钼铁熔炼新途径

赵业松
(安徽省冶金科学研究所 合肥 230011)

摘 要 阐述了钼铁熔炼过程中热量分布对熔炼效果的影响，提出了炉料分层次配料的方法，使反应热量按一定的抛物曲线分布。这样，熔炼过程持续稳定，可降低生产成本，提高钼铁冶炼回收率。

关键词 钼铁 熔炼 配料 温度
中图分类号 TF643.3 **文献标识码** B **文章编号** 1001-1943(2000)05-0016-03

NEW WAY OF MELTING FERROMOLYBDENUM

Zhao Yesong
(Anhui Province Metallurgical Institute, Hefei 230011)

Abstract The effect of heat distribution in ferromolybdenum melting on melting result is expounded, the method of layer-by-layer charging is put forward to distribute the reaction heat as a certain parabola. Thereby the melting process is continual and stable, the production cost is reduced and Mo recovery is increased.

Keywords ferromolybenum, melting, buredning, Temperature

1 问题的提出

炉外法生产钼铁合金，其特点是工艺及设备较为简单，且能生产出高品质的产品。因此，至今仍为钼铁的主要生产方法。但是，实际生产中，熔炼过程往往难以持续稳定，其表现是当热量不足时，反应速度缓慢，反应时间长，因而导致热损失大，出现熔炼"冷过程"，使产品硅含量高，钼回收率低；或者熔炼瞬间高温，反应激烈，大量气体骤出，造成熔池沸腾而喷溅损失。

目前，我国钼矿品位普遍偏低，众多钼铁生产厂家，采用加大炉料发热量的方法，使熔炼过程连续进行，以确保产品质量。在冶炼高品位钼铁合金时，往往采用补充大量发热剂——硝酸钠的方法，增大反应热量。这样，势必增加还原剂铝粒的用量。不仅使生产成本上升，而且产生大量的 NO 和 NO_2 气体，对环境也造成严重污染。所以，探求钼铁熔炼热量的控制方法，已成为钼铁生产中亟待解决的问题。

2 钼铁熔炼的热过程

炉外法生产钼铁，熔炼过程中金属和炉渣同时形成，并且按其密度不同而分层沉降，此过程在短时内完成。要想提高产品质量、改善技术经济指标，除了要有先进的管理和完善的设备外，更重要的是熔炼过程的良好热工作条件。可以说，熔炼钼铁过程就是热量的产生和消耗的过程。

2.1 熔炼温度

硅铝热法生产钼铁，温度与反应热效应的热力学函数关系：$\Delta G_T^{\ominus} = -a + bT$，氧化还原反应的自由能随温度升高而减小，因此，为使反应彻底进行，并不要求过高的温度，但是，由于炉外法熔炼特性要求，为获得致密的合金锭和熔渣的良好流动性，必须要求足够高的温度。因此，熔炼温

作者简介 赵业松 男，1964 年 6 月出生，工程师，1985 年毕业于合肥工业大学。
收稿日期 2000-06-14

万方数据

度主要视炉渣和合金的熔点而定。

反应过程的温度对于熔炼效果起着决定性的作用。温度是炉料单位反应热效应的函数，要获得足够高的温度，必须要有相当的炉料热值作保证。

2.2　熔炼速度

钼铁生产，熔炼温度直接影响反应速度。热损失对熔炼温度又有直接影响，由于热损失是时间的函数：

$$Q_{热损} = qkt$$

式中，

q——渣表面辐射强度；

k——熔炉的屏壁遮隔系数；

t——反应持续时间。

随着反应时间拖长、热辐射损失增大，熔炼温度急剧下降，造成熔炼的“冷过程”现象。

对于钼铁熔炼速度问题，至今研究不多。由于炉外法熔炼过程的复杂性，影响因素甚多，很难精确估量反应速度，对此，各家众说不一。生产实践表明，应以同等规模下反应持续时间来度量。即反应过程保持均匀、连续进行是熔炼效果良好的保证。

