加工它们现有的原料。

围绕着能源的问题在铝生产和消费两方面均占主要地位，并决定着发展趋势。这个因素以及更充分地利用资本货物——由于其价格上涨——是推动 Bayer 法和 Hall-Herault 法发展的动力。如果在一个国家中，安装的设施可以运行和维护，那么，除了天气因素外，以其当前的或发展的形式在任何地方采用这些生产方法是没有什么技术困难的，因为在设计工厂时已对机械化和自动化做了合理的选择，而且对人员进行了适当的培训。

由于环境保护日益居于显著的重要地位，新型的铝熔炼炉都是采用氧化铝砂的预焙阳极型的。正因为如此，新厂的建设以生产这种氧化铝为依据，而某些老厂——如果不是生产氧化铝砂——也改为生产这种氧化铝。发展中国家拥有的大多是三水合物型的铝矾土；用这种原料生产氧化铝砂是不成问题的。

设备规模在生产经济中起重要作用。氧化铝厂的规模已从年产 12-15 万吨发展到生产线能力年产 30-50 万吨。因此，工厂的生产能力常常达到或超过年产 100 万吨。另一方面，当今建造的熔炼炉的能力为年产 10-30 万吨，实际能力取决于生产线的能力。

半成品制造方面的发展则趋于更有活力。虽然基本生产方法几十年来就已为

人们所熟悉，但这些生产方法的效率以及生产具有更高质量参数的产品，则是稳定地处于当前发展的前列。确定半成品生产线的规模是一个复杂问题。但一般说来，可在较小规模的厂里经济地运行。

某些成品大规模生产的近似最佳能力列于表1。

表1：经济上可行的设施的最小规模及其安装费用  
(熔炼 = 100)

工厂	加工金属%	投资%
铝熔炼炉	100	100
成品制造		
厨房用具	0.1	0.6
罐头	2.25	7.2
液化气瓶	2.0	3.6
桶	0.4	1
散热器	0.75	1.1
灯杆	1.22	1.8
多股线，非绝缘导体	4.4	0.9
电缆，绝缘导体	10	6
容器和箱	1.2	2
软管和烟雾剂瓶	5	6.5
建筑工业用夹层板	0.7	0.6
门架，小型建筑物	1.0	0.4
家具框架、梯子、脚手架	0.8	0.2

基建开支可与建设熔炼炉的基建开支相比较。从相应数字的比较可以看到，每吨成品的投资费用随不同的产品而有很大差异，有的为铝锭的5-6倍（如厨房用具），有的则是它的几分之一（如家具框架、梯子或脚手架）。但有一点是特别重要的：可在年产500-5000吨的范围内找到这些类产品的合理生产能力规模。

## 2. 铜

今日大多数铜的加工都是经过：开采、废料浸析和置换沉淀、选矿、熔炼和精炼。露天开采较地下开采更为普遍。表层或废矿石含有一些铜。常常对废矿石加以浸析将铜提取出来。回收的方法是使浸析溶液通过一废铁床，溶解铁而沉淀出铜，后一工序叫做置换沉淀。

含铜量常常低于1%的铜矿石且矿山运至选矿厂，在这里首先破碎并加水研磨。研磨出来的矿浆进入浮选槽，将矿沫收集起来即为铜精矿。脱水后送入熔炼炉。在炉中硫化矿与氧和助熔剂起反应，产生出含杂质的铜金属、 $SO_2$ 和渣滓。熔炼过程分两步。

在反射炉中铜精矿被熔化，产生出锭，是硫化铜和铁的混合物。然后在转炉中吹风通过锭，产生出不纯的铜和含铁的渣。然后将不纯的铜铸成锭，在电解槽中通过电镀提炼成纯铜。

其它的湿法冶金方法包括矿石直接浸析，然后通过置换沉淀或电解得到铜。但目前以精矿的湿法冶金代替熔炼正在研究开发之中，目的是要避免新熔炼炉所要求的环境保护设施的高昂费用。

为了降低生产成本，特别是能源费用，包括破碎、研磨、浮选、脱水、熔炼和精炼等工序的常规硫化铜生产流程，从七十年代中期以来经历了非常重大的改变，有如下几个主要趋势。

为降低运行和维护费用开采和选矿设备的设备不断升级（所谓规模经济）；通过喷氧强化化学、湿法冶金过程，由于喷氧，反应加快，提高了炉子的生产能力；以较便宜的湿法冶金工艺取代高能耗的昂贵的湿法冶金工艺，在较低温度下促进化学反应，并对物料进行更为充分的处理。

开采中的技术改进包括了从改进的更高效的炸药到更明确更灵活的钻机。在矿石搬运系统方面，改进包括了从矿井内的活动破碎机到建立巨型运输卡车车队和改变为大吨位运输（火车和汽车以外）和巨型传送带。

