

金属热法冶炼钼铁的试验研究

杨仰军 孙朝晖

(攀枝花钢铁研究院)

摘要 通过试验获得了钼回收率与各影响因素之间的关系,冶炼出了符合 GB3649—87 FeMo70 的钼铁合金,稳定试验时钼的回收率平均为 98.65%。

关键词 三氧化钼 钼铁合金 回收率 冶炼

EXPERIMENTAL STUDY ON SMELTING FERROMOLYBDENUM BY METAL THERMIC PROCESS

Yang Yangjun Sun Zhaohui

(Panzhihua Iron & Steel Research Institute)

Abstract In this paper, the relation between the recovery efficiency of molybdenum and all kinds of effecting factors was obtained by experiment. The ferromolybdenum (FeMo70) produced is in conformity to GB3649—87 standard. The recovery efficiency of molybdenum is 98.65% in stable experiment.

Key Words molybdic oxide, ferromolybdenum, recovery efficiency, smelt

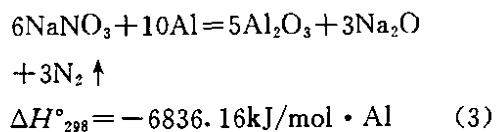
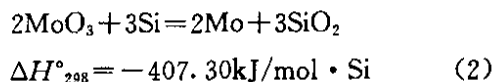
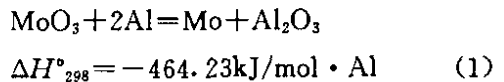
1 引言

国内外冶炼钼铁的传统方法主要有电碳热法和炉外金属热还原法。近年来出现了用“乌康达”反应器以喷吹法生产钼铁,等离子法冶炼钼铁,直接使用辉钼矿采用真空法生产钼铁等新的冶炼方法。炉外金属热法用铝和硅铁作为还原剂,工艺简单、投资少、见效快、产品质量好。因此,世界上大多数国家都采用这种方法来生产钼铁。国内采用金属热法冶炼钼铁时,钼的回收率为 97%~98%^[1],国外钼的回收率达 98.5%~99.0%^[2]。

我国钼铁打入国际市场主要是依靠价格低廉,但仅能供应含钼 60% 的钼铁。而含钼 65%~70% 的钼铁畅销国际市场且卖价高^[3]。因此,研究金属热法冶炼 FeMo70 牌号的钼铁合金很有意义。

2 试验原理及工艺流程

金属热还原法冶炼钼铁以三氧化钼为原料,铝和硅铁作还原剂,其主要反应及热效应如下^[2]:



工艺流程简图如图 1 所示。

3 试验原料及方法

3.1 试验原材料

(1) 三氧化钼矿,其化学成分如表 1 所示。

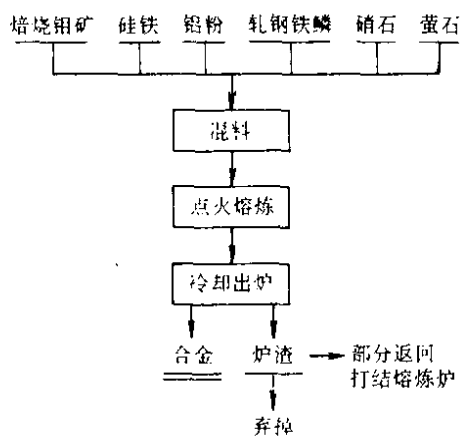


图1 金属热法冶炼钼铁的工艺流程简图

表1 三氧化钼矿的化学成分(%)

编号	TMo	SiO ₂	CaO	P	S	FeO	Cu
1	52.06	10.7	1.61	0.019	0.052	5.47	0.23
2	51.61	13.56	1.57	0.025	0.059	3.99	0.155

(2)还原剂

铝粉:Al含量≥99%,Si含量为0.82%,粒度是-40~+160目;

硅铁:FeSi75经颚式破碎机破碎到粒度小于1.5mm,其中大于1.0mm的不超过10%。

(3)雾化烟尘:攀钢炼钢厂雾化提钼烟尘,其化学成分见表2。

(4)轧钢铁磷:攀钢线材厂轧钢铁磷,其化学成分见表2。

表2 雾化烟尘和轧钢铁磷的化学成分(%)

氧化铁的种类	Fe ₂ O ₃	FeO	C	P	S
雾化烟尘	90.16	6.37	0.024	0.068	0.037
轧钢铁磷	42.61	53.26	0.25	0.014	0.054

(5)萤石:炼钢用萤石,要求CaF₂含量≥70%,将其干燥去除水分,破碎至粒度≤2.0mm。

(6)氯酸钾、硝酸钠均为工业纯。

3.2 试验方法

根据试验设计的要求,称取所需的原材料,在混料槽(或混料机)内混合均匀,一次性加入冶炼炉内(冶炼炉示意图见图2),料面距

炉子上缘不应小于500mm,以防喷溅外溢。在炉料表面做一凹坑,放好点火混合物和引火线,采用上部点火工艺,引燃混合料使其发生化学反应。反应完成后静置大约20h,然后出炉,称量合金及炉渣的重量,并取样分析。

