

发挥铟资源优势发展铟的高新产业

梁杏初¹,姚吉升²

(1. 柳州华锡集团公司,广西 柳州 545005;2. 长沙矿冶研究院,湖南 长沙 410083)

摘 要:介绍了国内外铟的生产应用动态,发挥我国铟资源优势,根据市场的需求,有计划地开发铟的高新技术产品,优化铟的产业结构,不至于浪费资源,并提高市场竞争能力。

关键词:铟;ITO;纳米粉体;资源;产品

1 国内外铟的生产和应用概况

铟是一种光亮的银白色金属,它和银一样,在地壳中的丰度大约 0.1×10^{-6} ,但铟不存在可供开采的铟矿,主要伴生在锌矿、铅矿、铜矿和锡矿中。因此,金属铟是作为上述主导金属的副产品而生产的,其生产集中在上述矿物提取冶炼过程中和主导金属的精炼过程中。

主要的铟资源国家有中国、加拿大、南美和独联体,要想确定有价值可回收铟的精确贮藏量是非常困难的,据有关资料推算,世界铟总贮量可能超过 10000 t。广西大厂矿田已探明铟的储量居世界第一。

1.1 铟的生产

2000 年世界原生铟的产量估计为 300t,比 1999 年增长 30%。世界上铟生产主要厂家在当前价格低的情况下都在压产,只有中国近几年来,由于利益的驱动和政府管理职能的弱化,民采肆虐大厂矿田,造成铟资源过量开采,并改造和新建许多铟厂,不断地转化为可销售产品抛向日本和美国市场。目前中国已成为世界上名符其实的铟生产和出口大国,仅广西自治区内就有大小厂 6 家,导致世界铟的实际和潜在供应能力不断增长,引发市场上低质量铟供过于求。

法国的欧洲金属公司以往是世界上生产原生铟最大的厂家,生产能力 70~80 t/a,是出口日本的最大供应者,近几年一再压产,实际年产量约为 43 t,现在出口让位中国退居第二。

另一个原生铟生产大国是加拿大,鹰桥公司和科明科公司是规模较大的厂,合计生产能力 70 t/a,一直根据需求与价格原则组织生产,在目前铟价大跌的形势下,已采取措施把含铟铅烟尘存放起来,减少铟对市场的冲击。近几年加拿大实际年产量保持在 35 t 的低水平,主要出口美国和日本。

日本是世界上铟消耗量最大的国家,也是精铟生产量较大的国家之一。国内铟生产量稳步上升,实际年产量达 50 t。日本能源是日本最大的铟生产商,原生铟产能 42 t/a,主营各种铟深

加工产品,包括高纯铟(7N)、ITO靶材、化合物半导体材料(InP)等.近几年日本废靶回收技术取得很大进步,2000年有170 t再生铟循环使用,占日本ITO靶材生产耗铟量的60%以上,大大缓解了对原生铟的需求.

2001年美国没有从矿渣中提炼原生铟,主要进口粗铟和以废旧铟为原料进行提纯处理.2000年进口70 t,其中从加拿大和中国进口的量占78%.美国铟公司和科尼姆特种金属公司是世界上生产铟深加工产品的主要厂家,主要产品有高纯铟(7N)、ITO靶材、铟基焊料和合金、无机化工产品以及半导体用的高纯材料.

1.2 铟的应用

据统计2000年全世界原生铟的消耗量约为270 t,其中日本162 t,美国55 t,欧洲30 t,其它5 t.日本耗铟量达到历年之最,欧美市场趋于平缓.近几年日本原生铟消耗量见表1.

