冶炼钒钛磁铁矿时不完全燃烧的煤粉对炉渣粘度的影响*

李永镇 袁进恩 钟 利

（东北工学院）

冶炼钒钛磁铁矿的高炉喷吹煤粉时，容易引起炉渣变稠。为了探讨其机理，利用现场渣配加不同量的未燃尽的煤灰并测量了它的粘度。结果发现，渣中C<1.2%时，粘度小于5泊；>1.2%时，粘度急骤上升。当控制渣中C≤1.2%时，找出了吨铁喷煤量与燃烧率和渣量的关系。在攀钢条件下，煤粉燃烧率在60—80%时，喷吹量不能大于38—70kg/t铁。

一、前言

在冶炼钒钛磁铁矿时，喷吹煤粉可导致炉渣变稠，操作失常，这已为1967年首钢冶炼试验所证实[1]。其原因可能是，在高炉内未完全燃烧的煤粉被气流夹带着向上运动与向下滴落的渣相遇并为其吸收，从而促使了炉渣中Ti氧化物的还原，生成TiC、TiN等，引起炉渣变稠。也可能有部分燃烧产物及煤粉上浮到渣表面或落在渣表面。

因此，在炉渣变稠机理的研究中，我们主要结合攀钢目前生产情况，研究不同喷吹量、不同燃烧率（即不同的碳量进入渣中或浮于渣面上）对炉渣粘度的影响。

试验用攀钢炼铁厂1#高炉的上渣和鞍钢炼铁厂的普通矿冶炼炉渣，成分如表1。

攀钢、鞍钢现场渣成分　　表1

成份，%	SiO_2	CaO	S	TiO_2	V_2O_5	R
攀　钢	23.5	26.50	0.44	24.50	0.26	1.13
鞍　钢	39.3	43	0.77			1.09

向渣中加入的含碳物质是燃烧试验后未完全燃烧的带残C68.2%的务本煤灰以及经焙烧后的灰。

二、试验方法

试验使用回转式粘度计，为防止空气中N_2进入炉中与炉渣反应生成TiN，在炉管下部通入氩气以保持中性气氛。渣样粒度4—0.1mm，吸出铁珠后，按试验要求均匀混入（混加）或在渣熔化后放到渣面上（上加）适量的含碳物。为避免石墨对炉渣性质的影响，浸入渣中的回转部分

*参加试验工作的还有孙战胜、舒小平同志

用钼，盛渣用刚玉坩埚。试验时升温速度13—15℃/min，达1550℃时恒温20min，然后以2—3℃/min速度降温并测粘度。

渣中碳量按下述方法配制：喷煤量30、60、90kg/t铁，渣量为900kg/t铁时，吨渣喷煤量为33.3，66.7，100kg/t渣。在燃烧率不同时，残C量和灰量不同，假定它全部进入渣中，这时渣中含C如表2。

攀钢条件下不同喷吹量、燃烧率时渣中含碳(%)　表2

喷煤量，kg/t铁	30	60	90
燃烧率 80%	0.49	0.99	1.48
试验编号及实际配C，%	②0.49	③0.96	④⑧ 1.42
燃烧率 60%	0.99	1.98	2.96
试验编号及实际配C，%			⑦⑪ 2.81
燃烧率 0%	2.49	4.95	7.3
试验编号及实际配C，%		⑥4.60	⑧⑨⑩6.74

注：⑧，⑨是鞍钢渣；
①为攀钢渣不含C；
④，⑤，⑥，⑦为上加；②，③，⑩，⑪为混加。

为了减少工作量，仅选取了表2中具有代表性的部分渣样做了粘度试验，结果见图1—3。

图1—3中的熔化性温度是在η—t曲线图中用曲线与座标轴的135°角斜线相切点的温度为熔化性温度；对于曲线拐点不明显的取20P的温度，对粘度大于20P的认为>1500℃。

