

综 述

钒新技术及钒产业发展前景分析

孙朝晖

(攀钢集团研究院有限公司,钒钛资源综合利用国家重点实验室,四川攀枝花 617000)

摘要: 简要分析了国内外钒资源的情况与利用状况以及当前该领域已经取得的主要成绩。认为中国有比较丰富的钒资源,国家鼓励钒产业的发展,钒产品有比较稳定的市场需求,应该做好、做强钒产业。指出利用钒钛磁铁矿为原料提取氧化钒的清洁生产工艺可实现提钒废水和提钒尾渣闭路循环使用,解决了潜在的高氨氮—高钠盐提钒废水的污染问题,该项目的开发成功对全球钒产业将是一次革命性的技术创新,清洁、高效钒生产新技术是今后的发展方向。

关键词: 钒资源;钒钛磁铁矿;清洁;高效;提钒尾渣;提钒废水

中图分类号:TF841.3 文献标识码:A 文章编号:1004-7638(2012)01-0001-07

Analysis on New Vanadium Technologies and Prospects of Vanadium Industry

Sun Zhaohui

(1. Pangang Group Research Institute Co., Ltd, State Key Laboratory for Comprehensive Utilization of Vanadium and Titanium Resources, Panzhihua 617000, Sichuan, China)

Abstract: Vanadium resources in domestic and international markets and their current utilization as well as major achievements in this field are analyzed in the present work. It is suggested that efforts should be made in China for a better and stronger vanadium industry based on rich vanadium resources, encouragement from Chinese government and relatively stable market demand for vanadium products. In the paper, it is pointed out that waste water and tailings from vanadium extraction can be recycled in the cleaner production process of vanadium oxide using vanadium-bearing titaniferous magnetite as raw material, which can solve the potential pollution problems caused by waste water with high ammonia nitrogen and sodium salt from the extraction. Cleaner and high efficient vanadium oxide production technology will be a prevailing technology in the future and the success of this project is a revolutionary technical innovation for the global vanadium industry.

Key words: vanadium resources; vanadium-bearing titaniferous magnetite; clean; efficient; tailings from vanadium extraction; waste water from vanadium extraction

1 国内外钒资源分析

1.1 世界钒资源的特点

钒在地壳中的总含量排在金属的第22位,比

铜、铅的含量多,估计为0.02%~0.03%。含量虽然不少,但是很分散,至今没有发现单独的钒矿。钒主要和一些金属矿共生,已找到含钒矿物有65种,最典型的是钒钛磁铁矿。钒主要蕴藏在南非、俄罗

斯、中国、澳大利亚西部和新西兰的钒钛磁铁矿中；委内瑞拉、加拿大阿尔伯托、中东和澳大利亚昆仕兰的油类矿藏中，以及美国的钒矿石和黏土矿中。

钒主要蕴藏在钒钛磁铁矿中， V_2O_5 含量可达1.8%，广泛开采并得到提取；其次钒在油类矿藏中也有丰富的储量。到目前为止，还没有对美国的钒矿石和黏土矿、北欧的钒钛磁铁矿以及巴西和智利矿藏中的钒进行大规模的提取。

钒主要存在于俄罗斯、南非和中国的钒钛磁铁矿中。钒的全球总蕴藏量为6 300万t，其中仅有1 020万t属于可开采储量，而3 110万t为可在将来开采的保有储量。不过按目前钒的使用速度计算，可开采储量能维持200年以上。表1列出了世界钒的可开采储量和保有储量，可开采储量是指利用现有的技术可以经济地提取的部分，而保有储量则指可以利用未开发的技术在将来进行提取的部分。

表1 世界钒的可开采储量和保有储量分布
Table 1 Global distribution of vanadium in recoverable reserves and available reserves

	占可开采储量1 020万t 中的比例/%	占保有储量3 109.4万t 中的比例/%
俄罗斯	48.9	22.5
南非	29.4	40.2
中国	19.6	9.6
澳大利亚	1.6	7.7
美国		12.9
其他	0.5	7.1

全球已探明的钒钛磁铁矿储量约157亿t，其中我国有68.4亿t。如将表外矿（即超低品位矿）计算在内，则我国可达100亿t以上，我国钒钛磁铁矿主要分布在四川攀西（攀枝花—西昌）、河北承德和安徽马鞍山等地区。攀西钒钛磁铁矿储量96.6亿t（含超低品位矿），占全国的90%以上，其中钒资源占全球的9.6%和全国的58.8%，居世界第三位。