表 1 日本原生铟的应用领域及用量
Table 1 Applied fields and consumption of primary indium in Japan

	单位:t				
	1997	1998	1999	2000	2001 预测
ITO	93	75	105	130	137
荧光体	8	8	8	8	8
化合物半导体	6	6	6	6	10
电池	4	4	4	4	4
焊料与易熔合金	9	11	10	10	10
其它	4	2	3	4	4
合计	124	106	136	162	173

2000年日本的铟需求335 t(含再生铟),突破300 t,比1999年(272 t)增长了23%,主要用作ITO靶材,采用直流磁溅射法生产ITO薄膜材料,作为液晶平面显示器的透明电极.用于ITO靶材制备所消耗的铟为300 t(含再生铟),比1999年(238 t)增长了26%.近年来,随着显示器件的技术进步,LCD的发展方向从STN转向TFT,TFT-LCD等高附加值产品已成为显示器的主流产品,而TFT生产所消耗的ITO膜仅为原来的1/3~1/4.虽然1998年对铟的需求量有所下降,但1999年以来液晶显示器市场向手提电脑、移动电话、台式显示器方向发展,LCD需求增大,厂商纷纷扩大投资,因此,ITO的消耗量明显增加.2000年铟的进口量超过131 t,创历史新高(1997年101 t).日本在高档显示器领域一直处于霸主地位,占世界市场的75%以上.而在荧光体、半导体化合物、代汞碱锰电池和焊料、易熔合金等领域的需求与前几年相比没有大的变化,并保持原有的需求量.

美国是世界上第二大铟消耗国家,2000年消耗原生铟55 t,按平均价计,该年度铟消耗量价值超过1千万美元.铟的应用领域与前几年相似,保持平衡,ITO耗铟27 t,焊料和合金18 t,电子元件和半导体化合物8 t,其它2 t.

日、美、韩在液晶显示领域竞争激烈.美、韩正奋起直追,抢占市场,目前形成三足鼎立之势.

1.3 铟的价格

铟的价格从1979年以来经历了三起三落的戏剧性变化.业内人士曾予评说,金属铟的价

格维持在 250~300 美元/kg 的价位对生产者和消费者来说都能接受.但从 1995 年开始铟的国际市场平均价格(产品纯度为 99.97%)据《伦敦金属公报》杂志报道是 440~472 美元/kg,以后逐年下降,1999 年铟的国际市场平均价格是 149~164 美元/kg,2001 年下跌到历史低谷的 80 美元/kg,这个价格约为 3 年前铟价的 1/3,5 年前的 1/4,7 年前的 1/7.价格下跌是世界铟市场供求关系的反映.为什么液晶显示器件产量增大,铟的需求强劲,铟的价格反而大跌呢?为什么中国出口铟价(80 美元/kg)比俄罗斯等国出口铟价(110~120 美元/kg)还低呢?其主要原因是我国铟生产规模膨胀,多头竞价,大量出口结出的苦果,其次才是日本再生技术进步,从废料中回收大量再生铟,平衡了市场供应.据业内人士称,尽管液晶显示器产量增长强劲,但来自中国市场充足的低价铟迫使世界铟价下跌.预计 21 世纪头 10 年铟的需求量可以得到充分的满足,价格在低迷中等待,如果中国无序供铟的状况不改变,铟价是不可能恢复到应有价格的.

2 铟产业结构的调整和发展目标

2.1 调整铟产业结构的近期目标

最近几年,华锡集团公司依靠科技,调整产品结构,发展高新技术产品,提高产品的竞争力,作为公司发展的规划.依靠自身资源优势,开发铟高新技术产品作为切入点,华锡集团与长沙矿冶研究院等院所合作完成了“高铟锌精矿提铟新工艺工业试验研究”,该生产线已经投产,运行良好,大大提高了铟的回收能力.与此同时还完成了“ITO 工业靶材的研究”,铟靶材的生产线已相继建成投产.金海牌靶材在导电玻璃和柔性基材 ITO 膜、多层贴膜以及热反射膜等不同用途的厂家长期应用,反映良好,改变了我国长期以粗铟锭出口,又以高昂价格进口 ITO 靶材的被动局面.金海牌靶材投放市场已迫使国外靶材降价.华锡集团的生产已形成以高铟锌精矿为原料→金属铟→ITO 粉→ITO 靶→废靶回收一套完整的产业链,对改变传统产业结构,向高新技术产业转化具有奠基性的意义.