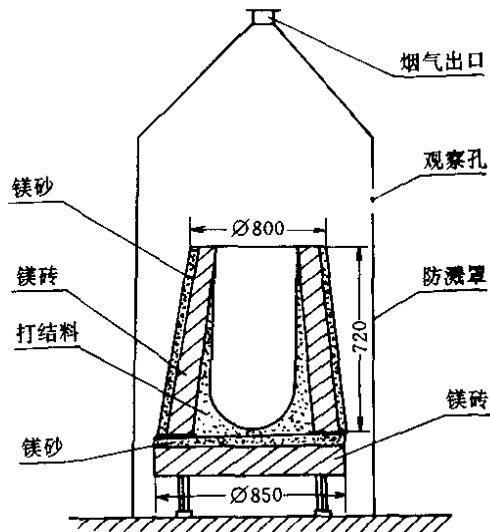


图2 冶炼炉示意图

4 试验结果及讨论

4.1 影响钼铁经济技术指标的主要因素

4.1.1 单位炉料发热量的影响

金属热还原法冶炼钼铁时单位炉料的发热量是一个非常重要的影响因素。单位炉料发热量对钼回收率的影响如图3所示。由图3可知,在试验条件下,当单位炉料发热量为2986.96kJ/kg时,钼的回收率有最大值,但此时合金与渣的分离不够理想。当采用单位炉料发热量为3014kJ/kg时,合金和渣的分离及钼的回收率都是令人满意的。

4.1.2 还原剂配加量的影响

由于热力学方面的原因,金属热还原法冶炼钼铁一般都采用铝和FeSi75的混合物作为还原剂,同时为了尽可能地降低钼铁的生产成本,视三氧化钼的品位不同,还原剂铝的用量在还原剂总用量的10%左右波动。配硅系数与[C%Si]及钼回收率的关系示于图4。

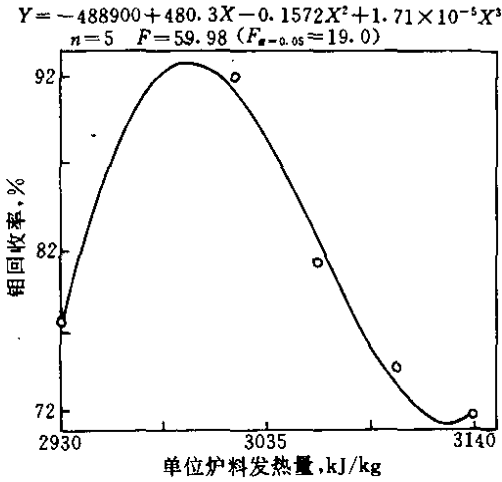


图3 单位炉料发热量与钼回收率的关系
 试验条件:配硅系数1.10;配氧化铁系数1.90;
 20kg级规模

由图4可以看出,钼的回收率随着配硅系数的增大而增加,并在配硅系数达1.32左右时趋于平稳;当 $[\%Si]=1.5$ 时,配硅系数为1.246。为了最大限度地提高钼的回收率,同时确保合金的硅含量符合GB3946—87标准,配硅系数取1.15较为合适,经计算此时合金中 $[\%Si]=1.22$ 。

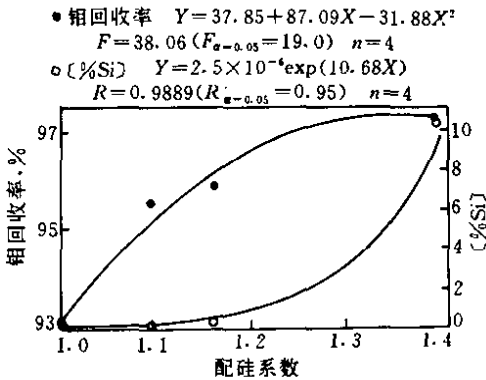


图4 钼回收率、 $[\%Si]$ 与配硅系数的关系
 试验条件:单位炉料发热量3014kJ/kg;配氧化铁系数1.60;70kg级规模

4.1.3 氧化铁配加量的影响

冶炼钼铁时合金中的铁可以氧化铁或钢屑的形式加入。如果只是以钢屑的形式加入

这部分铁时,冶炼钼铁的炉渣太粘稠,渣中往往含有金属夹杂,从而明显地降低了钼的回收率。当全部以氧化铁形式加入铁,且过量时,一大部分氧化铁留在渣中起熔剂作用,金属热法冶炼钼铁时钼的收得率在98.5%~99.0%之间⁽²⁾。本研究合金中的铁全部以氧化铁的形式加入。配氧化铁系数对钼回收率的影响示于图5。

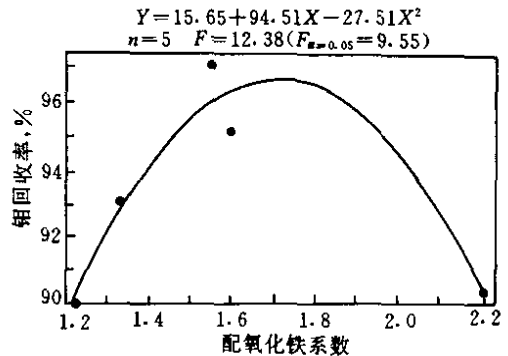
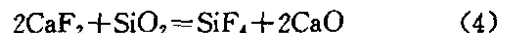