钒钛磁铁矿资源的特点是：以类质同像赋存于钛铁矿—磁铁矿系列中，并且过于分散，无法通过物理选别的办法来获得钒的独立相，因而只能依附钢铁流程，使钒进入铁水，再采用吹钒工艺生产出钒渣。然后进一步提取钒的氧化物，从而获得各种钒制品，当前全世界超过75%的钒产品来源于该类矿。

1.2 我国独特的含钒石煤矿

石煤是一种存在于震旦系、寒武系、志留系等古老地层中的劣质腐泥无烟煤，系菌藻类低等生物死

亡后，在浅海还原条件下形成。我国湘、鄂、豫、渝、陕、赣、黔等地富含钒石煤，全国探明含钒石煤储量618.8亿t，其 V_2O_5 品位多在0.1%~0.5%，总 V_2O_5 量达1.18亿t，占我国 V_2O_5 总储量的87%，是我国钒钛磁铁矿中 V_2O_5 储量的6.7倍，超过世界其他国家和地区钒的总储量，其中在现阶段具有工业开采价值（ V_2O_5 含量0.8%以上）的石煤达800万t。

在2005年以前，国内石煤提钒总的生产规模一直不大，产量也不高，约占全国钒产量的5%左右，且多为粉状的化工产品。但是自2003年以来，由于钒制品价格回升，长期坚挺，以湖南、湖北、陕西、甘肃等为代表的省份用石煤提钒的产业发展非常快，2008年的总产量当量约为17 400 t V_2O_5 。

最近贵州101地质队在镇远县发现一个钒矿石量近8 000万t、五氧化二钒量60多万t的3层独立钒矿床，并伴生具有综合利用价值的铀、铂、钼等稀有金属，通过选矿技术可以使金属钒的富集达到10%以上。该独立钒矿的发现，改变了以往大多数人认为钒以伴生状态存在，并只有单层的认识，对进一步正确评价和寻找该类型钒矿有着重要的意义，也可能进一步改变中国钒产业的竞争格局。

2 我国钒产业的现状

攻克了普通高炉冶炼高钛型钒钛磁铁矿的世界性难题。打破了外国专家认为是“禁区”。特别为攀西钒钛磁铁矿的大规模综合利用提供了最基本、最重要的技术支撑。

成功开发出独特的雾化提钒和转炉提钒工艺技术。1979年攀钢雾化提钒工艺成功实现产业化，钒渣产量大幅度提高，使中国由钒进口国一跃成为钒出口国。1995年，攀钢通过进一步的技术创新，转炉提钒实现产业化，并创造了回收率、生产能力、提钒转炉炉龄的世界最好水平，钒渣的年生产能力由雾化提钒时期的7.5万t跃升到2010年转炉提钒的29万t，新西兰、俄罗斯等国家的钒企业都期望从攀钢引进该技术。承钢近几年的发展势头强劲，在限产的情况下，2010年的钒渣产量已经超过了14万t。

采用国内独有的多膛炉氧化钠化焙烧提钒技术。攀钢建成了设计能力2 000 t/a的五氧化二钒生产线，为钒产品的深加工创造了一个良好的开端，为中国钒产业的发展壮大奠定了坚实的基础，从而

书写了中国钒业新篇章。

自主创新开发了煤气还原生产三氧化二钒及用 V_2O_3 冶炼钒铁的独有技术。攀钢依靠自主开发工艺和引进德国设备相结合,使三氧化二钒生产能力达到 13 000 t/a 以上、钒铁生产能力达到 14 000 t/a 以上,从而使攀钢成了全球三氧化二钒最大生产能力的企业。

依靠自主创新开发出具有世界领先水平的钒氮合金生产技术。攀钢钒制品厂的设计能力为 2 000 t/a。该技术在催化剂开发、原料制备、常压连续工艺、专用装备研制等方面开发了具有自主知识产权的 4 项技术诀窍、7 项授权专利、9 项国家标准等成套技术,突破了非真空制备钒氮合金的关键工艺,制造成本大幅降低,打破美国全球垄断的格局。承钢调试成功 1 000 t/a 竖炉生产技术,可望有更高的生产效率。

