

三相交流工频等离子体冶炼 高锡钨中矿制取钨铁^①

广西南宁铝厂 南宁530031 廖贡越 中国科学院力学研究所 北京100080 曹永仙

【摘要】 简单地介绍了寻求新的冶炼钨铁工艺的现实意义,着重叙述了用三相交流工频等离子体冶炼高锡钨中矿制取钨铁的冶炼原理、冶炼过程、工业扩大试验得到的结果及配料的情况。用 WO_3 为46.54%、Sn含量超标61倍、Cu为8.3倍、As为0.6倍的不合标准的钨中矿为原料,冶炼出钨铁达到:W含量为78%,Sn为0.02%~0.03%、Cu 0.03%~0.06%、As小于0.04%、其它杂质也低于标准,W的直收率为95%~98%。依据工业扩大试验的结果,每吨钨铁盈利为6300元以上。

【关键词】 高锡钨中矿 等离子体冶炼 钨铁

1 前言

目前在世界市场经济国家里,钢铁工业消耗的钨约占整个钨耗量的14%,其中钨铁为40%^[1,2]。虽然当前已用钨的废料、白钨精矿和黑钨砂直接炼合金钢^[3,4],用硬质合金替代高速钢,使钨铁工业受到冲击,但是炼钢用的钨铁完全被取代是不可能的。其原因是随着合金钢的含钨量增加,用白钨精矿和黑钨砂炼钢产生的渣量也就增大,合金钢的有害杂质质量也增加;当含钨量超过5%时,经济性也变差,还不如用钨铁^[5]。另外,白钨精矿和黑钨砂用于炼钢时,其杂质要求很严格,使选矿的成本增加,资源的利用率下降80%^[7]。

我国是钨的工业储量、钨资源及初级中间钨制品出口量均为“世界第一”的国家,每年出口钨铁数千吨^[1,5],数量相当大,因此发展钨铁,提高钨铁的冶炼技术水平,是有现实意义的。

冶炼钨铁的传统方法有金属热还原法和碳还原电炉熔炼法。这些方法流程长,消耗材料的成本高。为了保证钨铁的质量,对钨精矿的成分有一定的要求,如含砷高,需预先将钨精矿焙烧除砷后再冶炼;含锡高的钨

铁必须返回重熔,使锡含量降到允许值,通常要求钨精矿的含锡量不超过0.2%。

我国虽然是钨资源很丰富的国家,但是尚存在着许多低品位的钨矿、难选的多种元素共生的钨矿和达不到标准的钨精矿。例如,我国某矿是钼铌钨锡共生矿,经过选矿得到含 SnO_2 4%~10%、 WO_3 45%左右的钨中矿。这种矿若再继续进行选矿处理,会使成本增加、有用金属损失增大。这种钨中矿用传统的方法冶炼得不到合格钨铁。为此,我们研究用三相交流工频等离子体技术,冶炼高锡钨中矿制取钨铁。下面是简要情况介绍。

2 三相交流工频等离子体冶炼过程

三相交流等离子体是等离子体中的一种,它除了具有等离子体的高温、高热、能量集中、使用气氛可变和温度可控的特点外,所用的设备简单,一次投资少。设备的功率可达到MW量级^[8]。更重要的是能自激起弧,产生连续等离子体,为冶炼大量的非导电矿料和炉渣提供了方便条件,适合于冶金工业的要求。

三相交流工频等离子体装置是产生此种

^①本项目是作者与广西翠木锡矿共同完成

等离子体的设备。本工业扩大试验所用的设备功率为1000kW，是由高压开关、变压器、饱和电抗器、控制台和等离子体炉组成。等离子体炉分为发生器和反应器。在发生器上装有投料装置、进气孔和与变压器的输出铜排相联的三根石墨电极，其用途是产生电弧和等离子体；反应器实为炉膛，它的侧下方有个供放料用的放料装置，侧上方有个排烟道，与收尘装置相联。反应器的作用是装矿料球，进行反应，生成所需要的合金。

冶炼过程为：6.3kV电压经过变压器降到130~140V，输送到电极，产生电弧，由发生器的进气孔进入的氢气经过电弧区，产生氢等离子体，其温度为5600~7000℃，再进到反应器，对钨中矿按一定配方制成的矿料球进行加热和分解，产生WO₃和FeO。根据热力学分析，在高温时碳、氢与氧的生成自由能比钨和氧的生成自由能更负（即负值大），因此能用碳或氢将钨的氧化物还原，尤其是在1073~1173℃时WO₃很容易被碳和氢还原^①。在氢等离子体条件下，氢和矿料球配入的碳将WO₃和FeO还原为W和Fe，二者互溶，生成钨铁。WO₃在高温时很容易挥发，但在氢等离子体和碳粒子的混合气氛中，挥发的WO₃被还原，W的密度大，又回到合金里，逃逸的几率最小，使钨的回收率增加。钨中矿的杂质除了挥发外皆被还原成单质，浮在合金表面，进入合金的量很小，使钨的品位提高。钨中矿含有较高的SnO₂，在高温条件下被还原和挥发，通过烟道排到收尘装置，收集锡的烟尘，再进

