

钒钛磁铁矿的利用现状及其使用价值

郭新春

(攀钢钢铁研究院)

1 引言

世界上有一些国家拥有钒钛磁铁矿资源,我国攀枝花——西昌地区的钒钛磁铁矿储量也十分丰富。由于这种矿石通常含有铁、钒、钛、镓、钽等多种元素。因此,国内外冶金工作者为了回收矿石中的有用元素,做了大量的研究工作。

那么到目前为止,这种矿石的利用究竟达到什么程度,根据国内外钒钛磁铁矿的利用现状,如何正确地认识和评价钒钛磁铁矿的使用价值,对于经济合理地利用这种矿石是非常重要的。

2 国内外钒钛磁铁矿的利用现状

2.1 国外

2.1.1 南非

南非的钒钛磁铁矿的 TiO_2 含量为 12~15%, V_2O_5 是 0.78~1.06%, Fe 是 55~57%,这三种组分的含量均比攀西钒钛磁铁矿高。

南非的冶金工作者通过技术分析,认为采用普通高炉冶炼 TiO_2 含量高达 12~15% 的钒钛磁铁矿非常困难,而且南非也缺少炼焦煤资源,但南非却拥有丰富的非炼焦煤和水电资源。南非冶金工作者根据国内的资源、能源和劳动力条件,经过调查研究和工业试验,认为采用回转窑—电炉流程冶炼钒钛磁铁矿,技术上可行,经济上合算。最初南非 Highveld 钢钒公司采用这种流程冶炼钒钛磁铁矿的主要意图是,回收矿石中的钒,并且在投产前就与世界 40 多个国家的用户签订了钒渣的销售合

同。目前,该公司采用回转窑—电炉流程冶炼钒钛磁铁矿,生产钒渣(主要产品)、铁和钢,至今已有 30 多年的历史了。

这里需要特别指出的是,既然南非钒钛磁铁矿的 TiO_2 含量比攀西钒钛磁铁矿高,那么南非 Highveld 钢钒公司在冶炼钒钛磁铁矿时为什么不回收矿石中的 TiO_2 呢? 在 1989 年 11 月 14~16 日攀钢召开的钒钛磁铁矿开发利用的国际学术会议上,与该公司的董事长 L. Boyd 和总经理 J. Hall 进行了技术交流。据总经理 J. Hall 讲,该公司曾试图将电炉渣中的 TiO_2 富集到 50~60% 的水平,以回收矿石中的 TiO_2 。试验结果表明,冶炼十分困难。后来使用造渣料稀释含钛电炉渣(进入回转窑的原料中就有用于电炉冶炼的造渣料),直到将电炉渣中的 (TiO_2) 含量调整到 30% 左右,冶炼才顺行。他们还试图采用其他方法来提高渣中 (TiO_2) 含量,但没有取得成功。

因此,时至今日,该公司没有走在电炉内将 TiO_2 富集到渣中的道路,仍然将电炉渣中的 (TiO_2) 含量控制在 30% 左右。含 (TiO_2) 30% 左右的电炉渣,一部分出售给当地的钢铁厂,用作高炉的护炉原料,其余的废弃。

该公司总经理 J. Hall 认为,采用回转窑——电炉流程回收钒钛磁铁矿中的 TiO_2 ,技术上有困难,经济上不合算。

2.1.2 新西兰

新西兰拥有钒钛磁铁矿砂和非炼焦煤资源,但没有炼焦煤。因此,也选择了回转窑—电炉流程冶炼钒钛磁铁矿砂。矿砂中含有

Fe58%、 TiO_2 8~10%、 V_2O_5 0.6%。

最初,新西兰钢铁公司只回收钒钛磁铁矿中的Fe,铁水用于电炉炼钢。后来,应用矩形电炉冶炼含钒铁水,用铁水包吹炼钒渣,提钒后的铁水(半钢)用于转炉炼钢。

由于该公司经营状况不好,澳大利亚BHP(Broken Hill Proprietary)公司已买下了新西兰钢铁公司。BHP公司的技术人员认为,矿石中的 TiO_2 含量仅为8~10%,电炉渣中的(TiO_2)含量也只有32%,回收钛不经济。目前含 TiO_2 32%的电炉渣用于铺路。