高效、快速的流态化法制取三氧化二钒技术。流态化法制取 V_2O_3 技术的研究成功,将解决回转窑装备生产中所存在的占地面积大、设备投资大、使用寿命短、煤气消耗大、生产效率低、设备大型化困难、产品质量不稳定等问题,可以进一步降低 V_2O_3 的生产成本,提高市场竞争力。

填补世界空白的氧化钒清洁生产工艺技术。攀钢 500 t/a V_2O_5 的产业化示范工程于 2009 年 6 月底建成,2010 年完成试生产运行,提钒废水实现钒厂内部低成本循环,提钒废渣实现钢铁联合企业内部循环,生产成本可望比传统工艺降低。该项目的开发成功对全球钒产业是一次革命性的重大技术创新,无疑将进一步巩固和提高攀钢在世界钒产业的地位。

到目前为止,攀钢能够实现产业化生产钒渣、片状 V_2O_5 、 V_2O_3 、高纯 V_2O_5 、钒铁、钒氮合金、钒铝合金等钒产品,其折合 V_2O_5 当量产量约 23 000 t,成为攀钢的支柱产品。

在科技方面攀钢钒产业取得的主要业绩有:《普通高炉冶炼高钛型钒钛磁铁矿技术》1978 年在国家科技大会上获重大科技成果奖,1998 年获中国冶金科学技术奖特等奖,1999 年获国家科技进步一等奖;《攀钢雾化提钒技术》获 1978 年全国科学技术大会全国科技成果奖;《雾化提钒工艺参数的系统优化技术》获 1987 年度国家科技进步一等奖;《转炉提钒工艺的研究和优化技术》获 2000 年度四川省科技进步一等奖;《用多钒酸铵制取三氧化二

钒的技术——产业化研究》获 2001 中国钢铁工业协会、中国金属学会科学技术一等奖和四川省科技进步一等奖;《用 V_2O_3 冶炼高钒铁的技术研究》获 2001 年度四川省科技进步二等奖;《电铝热法冶炼高钒铁试验研究》获 2003 年度四川省科技进步三等奖;《钒氮合金产品研发及产业化技术研究》获 2004 年中国钢铁工业协会、中国金属学会科学技术特等奖和四川省科技进步一等奖,2005 年国家发明二等奖。

3 钒产品市场现状

从供应的角度看:全球钒的生产量从 1998 年的 6.7 万 t 上升到 2008 年的 11.3 万 t,2009 年由于受经济危机的影响,钒价格出现大幅度下跌,国际钒供应商削减钒产量,全球钒资源总供应量比 2008 年减少约 1.35 万 t。其中,中国约减少 0.5 万 t,主要是进口油渣、钒渣和石煤生产量的减少;国际其他供应商产量减少约 0.8 万 t,主要是南非、欧洲、美国等生产量减少,俄罗斯还略有增加。全年供应量约为 9.25 万 t,出现近几年来谷底。2010 年全球的钒产品产量又回到了 11.4 万 t 的水平。

从消费的角度看,全球钒消费呈现振荡攀升的格局,全球钒产品消费量从 1998 年的 7 万 t 增加到 2007 年的 11 万 t。2009 年受经济衰退和粗钢产量下降的影响,全球钒产品需求减少约 1.45 万 t,全年需求量只有 9.05 万 t,降幅达 14%。主要消费地区如欧美、日韩等均有较大幅度下降。从 2009 年的情况看,主要钒消费区域分布在中国,占全球消费量的 36%,欧洲占 17%,美洲占 13%,日本占 6%,韩国占 3%。

从供求平衡的角度看,近 10 年来钒产品供求大体平衡,1999 年到 2003 年供大于求,供求相差 1 ~ 1.3 万 t;2004 年、2005 年供不应求,供求相差约 0.5 万 t;2006 到 2008 年供略过于求,并在 2007 年、2008 年期间供求量达到顶峰;2009 年供应量和需求量几乎同步萎缩了 13% 左右。供应量最大的年份往往也是需求量最多的年份,说明国际钒产品是“按需生产”的。国际钒产品供求关系见图 1。

由于世界钒消费重心转移到了中国,近年来国内钒产业呈现供需两旺、供需同步增长的局面,中国 2005 年开始就成为世界第一产钒大国和第一钒消费大国。中国钒产品(折 98% 五氧化二钒)供求情况见图 2。