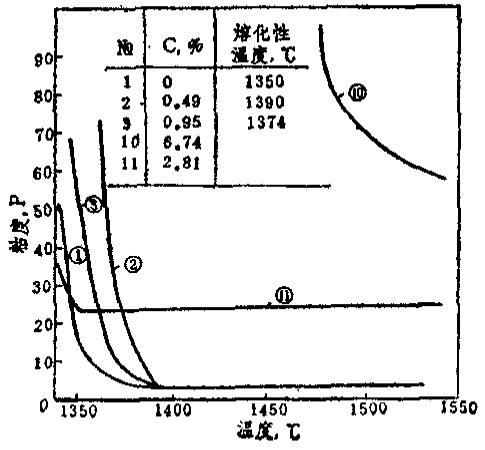

图1　攀钢炉渣含C不同时η-t曲线（混加）

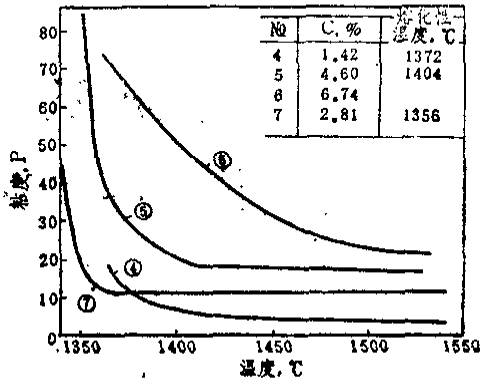

图2　攀钢炉渣含C不同时η-t曲线（上加）

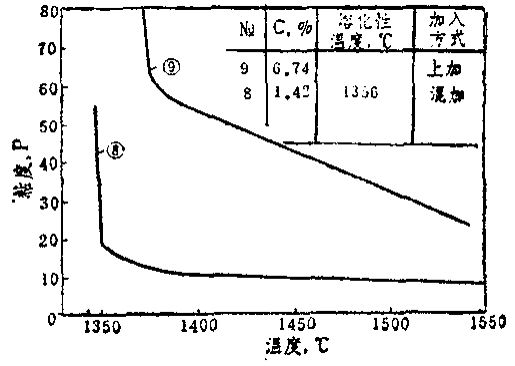

图3　鞍钢炉渣含C不同时η-t曲线

三、试验结果

由图1—3可见，无论是混加还是上加，无论是含Ti渣还是普通渣，随C增加，粘度普遍上升。做1450℃条件下粘度与C关系曲线（图4）可见，在C为1.2%以下时，C对粘度影响不大（低于5P）；C>1.2%时粘度升高，混加时升高快，上加时缓慢些。混加时渣中含C为2.6%时，粘度已达20P，接近高炉冶炼的极限粘度。同样条件在上加时则要到C达4.6%，粘度才达20P。试验№7与№11，加入C相同（2.81%），但由于加入方法不同，

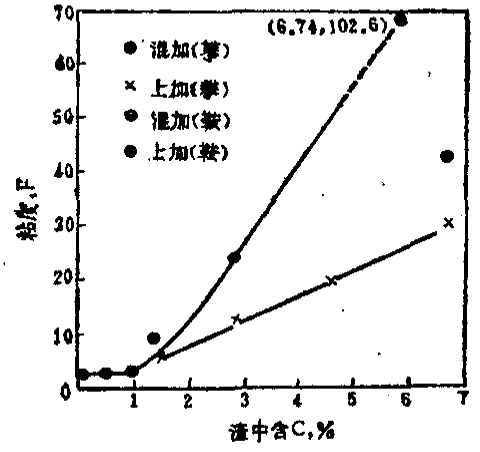

图4 1450℃时渣中C与粘度的关系

粘度相差1倍。同样是上加6.74%C，鞍钢渣粘度比攀钢的高（30，42P），但比混加的102P低很多。

通过上面分析可知，攀钢炉渣在不含C时粘度很低（№1），在混入C量小于1%时（№2、3）仍具有上述特性，可能是混入碳量少，TiO_2的还原少，所以对粘度影响不大。从实验后剖开的渣样断面看，粘度大的渣样中气泡多，在中心部位气孔壁有赤铜色物质，而含C量小于1%的№1、2、3渣中则无气泡，三者特征基本相同。

这里需要说明的是，上加时，煤粉的不完全燃烧产物集中于炉渣表面，虽有铝方头搅拌，混入的量仍不会太多，所以对炉渣粘度的影响也小，但上加量>4.6%时，浮在表面的含C物高达加入量的40～60%，对粘度测定结果有影响。

试验后的渣样分析了TiN及TiC，它们与C的关系见图5。由图5可见，渣中的TiN和TiC含量不仅与C有关，而且与碳的加入方法有关，混加时生成的TiN+TiC量高于上加的，规律性很明显。