粉碎操作占选矿（破碎-研磨-分级-选矿-脱水）总费用的50%以上。分级工序一般包括在排除了已降低至一定尺寸的物料之后的中间粉碎工序。

在这方面，近20年来由于普遍采用水力旋流器取代耙式和浮槽式分级机，

而使分级技术发生了根本的变化。水力旋流器的巨大优点是对颗粒进行有效的分级和分离，备品备件消耗少，设备尺寸小，在同一厂房中可使研磨能力翻一番，而且极易配用研磨流程的自动控制装置。

自体研磨是利用矿石自身，而不是用矿石以外专门的金属或非金属研磨物来进行研磨。但自体研磨在破碎和研磨大量尾矿时，由于尾矿介质不足，或者介质质量经常改变时，并不总是成功的。在这种情况下，为了保证平稳操作，在总体积的2%到10%加进大型钢研磨球。目前，大多数这样的半自体磨机含有不到5%体积的这种钢球，而传统的球磨，钢球的体积装入量为45%。在目前日处理量高达2-15万吨的大多数斑岩铜矿加工中，半自体磨机取代了二次和三次破碎以及棒磨研磨工序。

在选矿方面，最近在加拿大研制出一种取代传统浮选槽的新颖的系统。这就是所谓的“竖筒浮选”。这种原理在分离不同矿物中，特别是在铜工业中以及副产品钼回收方面有许多优点。

竖筒的主要特点是它没有活动部件，固体单独靠上升的气泡保持悬浮。

湿法冶金，特别是浸析技术，已证明是生产多种金属，包括铜、金和铀的一种安全、有效和成本效益高的方法。这种化学过程可以用若干种方法实现，例如就地浸析，即破碎的材料不挖出来，或者堆积浸析法，即将破碎的矿石推在专门制备的垫料上并喷洒易于循环的浸析液。浸析也可在大气压力下或者在密闭容器中进行。浸析可以是纯化学的，采用酸、苛性钠或氰化物，或者是生物学的，采用特定的菌种。细菌实际上不浸析物料，而是通过硫化物原料的加速氧化使其可以进行化学浸析。

浸析是一种比较便宜而简单的技术，易于推广，因为它不需要复杂设备。通过现场、堆积、槽或搅拌浸析得到的浸析液，送入溶剂萃取设备提纯，然后通过电解还原为金属态（铜阴极）。

硫化矿可以用含铁溶液在细菌浸析技术帮助下便宜地进行浸析，氧化矿用更为普通的酸浸析处理，而新的溶剂萃取技术则提供可能性以便有效地净化这种溶液，以便进行最后的电解工序，产生高纯度（99.9%铜）阴极。溶剂萃取/电解技术在美国和加拿大等发达国家现在已非常普及。

在湿法冶金领域，降低成本的技术比在其它任何领域都更为普及。因为湿法冶金由于高能耗而成本很高。降低成本的一种方法是降低矿石转化为金属时的温度。在离析法中就是这样做的。

另一种方法是用喷氧强化生产过程，使反应加快，炉子能力提高，产品生产成本下降。

最成功的新熔炼方法无疑是Outokumpu闪速熔炼法，这种方法将焙烧、熔炼和部分转变合为一个单一的过程。在只用预热空气(至450℃)补充FeS放热氧化产生的热量时，测定的硫含铜量仅为45-50%，还需增加燃料油以完成反应。而采用富氧空气后，过程就变为完全自立的了，硫的含铜量增长至65-70%。由于硫的品位提高，所需的转化容量和能耗急剧下降——达40-50%。而且增加氧量后，降低了气体体积，使其CO<sub>2</sub>含量从通常的10-15%增加到30%。

闪速熔炼法在处理不同成分的精矿以及控制硫品位方面的灵活性，是基于如下事实：在悬浮(闪速)熔炼中，氧化程度很容易通过改变精矿与过程空气中氧量的比例而迅速调节。

在其它最新的铜熔炼技术中应提到埃尔特尼恩特铜公司、国际镍公司(Inco)、三菱公司和Horanda等方法。

### 3. 铅和锌

铅锌矿石的复杂性导致许多不同的生产流程，以从不同的矿石成分组合中合理地提取不同的金属成分。主要的矿石类型为铅锌铜矿、铅锌矿、铜锌矿和铅铜矿。这些复杂矿石中金属的总回收率，按其在成品精矿中可回收金属含量计，很少有超过80%的。如果硫化物和氧化物混合在一起，则回收率还要低。事实上，就大量浮选精矿而言，浮选回收率没有任何困难。金属损失主要开始于选择浮选。