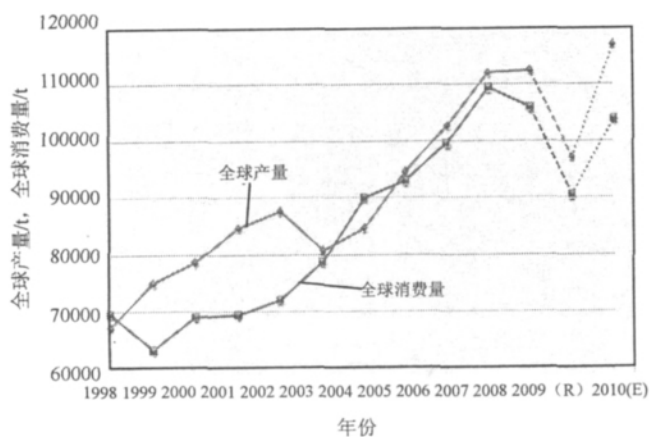


图1 国际钒产品供求情况
Fig. 1 Supply and demand of vanadium products in the international market

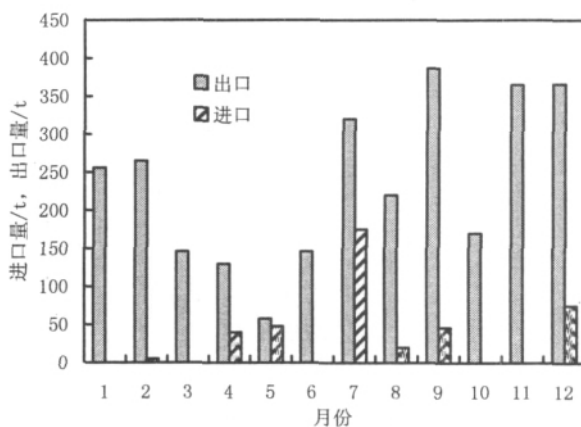


图3 2009 年中国钒铁进出口数量
Fig. 3 2009 imports and exports of ferrovanadium in China

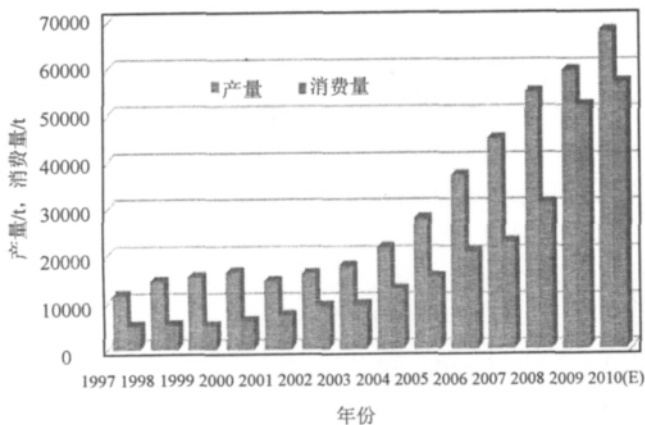


图2 中国钒产品(折98%五氧化二钒)产量与消费(表观)数量(t/a)趋势
Fig. 2 Tendency chart of production(as 98% vanadium pentoxide) and apparent consumption of vanadium products(t/a) in China

从图2可以看出,中国钒产业的生产量和消费量基本上呈现同步增长的状况,并且供大于求。这是因为国内钒生产企业都在开足马力生产,钒产量连创新高,2009年国内产量已经达到全球产量的三分之二。从发展趋势看,在未来10年内,中国钒的供应和需求将继续保持同步增长。

虽然国内钒产品需求旺盛,却也抵挡不了国际国内钒市场价格倒挂而引起的大量国际钒产品进入中国和国内钒产品出口下降的结果发生。从2009年的情况看,钒金属(折合纯钒,下同)出口总量同比下降73%,钒金属进口总量超过840 t。2009年中国钒铁进出口量见图3。

从图3可以看出,2009年3~6月,我国钒铁出口很少,从7月开始,钒铁出口有所回升,但也远没有达到2008年以前的水平;从进口方面来说,中国虽然是最大的钒生产国,却还在进口钒,原因是国内钒价高于国际市场价。从长期趋势来看,世界钒消费重心转移到了中国,钒进口状态仍将存在。