3　试验条件及步骤

3.1　试验条件

3.1.1　原料及主要成分见表 1。

表 1　原料主要成分及配比

名称	主要成分/%	配比/(kg/批)
钼焙砂	Mo 45.20	100
硅　铁	Si 75　Fe 22.75	32.8
铝　粒	Al 98.69	8.2
铁　鳞	Fe_3O_4 95.86	30
铁　屑	Fe 99.8	8.0
萤　石	CaF_2 95.0	7.0
硝　石	$NaNO_3$ 95.0	12
总　量		196

3.1.2　设备采用桶式砖砌熔炉，3 吨装炉料量。

3.2　试验步骤

为了进行对比，试验中分别采用整炉统一配料和上、中、下分层配料装炉两种熔炼方式。

4　工艺讨论

钼铁冶炼，一般采用上部点火的间歇积块法，为达到熔炼过程均匀、稳定，根据对比试验结果，我们采用分层配料装炉，炉料单位热效应值呈一定曲线变化，见图 1。

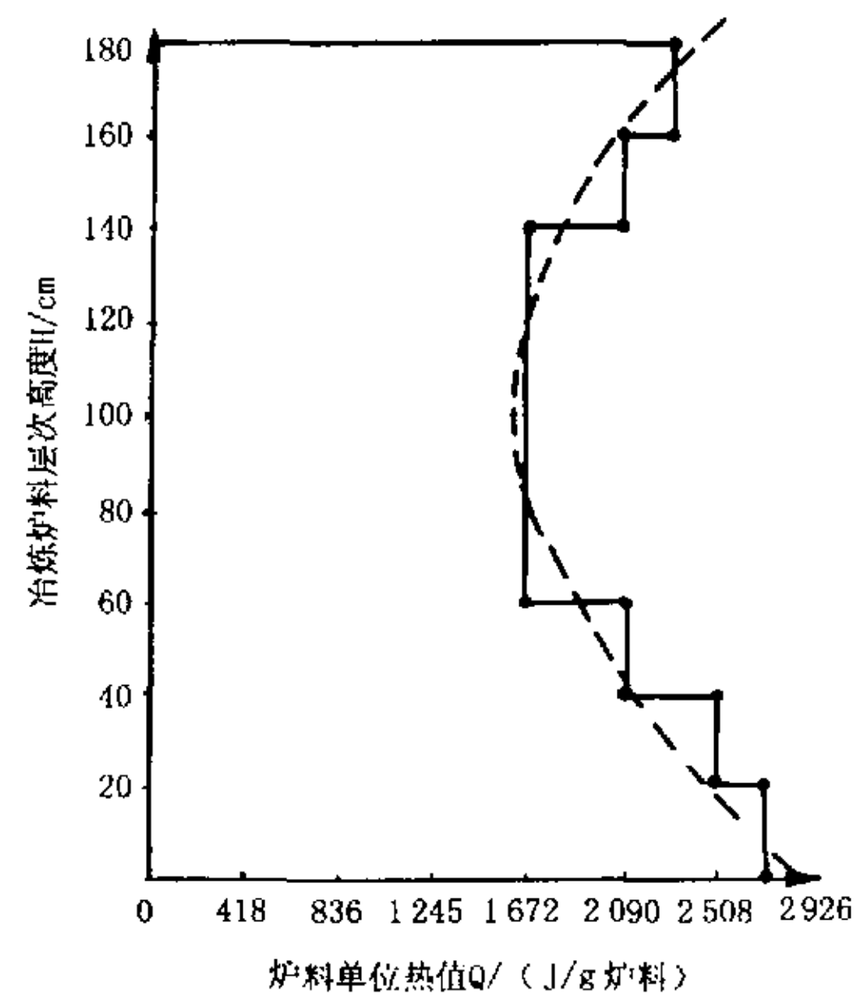

图 1　熔炼过程的单位热效应分布曲线示意图

4.1　诱导反应过程

金属热还原反应主要特征：

4.1.1　冶炼反应激烈，瞬间温度高。

4.1.2　几乎所有的产物都留在系统之中，使炉料表面始终为熔体所覆盖，传导和辐射损失被控制很低，以致热量密度很高。

4.1.3　如果在某处因点火而达到活化温度，金属热反应就会开始。点火料的反应热随即将周围料带入反应。

根据上述反应特点，我们在上层炉料中添加高的活性剂来激发反应。使起始温度较低的物料活化而能够迅速反应。表面立即被形成的熔体覆盖，出现高的热量密度，从而带动周围炉料进入反应——诱导效应。为中层炉料熔炼奠定基础。