曾来攀钢讲学的新西兰Canterbury大学的L·A·Erasmus教授也认为,采用电炉冶炼回收钒钛磁铁矿中的钛,在技术上和经济上均有困难。

2.1.3 前苏联

前苏联也拥有丰富的钒钛磁铁矿,采用高炉—转炉流程冶炼钒钛磁铁矿。高炉冶炼含钒铁水,采用转炉双联法提钒炼钢。主要厂家有下塔吉尔钢铁公司和丘索夫钢铁厂。由于高炉渣中(TiO_2)含量只有4~10%,因此,冶炼难度比攀钢小得多。

和我国一样,正在研究回收钒钛磁铁矿中Fe、V、Ti的技术。尽管进行了多年的试验研究,但试验结果仍未用于工业生产。

由以上所述可以看出,采用高炉—转炉和回转窑—电炉流程均可冶炼钒钛磁铁矿,可以得到铁、钢、钒渣。还可以看出,国外拥有钒钛磁铁矿资源的国家,也都想回收矿石中的钛,但终因技术上有困难,经济上不合算,而未实现工业生产,换句话说,到目前为止,尚未找到一种技术上可行,经济上合理,可以综合回收钒钛磁铁矿中Fe、V、Ti的工艺流程。

2.2 国内

主要介绍攀西钒磁铁矿的利用情况。

2.2.1 攀钢采用高炉—转炉流程冶炼钒钛磁铁矿

攀钢采用普通大型高炉冶炼钒钛磁铁矿,矿石中 TiO_2 的含量为8~10%。为了使高炉

冶炼顺行和保持一定的技术经济指标,在高炉炉料中添加了一部分普通铁矿,以降低高炉渣中 TiO_2 的含量。尽管如此,高炉渣中仍含有20~24%的 TiO_2 。因此,冶炼难度很大。

高炉冶炼的含钒铁水原来用于雾化提钒,现已改为转炉提钒,得到钒渣和半钢,半钢用于转炉炼钢。

攀钢采用高炉—转炉流程冶炼钒钛磁铁矿,得到的产品是含钒铁水、钒渣和钢。而 TiO_2 含量为22~24%的高炉渣的利用问题还在研究之中。

2.2.2 回收攀钢含钛高炉渣中的钛

攀钢采用高炉冶炼钒钛磁铁矿,矿石中的钒进入铁水,钛进入炉渣。如果年产300万吨含钒生铁,将同时产生大约240万吨 TiO_2 含量为22~24%的高炉渣。这种含钛高炉渣弃之可惜,于是对回收攀钢含钛高炉渣中的钛做了大量的研究工作。主要有:

a. 利用含钛高炉渣制取 TiCl_4

攀钢钢铁研究院应用攀钢410厂2250kVA电炉,将含钛高炉渣中的 TiO_2 还原碳化,然后使碳化钛低温氯化,得到 TiCl_4 。将粗 TiCl_4 除钒精制,然后以精制的 TiCl_4 为原料,制取高纯的 TiO_2 。

b. 利用含钛高炉渣生产锐钛型 TiO_2

攀钢与中南工业大学合作,研究回收渣中 TiO_2 和 Sc_2O_3 的技术。将含钛高炉渣酸解、浸出,得以锐钛型 TiO_2 。

c. 采用直流电炉以含钛高炉渣为原料制取硅钛合金

该项技术是攀钢钢铁研究院与重庆大学合作开发的。应用硅热法,将含钛高炉渣中的 TiO_2 在直流电炉内还原,得到硅钛合金。

以上几种利用含钛高炉渣的方法存在的问题是:

a. 用量少

攀钢每年产出近250万吨含钛高炉渣,因此,寻找大量利用含钛高炉渣的技术十分重要。但以上几种利用含钛高炉渣的方法并不能

解决这个问题,更谈不上搬掉“渣山”。

b. 经济效益差

从所周知,任何冶炼过程都希望尽可能地使用精料,这样可以缩短工艺流程,减少原料消耗,降低生产成本,减少废物处理量,从而取得良好的经济效益。

攀钢含钛高炉渣中仅含 20~24% 的 TiO_2 ,实属低品位的含钛原料。如果采用氯化法生产 TiO_2 ,由于渣中的杂质多,将消耗大量的氯气,而 CaO 、 MgO 的氯化产物还会破坏氯化过程的顺利进行。此外,将 TiCl_4 与杂质氯化物分开也是相当麻烦的事情。