国内钒制品主要集中在攀钢与承钢两家企业。两家公司无论在资源还是技术方面都有垄断优势。攀钢与承钢两公司具有独特的钒资源优势 and 较强的生产研发能力,在国内钒产业领域处于领先地位,并具有重要的国际影响力。为了在全球钒产业领域获得更大的话语权,2007年7月攀钢和承德钒钛共同出资在北京组建攀承钒业贸易有限公司,以贸易联盟的形式实现对国内钒资源的初步掌控,更深层次的意图在于抵抗国际市场可能存在的钒价波动风险,通过销售渠道的整合,2010年攀承联盟拥有世界约30%、国内约61%的实际产量。

4 钒资源利用现状

4.1 钒工艺技术发展趋势

南非、俄罗斯和中国的提钒技术基本代表了钒钛磁铁矿生产钒产品的水平和发展趋势。归纳起来,从钒钛磁铁矿提钒主要有三种工艺:一是钒钛磁铁矿直接钠化焙烧—水浸—铵盐沉钒工艺;二是钒钛磁铁矿还原—铁水吹炼钒渣—钒渣钠化焙烧—水浸—铵盐沉钒工艺;三是钒钛磁铁矿还原—铁水吹炼钒渣—钒渣钙化焙烧—水浸—水解沉钒工艺。近年来,世界各国的矿产开发逐步向着规模化、高效化和清洁化方向发展,因此研究钒资源的高效、清洁利

用技术对攀钢的可持续发展意义重大。由于高炉炼铁、铁水吹钒和钒渣提钒分属三个不同领域,工艺差别较大,以下分别从高炉炼铁和直接还原炼铁、铁水吹钒和钒渣提钒三个方面介绍国内外钒资源高效清洁利用技术发展状况。

1) 高炉炼铁和直接还原炼铁。迄今,世界上只有俄罗斯、攀钢及承德完全掌握了高炉大规模冶炼钒钛磁铁矿的技术,其中,攀钢为高钛型矿冶炼,承德为中钛型矿冶炼,俄罗斯为低钛型矿冶炼,冶炼难度攀钢最大。

2) 含钒铁水吹钒。世界上进行含钒铁水吹炼钒渣的国家和企业主要有:南非海威尔德钢钒公司,俄罗斯下塔吉尔钢铁公司、丘索夫冶金工厂,新西兰钢铁公司,中国攀钢和承钢。主要吹钒工艺有摇包提钒(又叫震动罐提钒)、转炉提钒、铁水包提钒和雾化炉提钒。摇包提钒是南非海威尔德特有的工艺,铁水包提钒只有新西兰采用过(据说也改为转炉提钒)。俄罗斯下塔吉尔、丘索夫、中国攀钢和承钢等采用转炉提钒工艺,雾化提钒是中国攀钢自主开发的技术,由于生产能力等原因已不使用。

3) 含钒原料提钒技术。从含钒原料中以湿法冶金工艺提取钒氧化物,然后进一步加工成钒铁、氯化钒、钒铝合金等产品。世界上用于提钒的原料有很多种,如钒渣、高品位钒钛磁铁矿、石煤提钒、钾钒铀矿、含钒磷铁、钒铅矿、石油烧渣等。虽然钠盐焙烧—水浸提钒工艺是一种常用的、通用型的工艺,但实际上不同原料的提钒工艺差异还是很大。相比较而言,钒渣和高品位钒钛磁铁矿提钒工艺相似程度更高。含钒碳质页岩提钒和废催化剂提钒工艺技术差异较大。

钒渣(钒钛磁铁矿)提钒工艺包括:①传统钠化焙烧—水浸—钡盐沉钒工艺。除俄罗斯图拉钒厂以外,绝大多数国内外厂家都采用这种工艺,主要包括原料预处理、钒渣与钠盐添加剂配料混合、氧化钠化焙烧、焙烧熟料溶解浸出、固液分离和残渣洗涤、浸出液除磷除硅、钒溶液沉淀钒酸铵、钒酸铵脱水脱氨煅烧、熔化铸片等过程。这些过程属于无机化工过程,因此其生产过程中的各步骤都可以用化工单元过程描述。各厂的工艺流程差异不大,但不同工序的实现方法和生产设备方面差异明显,技术水平也有一定差异,钒的回收率和生产成本也不尽相同。②图拉石灰焙烧—酸浸提钒工艺。工艺过程为:原料预处理、钒渣与石灰类添加剂配料混合、氧化钙化