因此，在复杂硫化铅锌矿处理方面，近几年出现了两种新的基本方法：一是从一开始即不先行分离各个精矿就直接进行大量精矿的湿法冶金处理，一是改进处理各个精矿的技术。

在第一种方法中，浮选分离避免了过多的金属损耗，一般回收率达 90.95%，而其它传统方法平均为 80%。在这方面最突出的是“帝国熔炼法”，已有 13 套工业装置是采用此法生产，总的金属回收率约 95%。但是，在某些情况下，帝国熔炼法并不十分适于解决所有问题，因此，为了同一目的，正在开发新的化学方法。

在精矿（例如铜）的直接熔炼方面，有两种新方法在开发之中：一种是采用熔池熔炼，如 Boliden Kaldor (TBRC) 法和 QSL 法。另一类直接熔炼炉是闪速熔炼，如 Outokumpu 和 Kivcet 开发的方法。

无论如何，显然这些新出现的技术仍有待于在全规模的工业装置中充分验证。

#### 4. 锡

在当前的锡市场条件下，经济上更为有效的方法对于这个工业部门特别重要。在这些方法中，发烟法和一种有效的锡粉浮选法值得特别注意。

70 年代里，由于冲积锡资源逐渐耗尽，矿脉锡的开采比例不断增大。自矿脉原料中以高回收率获得高品位精矿锡变得愈来愈困难。为了避免由于要提高精矿品位而损失更多的锡，形成一种采用发烟法的趋势，这种方法产生的精矿为中品位，含锡量为 40.50%，但回收率高达 90% 以上。而用矿石加工方法获得含 Sn60% 的精矿，回收率却在 50% 以下。

在有利的情况下，发烟法可以取代矿石加工法由矿石直接产生出精矿。但这确实需要从高品位矿石开始。发烟法通常需要锡含量 7% 以上的矿石。

为了更多地回收通过不断更细地研磨释出锡石而产生的细粒锡，特别是当锡石与硫化矿物紧密结合时，已广泛地采用浮选，不仅仅是从锡石精矿浮选分离出硫化物，而且也是从尾矿中浮选出锡石。虽然这种浮选精矿的生产可显著提高锡的回收率，达到 20% 以上，但产品品位很低，只含锡 20% 左右，而需新的处理方法。

#### 5. 镍

从硫化矿和红土矿中回收镍所采用的处理方法，由于矿石不同的物理特性而有很大的差异。镍、铁和铜作为单独的矿物混合在一起的硫化矿，可以用机械方法

进行初步选矿，为浮选和磁选。红土矿则不适于这些物理选矿方法，必须用化学方法提取镍。有两种主要的红土矿：含褐铁矿的和含蛇纹石的矿床。

高温冶金方法。将硫化矿石首先进行破碎和碾磨，将其缩小到必要的细度以便分离。泡沫浮选或磁力分离将硫化物与尾矿分离。然后大多数硫化矿再经过一系列高温冶金过程，包括焙烧、熔炼和转换。

氧化镍矿也可用高温冶金法加工，矿石首先与硫化材料如石膏一起熔炼，产生出铁镍镜，然后用处理硫化矿产生的镜一样的方法进行处理。

两种矿石都可用氨进行浸析。红土型、褐铁矿型矿石也可用硫酸浸析。由于有可能节约能源和金属回收率高，这种方法正引起愈来愈大的关注。蛇纹石型红土矿主要用于铁镍生产。在镍生产技术的可能发展之中，有从矿石中直接提炼金属的等离子熔炼以及用有机溶剂自溶液中分离镍等方法。



附件2

发展中国家中的研究和试制工作

表1. 拉丁美洲的研究和试制工作

国家	机构名称	资 金 百万美元 1985	活动内容	人员
阿根廷	INTI	0.5	提炼镍和钴	14
巴 西	CEPED	13.0	铜矿的选矿和生物浸析。 审查铜开采和选矿中的 环境条件。开发用于制 造硬币的铜合金。	160
巴 西	CETEM	2.0	铜、铅和锌矿石处理的示 示范工厂研究。锡矿细 粒加工。铜和镍矿浮选。 用脉动电流对铜进行电 精炼。	149
巴 西	CTP	0.5	铜和镍工业中的环境控 制	10
巴 西	圣保罗 IPT	0.04	自复合氧化矿提炼铜。	2,600
智 利	CIMM	2.0	铜矿选矿和冶炼。小型 矿的金加工方法。钼和 砷分离。自铜尾矿中回 收金红石。	300