行冶炼，得到锡锭。经收尘装置的尾气多为水蒸气和二氧化碳等，对环境污染有较大的改善。

矿料球以每次25公斤经投料器投入反应器内，在冶炼成150~200公斤钨铁时，由于高温，钨铁处于熔融状态，经过放料装置可从炉膛里放到炉体外的石墨坩锅里，再继续重复投料、冶炼和放料过程。放出的熔液经过冷却，渣和合金分离，得到钨铁，简化了冶炼工艺。

等离子体冶炼所用的钨中矿与标准黑钨精矿的成分如表1所示。

表1 钨中矿及黑钨精矿成分^①

种类	化 学 成 分 (%)						
	WO ₃	Sn	Cu	As	S	SiO ₂	Pb
钨中矿	46.54	9.30	0.56	0.16	0.75	2.05	0.05
黑钨特-I-1 (GB2825-81)	68.00	0.15	0.06	0.10	0.50	7.00	0.10

①成分中，含量W为不小于，其余杂质为不大于

由表1可知，钨中矿的成分除SiO₂和Pb外均未达到标准要求，其中Sn超过标准61倍，As为0.6倍，Cu为8.3倍，S为0.5倍，钨含量低于标准21.5%。用传统的工艺方法冶炼此矿料得不到合格的钨铁。

将钨中矿、石灰、煤粉按着配方进行配料，废纸浆液为粘结剂；制成直径为20毫米的矿料球，经三相交流工频等离子体冶炼，得到的结果列于表2。

表2所列的结果表明：用等离子体技术

表2 等离子体冶炼法得钨铁与钨铁标准成分^①

种类	含 金 成 分 (%)										
	W	Sn	As	Cu	Si	Pb	Mn	C	P	Bi	Sb
钨铁	78.03~78.21	0.03~0.02	<0.04	0.06~0.03	0.49~0.05	0.025~0.040	0.23~0.20	0.03~0.15	<0.04	<0.003	<0.003
FeW70A (GB3648-83)	70.0	0.08	0.05	0.15	0.5	0.05	0.25	0.20	0.04	0.05	0.05

①成分中，含量W为不小于，其余杂质为不大于。

冶炼钨中矿,能得到符合标准的钨铁。钨富集了二倍多,其回收率为95%~98%。杂质含量低于标准要求,如锡含量为0.02%~0.03%,远低于标准0.08%。钨中矿中的锡有95%以上都挥发,经收尘装置收集锡的品位达到22%~36%,可作为炼锡的原料,得以利用。

用三相工频等离子体技术还对含 WO_3 45%~50%的低品位钨精矿进行工业扩大冶炼试验,也得到同样的好效果,说明此技术对原料的品位、粒度和杂质含量等没有严格的要求,拓宽了冶炼原料的范围,有利于提高选矿的回收率,降低选矿成本。

等离子体的温度能使钨铁处于熔融状态,为钨铁实现放料、连续生产,提供了重要条件。针对钨铁的特点,设计、加工特殊放料装置,并且进行了改进,经多次实验及使用,钨铁和渣能很顺利地炉膛里放出来,冷却后钨铁和渣能很好地分离,并且能进行连续冶炼,这就简化了冶炼钨铁的工艺,提高了热效率,降低了生产成本。

根据工业扩大试验得到的结果进行了核算,用含 WO_3 46%~47%的高锡钨中矿生产一吨含钨75%~80%的钨铁,可获得经济效益为6300元以上。

3 结 论

(1)用三相交流等离子体冶炼高锡钨中矿或低品位钨精矿制取钨铁是一项新的工

艺,在技术上、经济上是可行的,能得到合格的产品。

(2)此技术对矿料没有严格要求,适用性很强,能降低生产成本。对环境污染有较大的改善。

(3)钨铁能实现放料,对冶炼钨铁的工艺技术带来较大的改进,有明显的经济效益。

参加本工业扩大试验还有:陈玉、廖汝健、邓元荣、刘铁坚和高连让等同志,在此向他们表示谢意。

参 考 文 献

- 1 杜校平等,包钨工业——现状、未来与建议,中南工业大学出版社,1991: 2.
- 2 邓世强,钨有色合金,1990, (20): 10.
- 3 李金荣,大连特殊钢,1987, (6): 1.
- 4 邓世强,1990, (5): 31.
- 5 李洪林主编,稀有金属冶金学,冶金工业出版社,1990: 16.
- 6 曹永仙等,第五届全国等离子体科学技术会议论文集,1990: 114.
- 7 李洪林,稀有金属冶金学,上海科学技术出版社,1978: 563.
- 8 Борознича И. Др. Теплофизика высоких температур, 1978, 16(6): 1285.
- 9 曹永仙,三相工频等离子体温度和密度的测量(内部报告), 1982年2月.
- 10 叶梅林等,电热过程手册,冶金工业出版社,1984: 190.