焙烧、焙烧熟料稀硫酸浸出、固液分离和残渣洗涤、浸出液用硫酸调节 pH 后水解沉淀、沉淀物脱水煅烧、熔化铸片等过程。这种工艺因图拉钒厂在 1974 年首次将其应用于工业生产,又被称为图拉石灰提钒工艺。图拉厂因此获得了列宁奖,该厂也是世界上惟一采用石灰提钒工艺的钒渣提钒厂。

国内外钒厂大多采用钠化焙烧—水浸提钒工艺从钒渣生产氧化钒产品,但工艺技术各不相同。在原料预处理方面,南非海威尔德 Vantra 等厂采用湿式球磨机磨细钒渣(或矿石),其他厂一般采用干式球磨技术,攀钢和承钢等国内厂家在球磨机出料端加上圆筒筛,分离大多数金属铁,通过控制筛网目数可控制筛下钒渣中的 MFe 降低到 5% 以下。在焙烧技术方面,德国电冶金公司、奥地利特雷巴赫等欧洲钒厂和攀钢采用多层焙烧炉,德国电冶金公司、奥地利特雷巴赫等厂曾采用高碱比焙烧工艺,在配料时加入大量纯碱等添加剂,其他如南非 Vantra、Vametto、俄罗斯丘索夫冶金工厂、中国承钢以及国内其他钒渣提钒厂都采用回转窑作为焙烧设备,一般也采用二次焙烧技术,即将一次焙烧的残渣返回配料,定期排出残渣。在浸出技术方面,奥地利特雷巴赫的浸出为湿球磨—橡胶带式过滤机工艺;俄罗斯丘索夫冶金工厂由于碱配比低,转化率较低,因而其浸出采用一次水浸二次酸浸的工艺;德国 GfE 采用自动卸料的单槽间歇式浸出槽进行浸出,攀钢从 GfE 进口的二手设备就是这种间歇式浸出槽;承钢钒化工厂和锦州铁合金厂用翻斗车改装为移动式浸出槽车。在沉钒技术方面,德国电冶金公司、奥地利特雷巴赫等生产 V_2O_3 用作钒铁原料,掌握了特殊的 APV 的沉淀技术,国内只有攀钢掌握了这种技术。还有一些企业采用偏钒酸铵沉钒技术。在熔化制取片钒技术方面,大多数厂采用反射炉作为熔化设备,国外曾研究过 APV 干燥—回转窑脱氨—电炉熔化技术。国内承钢与东北大学合作,进行了闪速干燥—流态化脱氨氧化—电炉熔化工艺试验,但目前还未见其投入生产。俄罗斯丘索夫和图拉在沉钒时都是直接水解沉钒。在还原制取 V_2O_3 技术方面,德国电冶金公司、奥地利特雷巴赫、Xstrata 的鲁湾钒厂(Rhovan)采用天然气或 H_2 还原 APV,生产 V_2O_3 ,其他钒厂没有生产 V_2O_3 。攀钢采用煤气还原制取 V_2O_3 ,国内承钢也在试生产 V_2O_3 ,其他国内厂家没有生产 V_2O_3 。

4.2 钒技术进步情况

检索 2000 ~ 2009 年近十年的全球涉钒专利共有 7 123 件,分布在日本、美国、俄罗斯、中国、加拿大、韩国、西班牙、德国、法国等 43 个国家和地区,排在前五个国家的专利占 69.57%。分析表明:期间全球钒技术领域研究开发、技术创新十分活跃,特别是近两年,专利大幅增长,竞争加剧。说明钒技术领域的发展前景良好,是具有市场竞争力的热点技术领域。线性回归分析表明:日本专利创造随时间推移呈逐渐衰减的发展态势,斜率为 -3.75,有进入技术生命周期成熟期的迹象;美国专利创造随时间推移呈更加衰减的发展态势,斜率为 -14.35,竞争对手介入和资金投入明显减少,竞争强度降低;俄罗斯专利创造随时间推移呈逐年递增的发展态势,斜率为 6.72,增长趋势较强,说明竞争对手介入和资金投入增加,竞争强度加剧;中国专利创造随时间推移呈攀升增长的发展态势,斜率为 18.96,增长趋势十分强劲,说明竞争对手介入和资金投入明显增加,竞争激烈;加拿大专利创造随时间推移呈逐渐递增的发展态势,斜率为 3.98,增长趋势比较明显,说明技术生命力强,发展空间大。从上述专利申请量来看,当前钒技术的进步主要在中国。