2.2 铟产品中、长期的发展目标

借鉴国外铟生产和深加工产品的开发经验,依靠自身资源优势,锁定铟产品开发目标:

1. 科学有序地开发大厂矿田,在近期内把铟工程第二期扩产项目搞上去,并从源头上阻止铟资源的外流,控制和调节国内铟的产量,为发展铟的高新技术产品提供充足的原材料.
2. 形成以铟为中心的高性能铟靶材→透明导电膜材→电致发光显示器件系列新材料和器件产业链.

以透明导电氧化物材料产业化为切入点,在完善我国第一代 ITO 靶材生产线的基础上,研发高性能靶材,形成系列产品,逐步向高档显示器用的其它配套材料延伸,把产业做强、做大.建立真空镀膜技术模拟中心,培养造就真空技术和光电子器件技术的高级人才,并与国外合作,继液晶显示器之后,开发高彩色纯度、广视角、高对比度、厚度更薄的新一代电致发光显示器,使华锡集团成为铟产品多元化、竞争力强的高新技术企业.

3 发展铟的高新产业及产品多元化

今后十年,华锡集团铟生产及其高新技术产品开发要在已取得的成果的基础上,因势利导,实现铟产品的多元化、系列化和国际化.

3.1 高性能钼靶材

钼主要用于制造钼锡氧化物(ITO)靶材,采用磁控溅射法生产ITO膜作为平面液晶显示器的电极材料。“九五”期间完成了工业靶的试制,建成了我国第一代ITO靶材生产线,产品能满足国内低档扭曲向列型液晶显示器(STN-LCD)的要求。在信息社会高速发展的今天,ITO导电玻璃和ITO靶材等基本材料都有了一定的发展,显示器已进入薄膜晶体管向列型液晶显示器(TFT-LCD)、彩色等离子体显示器(PDP)、电致发光显示器(EL)等高档产品的阶段,成为显示器的主流产品。ITO正朝着低阻化、精细加工化和成膜大面积方向发展,对ITO靶材提出了更加严格的要求。我国必须奋起直追,缩短与发达国家的差距。最近吉林彩色数码高科显示器公司、春兰电器公司、京东方、华东科技、南京高科、深圳南玻和耀华玻璃等兴建高档显示器件产业,但是与其配套的镀膜材料全部靠进口,国产化率较低,在高档LCD的市场中缺乏竞争力。因此,继续做好我国高档LCD产品相关的配套,形成靶材产品系列,开展大尺寸、超高密度、多组元等高性能靶材和新的膜系的研究,对逐步建立起我国自主液晶显示产业体系有着十分重要的意义。这也完全符合《国家高新技术产品目录》中明确提出要发展ITO大型靶材和新型液晶显示器的产品政策,是当前国家重点鼓励发展的产业化项目。

3.2 纳米级ITO粉

合成纳米级ITO粉,不仅可以改善靶材烧结性能,为高性能靶材提供原材料,而且可以制成电子浆料,喷涂在阴极射线管屏上,充当一个有效的电磁干扰隔离屏。ITO纳米粉还可以制成隐身材料。随着现代侦察技术的发展,侦察制导波段的多元化,对隐身材料的要求也越来越高,为了同时对抗雷达和热成像等技术的侦察,要求隐身涂料在可见光波有“迷彩”作用,在热红外波段具有低辐射率,在微波毫米波段具有强吸收特性。研究表明,掺杂锡的 In_2O_3 在某种程度上可以满足上述要求,可实现可见光、红外线及微波等波段隐身的一体化,已引起人们的关注。

3.3 高纯钼

高纯钼作为Ⅲ-V族半导体化合物材料、荧光体材料和高档ITO靶材的原料已广泛用于电子信息产业,但目前我国还没有可靠的高纯钼生产技术。将钼加工成高纯钼后价格倍增,经济效益明显。在目前钼市场供大于求,价格大落的情况下,把钼加工成高纯钼,提升产品档次,为钼进入国际市场另辟蹊径是十分必要的。