正因为如此,攀钢钢铁研究院的技术人员才提出先将含钛高炉渣中的 TiO_2 在电炉内还原碳化,得到 TiC ,然后再进行 TiC 的低温氯化。也就是说,由于含钛高炉渣中的 TiO_2 含量低,不得不增加一个工艺环节,自然也要增加投资、设备和生产成本。

有人曾做过调查,与使用高品位含钛原料生产 TiCl_4 的厂家相比,按生产 1 吨 TiCl_4 计,使用攀钢含钛高炉渣生产 TiCl_4 的成本,比一些厂家要高出 1000~2000 元。而且尚未考虑污染处理的费用。

很显然,采用氯化法回收攀钢含钛高炉渣中的 TiO_2 是不经济的。采用硫酸法处理攀钢含钛高炉渣也存在类似的问题。

换句话说,到目前为止,还没有找到用量大、经济效益好的有效的利用攀钢含钛高炉渣的方法。

2.2.3 回收钒钛磁铁矿中 Fe、V、Ti 的新流程

攀钢采用高炉—转炉流程冶炼钒钛磁铁矿,只回收了铁和钒,没有回收钛。又考虑到本地区的焦煤与铁矿资源不相匹配,不能充分发挥本地区及其附近的能源(水电、非炼焦煤)优势。于是,开展了采用回转窑—电炉流程综合回收钒钛磁铁矿中的 Fe、V、Ti 的研究工作。回收矿石中的钛是研究新流程的主要目的之一,甚至有人认为不回收矿石中的钛,研究新流程就没有意义。

在这种技术思想指导下,进行了长达 20 多年的试验研究工作,提出了若干个试验方案,还曾一度与西德 Lurgi 等公司进行过技术合作,消耗了无法计算也算不清楚的人力、物力和财力。但是,试验结果表明,采用回转窑、电炉综合回收钒钛磁铁矿中 Fe、V、Ti 的新流程,尚不能用于工业生产。

2.2.4 高炉全钒钛矿冶炼

采用普通大型高炉冶炼钒钛磁铁矿,由于矿石中 TiO_2 含量(8~10%)高,冶炼十分困难。为使高炉冶炼顺行,必须将高炉渣中的 TiO_2 含量控制在 24% 以下。为此,要在炉料中自己加一部分普通铁矿。于是攀钢不得不从外地购进普通铁矿,从而增加了生铁的生产成本,也加重了铁路运输的负担。

为了解决这个问题,国内冶金工作者试图开发大型高炉全钒钛矿的冶炼技术。北京科技大学曾提出“全氧鼓风高炉冶炼钒钛铁矿石”的技术方案。该方案认为,“采用全氧鼓风高炉冶炼钒钛铁矿,可使渣中(TiO_2)含量提高到 55% 而不析出 TiC ,这种 TiO_2 含量的高炉渣达到了综合利用钛的品位”。该方案同时指出,“由于钒的还原也受到阻碍,现有提钒流程不再适用。”认为“矿石入高炉前先浸出提钒,然后进入高炉冶炼,可组成一个较为合理的综合回收攀枝花钒钛磁铁矿 Fe、V、Ti 的现实生产工艺流程。”

但是,这个流程由于技术经济上的原因,很难为工业生产所接受(见下文)。

2.2.5 提取攀西钒钛磁铁矿中的镓(Ga)、钪(Sc)

攀西地区四个矿区的钒钛磁铁矿的 Ga 含量大约为 0.002~0.003%。铁精矿的 Ga 含量为 0.0039%,含钒铁水提钒时,钒渣的 Ga 含量为 0.03%。