查询科技文献了解到:1998年1月1日~2008年12月31日期间,国内共有涉钒论文 4 847 篇,涉钒论文近年呈逐步上升趋势,逐渐成为研究热点,产出论文数也逐年增加。涉钒论文中,按学科领域划分,排在前 3 位的分别是化学类 1 032 篇,冶金工业类 772 篇,金属学及金属工艺 750 篇,占总数的 52.69%;矿业工程类 224 篇,环境科学与资源利用 172 篇。按论文主题进一步细分,材料冶金领域涉钒论文主题主要集中在以下方面:涉及二氧化钒研究的 399 篇,五氧化二钒 357 篇,钒钛磁铁矿 324 篇,钒渣 290 篇,钒氮合金 276 篇,钒电池 166 篇。值得注意的是从 2004 年开始的钒氮合金、2006 年开始的钒电池两个主题发表的论文激增,显示国内的研究热点在向这方面转变。除攀钢发表论文数遥遥领先外,中南大学、北京科技大学、四川大学、重庆大学、浙江大学、东北大学等知名学府都进入钒钛磁铁矿综合利用或石煤提钒技术领域。

5 钒资源利用发展方向

5.1 氧化钒的清洁、高效生产

国内外多年的研究表明,对提钒废水采用末端治理的方法无法达到要求,不能满足循环经济和可

持续发展的战略要求,需要改变观念,从钒产品的生产工艺上去考虑,也就是说要从氧化钒的生产工艺源头上,就开始考虑循环经济和可持续发展的问题。只有这样,才能从根本上解决废水的问题。在这个方面,攀钢集团研究院有限公司做了大量的研究工作,利用钒钛磁铁矿作为原料提取氧化钒的清洁生产工艺开发取得了重大突破,产品质量达到 GB3283-1987 标准;氧化钒的提钒废水和提钒尾渣可实现闭路循环使用,解决了潜在的高氨氮—高钠盐提钒废水的污染问题;消灭了因废水蒸发浓缩所带来的高能耗及设备工程化问题和含钒、含铬提钒尾渣的再处理问题;事实上,500 t/a V_2O_5 的产业化示范工程于 2009 年 6 月底建成,2010 年完成试生产运行,20 000 t/a 的工厂在 2011 年底建成。该项目的开发成功对全球钒产业是一次革命性的技术创新,无疑将进一步巩固和提高中国在世界钒产业的地位。

5.2 开发钒渣高效提钒技术,提高资源综合利用水平

目前从高炉冶炼至钒渣提钒整个钒生产流程存在诸多工艺装备缺陷:高炉炼铁工序钒利用率较低,仅 71.4% 左右;转炉提钒工序物流不畅、吊车运力不足、钒利用率 79% ~ 80%,低于世界先进水平;钠化焙烧—水浸提钒工艺原料预处理设备落后、除杂效果不好、配料不准、混料不匀,焙烧设备老化严重、操作控制水平低、焙烧效果较差,带式过滤机连续式浸出洗涤效果不理想,特殊沉钒不稳定、洗涤强度不够、硫酸钠残留 APV 中,采用老式反射焙烧炉熔化制取片钒,利用率低、能耗高(热效率在 20% 左右),沉钒废水处理能耗大、成本高、废硫酸钠利用困难。因此,很有必要针对上述问题,研究改进从高炉冶炼至钒渣提钒整个工艺流程及装备,提高生产操作控制水平,提高钒的利用率和生产过程环保水平,这是实现钒钛磁铁矿综合利用的必然选择。

5.3 高铬型钒钛磁铁矿高效清洁利用关键技术

铬也是一种重要的战略物资,广泛用于冶金、电镀、制革、印染、橡胶等行业。世界上的提铬原料基本上都是铬矿,全球铬矿资源虽很丰富(统计数据显示现已探明储量约 75 亿 t),但我国是一个铬矿资源短缺的国家,我国的铬矿资源主要分布于西藏、新疆、内蒙、甘肃等省份,分布分散不利于开采。我国铬资源高度依赖进口,近年消费量的 80% 以上依靠进口,2007 年我国铬矿进口量为 609 万 t,占世界铬总进口量的 93%。