国家	机构名称	资 金 百万美元 1985	活动内容	人员
智 利	INTEC	1.0	铜矿堆积浸析金和银。 重力选矿和尾矿回收 铜、金、钴、钨等等。	72
智 利	INACAP	8.5	铜工业中过程控制和 自动化的培训。	121
智 利	Sociedad Minera Pizarro Lida	不详	铅矿开采和选矿。各 种铝和铅技术。铅合 金。	6
智 利	塔拉帕卡大学	0.05	金属制品无损检验。 标准化和质量控制。	52
哥伦比亚	CIDI	0.12	在钢铁厂中回收锌	15
哥斯达黎加	技术研究所	0.04	铝矿提炼。铝合金回 收和精炼。	8
厄瓜多尔	沿海科技研究 所	0.06	铝合金。废金属回收 和提炼。纯镍电成形。 锌和铜合金。	7
牙买加	牙买加铝矾土 研究所	不详	改善牙买加勃姆石和 针铁矿铝矾土的加工 性能。	26
墨西哥	国家工艺研究 所冶金工程实 验室	0.23	有色金属精矿浸析。 高温下产生的亚结构。 扁材轧制顺序最佳化。	50

国家	机构名称	资 金 百万美元 1985	活动内容	人员
秘 鲁	INGENMET	1.708	矿床(铜、铅、锌、 银);(锡、钨、金) 开采和评价。地下 开采问题。选矿。 多金属矿浮选。铜 矿细菌浸析。	75
特立尼达 和多巴哥	加勒比工业 研究所	6.0	实验铸造样机试制。	60

资料来源：工发组织工业促进部工技资料库研究和试制机构名册，1987 简称表  
研究机构

CEPED	研究试制中心
CETEM	矿业技术中心
CTP	技术促进中心
IPT	圣保罗州技术研究所
INTI	矿业研究中心
CIMM	矿业和冶金研究中心
INTEC	Corfo 技术研究委员会
INACAP	全国职业训练所
CIDI	综合发展研究中心
INGEWMET	地质矿产和冶金研究所
CMRDI	中央冶金研究所

表2. 非洲的研究和开发工作

国家	机构名称	资 金 百万美元 1985	活动内容	人员
埃及	西乌特 大学 矿业和冶金系	0.15	铝-钛、铝-硅合金 生产。 霞石-兰晶石选矿。 铝工业中材料回收利用。	28
埃及	CMRDI	0.7	膨润土活化。冰晶石 再生。合金和表面保 护研究。铜精炼。铅 回收利用。	72
埃及	TABBIN 冶金 研究所	1.0	高质量铝铸件生产。 铝合金铸件耐腐蚀。 阳极氧化。黄铜热处 理。	50
肯尼亚	肯尼亚工业 研究所	0.98	罐装水果和蔬菜产品 中金属污染的分析	45
摩洛哥	地质局	2.45	有色金属矿藏开发。 与铜和铅伴生的贵金 属研究。	300

资料来源：研究开发和试制名册。联合国工发组织工业促进部。工技资料库。  
1987。

表3. 亚洲的研究试制工作

国家	机构名称	资 金 百万美元 1985	活动内容	人员
中国	有色金属 研究总院	不详	选矿、加工及质量和 环境控制, 备选技术, 铝和铜产品制造。回 收利用。	1,200
中国	中国科学院 金属研究所	3.5	铝和镍基合金、铜管 和铜线开发。铝和镍 生产中的质量控制。	1,200
中国	沈阳铝镁 研究所	不详	水铝石铝矾土开采和选 矿。露天开采。铝工业 工程, 包括主要和辅助 加工设施。	900
印度	浦那工程学院 冶金系	1.8	镍-钛形状记忆合金。 铝合金液锻。铝/铝及 铝/铜辊压粘合。	12
印度	印度科学 研究所	0.9	镍、铬、钍氧 <sub>2</sub> 机械合金; 含锰和锂的铝合金。铝、 铜、锌铸件。贫硫化矿 细菌浸析。	350
印度	印度铅 PVT 有限公司	0.0126	精炼工艺改进。脱银。 铅-钴、钙-铅合金。	15

国家	机构名称	资 金 百万美元 1985	活动内容	人员
印尼	矿业技术	2.0	纯矿和硫化复合矿的选矿。方铅矿浮选。硫酸铝生产。初级锡矿范围稳定性研究。	106
大韩民国	韩国能源和资源研究所	0.14	国内有色金属矿藏勘探和开采。	10
大韩民国	韩国机械和金属研究所	19.0	燃气轮机用镍基超合金铸件研究	620
马来西亚	地质调查部	5.39	矿产开发和评价。	127
巴基斯坦	金属工业开发中心	不详	有色金属合金开发。熔炼和铸造工艺。型砂。	7
巴基斯坦	巴基斯坦科学和工业研究理事会矿业和冶金部	不详	进口矿物和以矿物为基础的产品的代用。含锑铅矿的选矿。	34
菲律宾	金属工业研究开发中心	1.2	铝、铜铸造。电镀。	128
泰国	金属加工和机械工业研究所	不详	钻石颜色，离心铸造。	7

国家	机构名称	资 金 百万美元 1985	活动内容	人员
泰国	矿产资源 区域中心	0.027	铅、锌、锡、镍矿开 采和选矿。	9

资料来源：研究试制机构名册，工发组织，工业促进部工技资料库，1987。