钒渣的 Ga 的含量比较高,似乎可以作为提 Ga 的原料。但钒渣要用于生产 V_2O_5 ,制取 V_2O_5 时的水浸弃渣中含 Ga 为 0.012~0.015%。用于浸弃渣提 Ga 不如用铝土矿和

锌浸渣经济。

攀枝花、红格、太和矿的 Sc 含量分别为 27~32%g/t、20g/t、12g/t。高炉冶炼时,大部分 Sc 富集到高炉渣中。

根据分析,用高炉渣提 Sc 不如用其他原料经济,例如:锆结晶母液、钨矿浸出液、生产钛白的废液等。

综上所述可以看出,尽管对攀西钒钛磁铁矿的综合利用做了长期、大量的研究工作,也提出了种种工艺方案,但均不能经济地综合回收钒钛磁铁矿中的 Fe、V、Ti。因此,不能用于工业生产。这说明由于钒钛磁铁矿本身的冶金特性,综合利用这种矿石的确有相当大的难,同时也说明对攀西钒钛磁铁矿的使用价值的认识还有待深化。

3 正确认识攀西钒钛磁铁矿的使用价值

评价攀西钒钛磁铁矿的使用价值,似应考虑以下几点:

3.1 不能依据简单的计算来估价钒钛磁铁矿的使用价值

多年来,常常看到一些论文或报告,依据简单计算得到的数字来说明综合利用钒钛磁铁矿的必要性、重要性。例如,攀钢高炉渣中含有大约 24%的 TiO_2 ,于是假设把渣中的 TiO_2 全部提取出来并制成钛产品,再根据渣子的数量和钛产品的价格,就得出综合利用这种渣子的经济效益,也有人计算过,如果将攀枝花矿的 Sc 都提取出来,其经济价值约占这种矿石总经济价值的 49.79%,最近又有人计算,攀枝花钒钛磁铁矿中,钛的价值占矿石总价值的 50.34%。根据上述简单计算来估价钒钛磁铁矿或冶炼产物的经济价值是不合适的,甚至是脱离实际的。

因为这种计算没有考虑用什么方法,什么技术提取某种元素,能不能经济地提取出来,提取的产品有没有市场,售出后能不能盈利。如果不能,也就没有现实意义。那种认为只要

把矿石中的一些元素分离开来,就能取得经济效益的观点,是没有根据的。

3.2 研究钒钛磁铁矿综合利用技术要立足于社会需求和经济效益

当人们谈到钒钛磁铁矿的综合利用时,有时不管某种元素在矿石中的含量多少,提取的难易程度如何以及是否经济,就要求把矿石中的某种元素提取出来,否则,就没有做到资源的综合利用。这种看法带有极大的主观性和盲目性。

现以综合回收钒钛磁铁矿中 Fe、V、Ti 的新流程为例。新流程的试验和试生产结果表明,该流程对原料要求严格,冶炼温度高(能耗高),操作难度大,冶炼过程难以控制,中间产品或产品的质量差,工艺流程长,各元素的实际回收率低,与冶炼钒钛磁铁矿的高炉—转炉流程相比,没有什么经济效益可言,最终没有为工业生产所接受。

在“攀西二基地钢铁冶炼流程研讨会”上,与会专家根据我国的资源、能源条件,生产规模,经济效益以及新流程的试验结果,一致认为攀西二基地的钢铁生产应选用高炉—转炉流程冶炼钒钛磁铁矿(白马矿)。

为什么经过 20 多年的研究,新流程仍不能用于工业生产? 尽管原因很多,但未充分考虑社会需求和这种流程的经济性恐怕是其中的一个主要原因。

以新流程分离出的钛渣为例(姑且不谈新流程分离钛渣的难易程度如何),假设技术上是可行的,根据新流程的试生产结果,使用太和钒钛磁铁矿,1 吨金属化球团电炉熔化分离后,可得到 613.8kg 半钢和 310.7kg 含钒钛的炉渣。如果新流程技术用大型钢铁厂,例如年产 300 万吨钢,使用白马矿,每年可生产出约 150 万吨含钒钛的炉渣。将这种含钒钛渣深还原,仅能得到品位为 36%~42%的钛渣。