攀枝花钒钛磁铁矿大规模的开发利用已经 40

多年,但主要是针对攀枝花矿区,其中的铬含量大约只有红格矿区的 1/8 ~ 1/10,其利用代价高,因此未被利用,该矿区已经进入开采尾声。

红格矿区是攀西地区经过详细勘探的最大钒钛磁铁矿床,储量达 35.7 亿 t,占攀西资源总量的 40%,其突出特点是:除伴生大量铁、钒、钛资源外,还含有丰富的铬资源。其原矿中金属铬含量达 0.2% ~ 0.4%,铬资源总量约 900 万 t(以 Cr_2O_3 计),经过选矿后的铁精矿中 Cr 含量更是高达 0.63% ~ 1.48%,是钒含量的两倍以上。红格矿区是我国名副其实的铬资源宝库。高铬型钒钛磁铁矿的开发,除了利用好其中的铁、钒、钛外,有效回收其中的铬资源尤为重要。

另一方面,如果铬资源得不到合理利用,那么开采红格矿势必对周边的环境造成巨大的铬污染。这样也要求在开发红格矿的同时必须考虑铬回收处理。最近,国土资源部已经把攀枝花钒钛磁铁矿列入国家战略资源加以管理。

5.4 钒在钢中的应用研究

金属钒被称为“现代工业的味精”,在钢铁、化工、航空航天等领域应用广泛,其中 90% ~ 93% 应用于钢铁工业。在钢中加入 0.1% 的钒,可提高钢强度 10% ~ 20%,减轻结构质量 15% ~ 25%,降低

成本 8% ~ 10%。因此,含钒微合金钢是提高建筑钢筋或钢板抗震强度的主要钢种之一。以此替代现有非含钒合金钢,可大量减少钢材用量,促进钢铁产业结构调整。经历多次强烈地震的灾难性袭击,高强度建筑用钢筋或钢板已逐渐广泛应用,如日本已开发应用 685 MPa 和 950 MPa 级的抗震钢筋。2005 年国家发改委《产业结构调整指导目录》明确提出高强度钢、400 MPa 以上螺纹钢钢筋为鼓励发展的含钒钢产品。因此,开发建筑用抗震高强度含钒微合金钢是提高建筑结构强度,减轻地震灾害损失,降低单位钢铁消耗量,构建资源节约型社会,促进钢铁产业结构调整 and 国民经济健康发展的迫切需要。

高级别抗震钢的研究与规模生产,将带动全国以抗震钢筋与高强钢板为代表的高强度钢材升级换代,形成我国资源特色、自主知识产权的高性能钢材的生产与应用,扩大抗震钢筋与高强钢板的使用比例,其经济和社会效益十分巨大。

6 结语

中国有比较丰富的钒资源,国家鼓励钒产业的发展,并且钒产品市场需求稳定,应该做好、做强钒产业。清洁、高效生产新技术是今后的发展方向,前景广阔。

编辑 余文华

Windimurra 钒项目首次产出钒铁

位于西澳大利亚芒特曼格尼附近的 Windimurra 初级钒矿及其加工厂,2011 年 9 月底首次生产出产品,此后其钒铁产品将自 Fremantle 港运至全球市场进行销售。Atlantic 公司的全资子公司中西部钒业公司是 Windimurra 钒项目的拥有者及运营商。Windimurra 钒项目产能为 6 300 t(折合为金属钒)。

在营销方面,Windimurra 已与总部位于香港的自然资源全球供应链管理商 ElementCommodities 公司签署协议,该公司将与新加坡 Graceland 工业公司协力负责 Windimurra 的钒铁储运及营销工作,以确保其在全球钢铁行业的精准配送。

同时,Windimurra 还计划自 2012 年上半年起生产片状高纯五氧化二钒,而当前该产品市场供应紧张。公司相关发言人称,从生产运营中看到了生产以及供应高附加值高纯五氧化二钒产品的商机,公司方面也在对其他高附加值钒产品的生产进行评估。

Windimurra 钒产品的欧洲市场销售将由 ElementCommodities 公司位于瑞士的办公室进行。北美市场上的销售由 TerryPerles 负责。世界其他地区市场将由各区域分销部门负责。

(雷蕾 供稿)