3.4 含钼钎料及钼基焊料

钼的低熔点合金和焊料系列,因其熔点低、抗疲劳性和延展性优良、导电性高、焊点强度高、可靠性好,尤其是对陶瓷、玻璃等非金属具有良好的润湿性,已成为微电子组装的主要特种焊料之一。铅锡焊料由于性能优异,表面组装生产线上用作焊料的用量十分可观,但铅锡料易溶于含氧的水中,污染水资源,破坏生态环境,对人体危害很大,因此,研究开发绿色无铅的焊料用以替代传统的铅锡焊料是社会效益、环保的需要。钼作为无铅焊料的增强剂,实用性最大,可以根据市场需求,组织研究开发。

3.5 以钼代汞碱性电池

长期以来,以锌为负极的电池生产,是用汞来提高氢气析出过电位,减少锌负极的腐蚀。但是汞是一种剧毒物质,它的使用不仅会损害电池生产人员的健康,还会造成严重的环境污染。随着人们对化学电源的需求日益增加,对这些传统的化学电源给人类带来的污染越来越受到人们的关注。1997年国家8部委局联合发布《关于限制电池产品汞含量的规定》,指出从2001年1月1日起,禁止在国内生产各类汞含量大于电池质量0.025%的电池,并从2002年1月1

日起,禁止在国内销售.我国是电池生产大国,锌锰干电池年产 60 多亿只,碱锰电池 22 亿多只.由于铟具有优异的物理化学性质,在电池中实现以铟代汞提高电池的防腐能力,作为一种无污染的绿色电池,具有极大的市场容量和广阔的产业化前景.因此,研究开发无汞锌粉具有明显的社会效益和经济效益.

3.6 半导体化合物

半导体化合物是指氧化物以外的由两种或两种以上的元素构成的半导体,包括合金,重要的有 III - V 族的半导体.其中 InP, InAs, InSb 及三元 GaInAs 和四元 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{PrAs}_y$ 等含铟半导体化合物具有一系列显著的其他半导体所没有的特性,如很窄的禁带宽度、很低的电阻率(是 Si 的 1/10, GaAs 的 1/100),很高的电子迁移率(InAs 是 Si 的 40 倍),很低的霍尔系数(是 N-Si 的 1/3~1/20),这使它们在某些方面的应用,其它半导体材料无可代替.它们的基础研究和开发,将是新世纪材料信息工程技术的内容之一.含铟半导体器件结构复杂,制备工艺要求高,如精密半导体超薄膜技术中纳米级人工立体结构技术,以及 InP, InSb 作原材料的高温超高纯粉状材料、单晶和多晶材的制备等.因此,InP 与含铟半导体的粉体材料的制备是相当重要的.国内半导体信息产业的发展,对 InP 和 III - V 族化合物半导体粉体已提出相当高的要求.但我国这类半导体粉商品基本上还没有大规模工业化生产,现有制备 InP 单晶或切片的商品,是有毒的,污染环境,不适合大规模发展,也不符合可持续发展战略.因此,在我国开发新的、无毒的、可工业化生产的 III - V 族半导体制备技术是十分紧迫的.

4 结 语

铟及其化合物在现代高科技产业中越来越显示出它的重要性.我国是铟资源大国,但无序的开发,造成资源流失,产品档次低,没有获得资源的最大价值,也就是没有发挥资源的优势作用.华锡集团调整产业结构开发高新技术产品,实现铟产品的多元化、系列化,这是明智之举.从传统资源型选冶企业转化为现代化的高科技企业,到 2010 年,华锡集团铟产品战略目标将取得突破性进展.

Development of a new high-technology industry of indium with the advantage of indium resource

LIANG Xing-chu¹, YAO Ji-sheng²

(1. Hua Tin Group Company of Liuzhou, Guangxi 545005, China ;
2. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy, Changsha 410083, China)

Abstract : Indium trends of production and application at home and abroad had been introduced. With the advantage of indium resources in China and according to the requirements of market, the new high-tech products of indium should be developed in a planned way and then the industrial structure of indium can be optimized. Hence competitive forces of the market will be strengthen without the waste of resource.

Key words : indium ; ITO ; nano-powder ; resource ; product