问题是国内钛工业是否愿意使用这种低品位的钛渣生产钛产品(品位低,不经济),能不能消耗掉这么多的低品位钛渣? 如果不能,

国外是否有市场,有无竞争力?这些问题显然需要做出明确回答。

又如,上述提到的湿法提钒—全氧鼓风高炉冶炼钒钛铁矿的流程,也存在着寻找 TiO_2 含量为 55% 的含钛高炉渣的出路问题。此外,湿法提钒后的产品能否作为高炉原料(钛、钠的含量高),对高炉冶炼有什么影响,影响有多大,也值得研究。如果要满足大型全氧鼓风高炉的原料需要,例如年产铁 300 万吨,湿法提钒设备(不管采用竖炉还是回转窑)的数量、规模将是十分可观的。其投资之多,占地面积之大,生产调度之难是可想而知的。因此,应从投资、冶炼技术、经济效益等方面对湿法提钒—高炉炼铁和高炉冶炼—火法提钒两个流程做出综合评价,方能决定湿法提钒—全氧鼓风高炉炼铁流程能否为工业生产所接受。

由以上所述可以看出,提取一种矿石中的某个或某些元素,不是以人们的主观意志所决定的,而是取决于技术,更重要的是取决于经济效益。换句话说,综合利用攀西钒钛磁铁矿的前提是,必须考虑社会需求,必须经济,否则难以用于工业生产。

3.3 开发攀西钒钛磁铁矿综合利用技术应力求避免技术困难和经济损失的转嫁

根据上述攀西钒钛磁铁矿的利用情况,不要说回收这种矿石的 Fe、V、Ti 在技术上有很

大的难度,就是目前采用高炉—转炉或回转窑—电炉流程冶炼钒钛磁铁矿也比冶炼普通铁矿要复杂得多。可以说,钒钛磁铁矿的冶炼是一个系统工程。因此,应力求避免在工艺环节之间,甚至在黑色冶金工业与有色冶金工业之间出现技术困难和经济损失的转嫁现象。

例如,全氧鼓风高炉冶炼钒钛磁铁矿时,含钛高炉渣的 TiO_2 含量为 55%,由于品位低,势必增加下一步生产钛产品时的技术困难和生产成本;新流程分离出的品位为 55~60% 的钛渣至今未找到用户,原因可能也在于此。又如,高炉冶炼含钒铁水时,如果不顾含钒铁水的质量(温度和成分),就必然会给提钒、炼钢带来困难和经济损失。

4 结语

4.1 攀西钒钛磁铁矿的确是我国宝贵的矿产资源,已经并将继续为我国的经济建设发挥巨大的作用。

4.2 到目前为止,尚未找到一种技术上可行,经济上合理,可以综合回收钒钛磁铁矿中 Fe、V、Ti 的工艺流程。

4.3 评价攀西钒钛磁铁矿的使用价值时,不能脱离社会需求和当前的经济形势。

4.4 开发攀西钒钛磁铁矿综合利用技术时,应立足于经济效益。否则,难以用于工业生产。

(上接第 7 页)能力,充分发挥引智工作的优势。

各单位要把引智工作纳入年度工作计划,定期检查、总结、狠抓落实。攀钢(集团)公司、矿务局、市卫生局、攀枝花大学等单位在引进与派出两个结合上就有所突破,有计划地组织派遣科技人员赴国外学习、考察、研修,进行学术交流等,回国后在各自的工作岗位上起到了

学科带头作用,对提高本单位经济效益打下了坚实的基础

总之,在开展引智工作中坚持“按我所需,以我为主,为我所用”的方针。按我所需是前提,以我为主是手段,为我所用才是目的。但是,引智工作涉及面广,不可能面面俱到,只有联系实际,实事求是,有计划,有目的、有选择地开展引智工作,才能收到实际效果。