4.2　稳定反应过程

熔炼反应连续进行后，此时物料温度已达到

万方数据

活化温度，炉料受热为熔融体。若温度继续升高，由热力学分析可知，氧化还原反应自由能减小，而不利于反应彻底进行；而且炉料被上层熔体覆盖，散热性差，热损失小，热量高度集中，由此会造成熔池沸腾而伴随大量喷溅损失。

为此，中层配料要适当减少发热剂量，添加合金边角料或钼品位高的炉渣等，以减小炉料单位反应热效应值（1 675J/g 炉料），稳定熔炼反应。

4.3 明朗反应过程

钼铁合金锭是在熔炼过程中由反应生成的金属液珠沉降凝聚而形成。金属滴的顺利沉降是钼冶炼收率的保证。冶炼反应终止后，工艺要求镇静 30～40min，以使熔体保持高温，维持炉渣良好的流动性。

所以，熔炼反应进行到下层时，要适当增加炉料反应热值（2 093～2 303J/g 炉料），提高熔体温度，使收尾反应明朗彻底，防止滞后的“冷过程”现象，为金属钼铁合金液滴沉降创造一个良好条件。

5 结果对比

分层配料（炉料热量按近似曲线分布）熔炼实践与炉料整体配料熔炼，其统计结果对比见表 2。

表 2 整体配料和分层配料冶炼结果对比

配料形式	单位热效应 /(J/g 炉料)	平均热效应 /(J/g 炉料)	反应时间 /min	还原剂用量 (SiFe + Al)kg/批	钼回收率 /%
整体配料	2 090	2 090	3～5	40～42	94～95
分层配料	上层 2 508～2 717 中层 1 672 下层 2 090～2 299	1 956	5～10	38～40	97.5～98.5

注：金属还原剂用量(SiFe + Al)kg/批数值比差主要为铝粒的消耗值。

6 结 语

分层配料熔炼钼铁，能够较好地控制反应速度和熔炼温度。关键在于熔炼起始反应激烈程度，若起始反应缓慢，将必然引起熔炼全过程停滞；反之，起始反应过于激烈，将造成上层喷溅损失。建议在上层配料中减少钼焙砂用量，适当增加发热剂、铁砂等组分配比。

配料分层数目以满足热量呈曲线变化为佳，这样熔炼平稳、均匀，效果良好，但实际生产操作较为繁锁。

采用分层配料，有效合理地利用炉料反应热量，即能降低金属还原剂用量，又能稳定熔炼过程，提高钼的冶炼回收率。

THJ1904 TF611

高 MnO 含量的炼钢渣中 MnO、FeO 和磷的热力学 [Thermodynamics of MnO, FeO, and Phosphorus in Steelmaking Slags with High MnO Contents] ——(A. T. MORALES and R. J. GRUEHAN)，《Met. Trans. B》，1997，Vol. 28B，No. 6，1111～1118(英文)

研究了炼钢中与熔炼 MnO 矿石有关的具有高 MnO 含量的 $CaO-SiO_2-MnO-Fe_tO-P_2O_5-MgO_{sat}$ 渣中的 MnO、FeO 以及磷容量的热力学。以前的数据 MnO 含量限制在大约 5%，而本工作研究的 MnO 含量高达 25%。当 Fe_tO 含量随着碱度的提高而降低时，MnO 的活度显示出来自理想状态的正偏差。这反映在锰的分配比上就是，当一定量的 Fe_tO 随着碱度增加而降低有利于提高金属中的 Mn。附加 4% 以上的 CaF_2 对 MnO 和 Fe_tO 的活度没有影响。随着碱度增加 P_2O_5 的活度系数降低而磷容量增加。高 MnO 含量对渣的脱磷能力没有不利影响。图 13，表 1，参 22。

[索淑芬 摘]

MnO FeO 磷 热力学 钢渣 锰矿石

万方数据