图5 配氧化铁系数与钼回收率的关系
 试验条件:单位炉料发热量2720.9kJ/kg;
 配硅系数1.41;70kg级规模

由图5可以计算出最佳的氧化铁配加系数为1.72。如果只配加少量的氧化铁,钼铁渣的熔点较高,熔渣太粘稠,渣中的钼铁合金颗粒不能完全沉降下去而影响了钼的回收率;当添加过量的氧化铁时,为了保证足够的单位炉料发热量就必须添加一定量的硝石,这会引引起喷溅并增加钼铁的生产成本。同时当渣中氧化铁含量过高时,会严重侵蚀炉衬。

4.1.4 配加萤石的影响

添加萤石可降低渣的熔点,而且由于生成 SiF_4 对下面的造渣反应有利⁽²⁾:



萤石的粒度应与其它原料的粒度相匹配,使用前要加热干燥去除水分。炉料中萤石的添加量取决于实际的炉渣情况和三氧化钼矿中的二氧化硅含量,其变化范围见表3。

根据本试验所用三氧化钼的特点,试验

表3 炉料中萤石的配加量^[4]

焙烧钼矿中的 SiO ₂ , %	萤石配加量, kg/100kg 钼矿
<5	1~2
5~9	2~3
>9	3~5

过程中萤石的配加量为三氧化钼矿的6%。

4.1.5 合金中杂质元素P的控制

根据文献[5]介绍,冶炼钼铁时炉料中90%左右的P进入合金中,因此必须严格控制试验原材料中的P含量。攀钢雾化烟尘中的P含量为0.068%,而攀钢线材厂轧钢铁鳞的P含量为0.014%。试验发现,若全部以

雾化烟尘为原料会导致合金中的P含量超标,若采用30%的雾化烟尘和70%的轧钢铁鳞或全部采用轧钢铁鳞为原料均不会造成合金P含量的超标。

4.2 稳定试验

通过试验及其结果分析,选定了合适的工艺参数进行了8炉稳定试验,其结果见表4。

由表4可见,稳定试验结果全部符合GB3649—87标准FeMo70牌号的要求,主要元素钼的回收率在98.00%~99.11%之间,平均为98.65%。相当Volkert^[2]报道的

表4 稳定试验结果

炉号	化学成分, %						合金重量 kg	收率 %	炉渣的主要化学成分, %					炉渣重量 kg
	Mo	C	Si	P	S	Cu			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mo	CaO	TFe	
9412	67.44	0.039	0.64	0.0397	0.060	0.16	75.4	98.53	44.36	14.30	1.82	3.81	9.42	120.0
9413	73.15	0.032	0.47	0.032	0.065	0.17	69.8	98.93	43.04	15.89	1.20	3.70	11.06	125.0
9414	72.15	0.048	0.80	0.0482	0.057	0.17	70.8	98.98	48.20	15.83	1.02	4.04	11.17	124.0
9415	73.28	0.038	0.96	0.034	0.052	0.17	69.8	99.11	40.88	16.15	0.88	4.26	17.98	127.0
9416	67.98	0.025	0.53	0.0384	0.064	0.15	74.4	98.00	40.64	15.39	0.89	4.32	15.25	121.8
9417	70.62	0.032	1.05	0.0484	0.053	0.16	72.0	98.52	44.48	16.90	1.07	4.26	17.15	124.0
9418	74.48	0.020	0.15	0.033	0.066	0.16	68.2	98.42	40.68	16.35	1.47	3.70	18.21	120.0
9419	72.80	0.050	0.50	0.0487	0.073	0.17	70.0	98.74	41.20	16.27	2.22	4.26	16.36	118.0
平均	71.49	0.036	0.64	0.0403	0.061	0.16	71.3	98.65	42.94	15.89	1.32	4.04	14.58	122.5

98.5%~99%的下限。原因是本试验的规模只有70kg,而Volkert却是综述全世界工业生产规模的。

5 结语

在传统的炉外金属热还原法的基础上,并吸收了国内外较为成熟的实践经验,再通

过试验得到了钼的回收率与一些主要影响因素之间的关系函数,使冶炼钼铁更为简单易行。连续稳定试验证明:钼的平均回收率达到98.65%,且产品全部符合GB3649—87FeMo70标准要求。

参 考 文 献

- 1 董允杰. 国内外氧化钼产销及应用概况. 钼业经济技术, 1989(4): 37~42
- 2 Volkert G等编, 俞 辉等译. 铁合金冶金学. 上海: 科学技术出版社, 1978
- 3 郑 鲁. 钼深加工的重要途径——含钼钢. 钼业经济技术, 1990(3): 30~49
- 4 黄宪法. 论国内钼业技术经济发展. 钼业经济技术, 1992(2): 9~18
- 5 李春德. 铁合金冶金学. 北京: 冶金工业出版社, 1991. 146~159