由图5还可看到，渣中TiN含量增加的程度比TiC大。在混加的情况下，二者都有随C增加而升高的现象，但在上加时规律性则不太明显，其原因有待进一步研究。

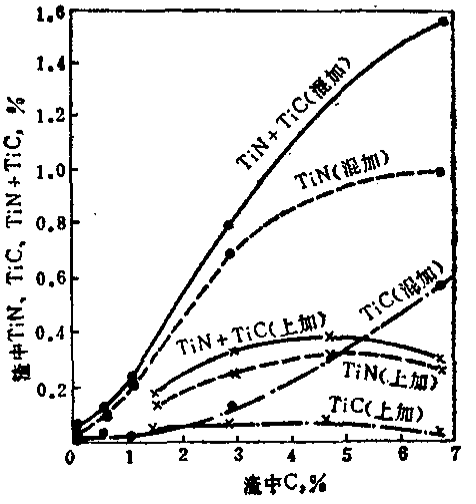

图5 渣中TiN+TiC，TiN、TiC与渣中含C量的关系

四、合适喷煤量的确定

由以上分析认为，喷煤引起炉渣粘稠的原因主要是碳不完全燃烧，并进入含钛渣中，与渣中钛氧化物发生还原反应，使渣中TiN、TiC升高而引起的。因此，若想在高TiO_2渣冶炼条件下，喷吹煤粉而不导致炉渣变稠，就必须控制渣中含C量。控制方法是：①均匀喷吹，不使局部渣中含C过高；②提高碳燃烧率，使煤灰中残C尽量降低；③控制喷吹量在极限之内。

根据以上试验认为，渣中混入的C≤1.2%可使渣粘度低于5P（图4），熔化性温度与不加碳时接近。

在攀钢炼铁厂的条件下，喷吹务本无烟煤（灰分16.86%，固定C75.22%），假定未完全燃烧的煤全部进到渣中，在渣中含C量为1.2%时，喷吹量与燃烧率的关系如图6所示。

由图6可见，在渣量为900kg/t铁、煤粉燃烧率为80%的条件下，可以喷煤70kg/t铁；煤燃烧率60%时，可以喷煤38kg/t铁。渣量进一步降低，喷煤量还要降低。

综上所述，使煤粉完全燃烧或尽可能

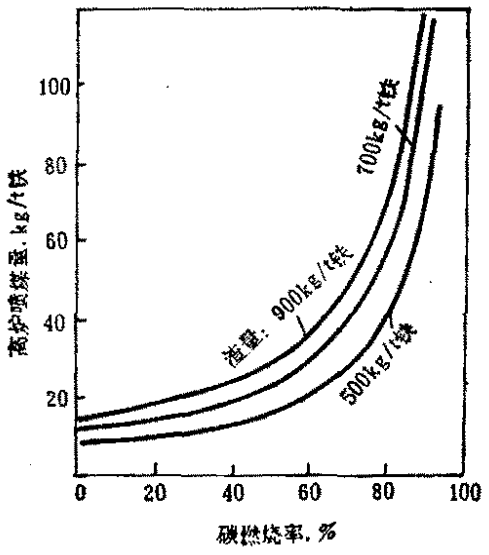

图9　攀钢吨铁喷煤量与燃烧率的关系

提高燃烧率，是冶炼钒钛磁铁矿顺利喷吹煤粉的关键。

五、1967年首钢冶炼试验喷煤失败的原因分析

据文献[1]介绍，第一次喷煤试验时“用2—4支喷枪，喷入阳泉细粒度软质无烟煤粉，原计划6天，但喷煤粉后第6炉开始，连续出现下渣流动性极差，渣铁难分，以至将主沟及沙口小坑凝死，引起出铁工作失常……实际喷煤时间36时23分，喷煤粉量100.3 t，占本阶段总燃料量15.4%”。

上述试验后3天又进行第二次试验。喷煤量减少到总燃料的10%左右，每支枪喷吹量由1.1~1.5t/h降到0.4—0.5t/h。喷吹后第6炉开始再次出现下渣难流，主沟和小坑凝死现象。喷煤粉25.2 t，占此阶段总燃料量的7.8%。

随着炉渣变稠，渣中金属铁、TiN+TiC量显著升高，上渣流动性变化不大，但金属铁由2%以下增加到4—6%。试验期间焦比630—660kg，平均产量672t/d，计算渣量640kg/t铁。

根据以上数据估算出喷煤量：第一阶段为147.8kg/t铁；第二阶段74kg/t铁，对每吨渣则为321kg/t渣和115.6kg/t渣。这是对2—4支枪（即风口数的2—4/10）而言，所以对喷煤的风口来说，吨渣煤负荷又增大了很多，以4个风口计，增大了2.5倍。即喷煤风口可达802kg/t渣及289kg/t渣。依图6估计，这需要燃烧率达到97.5及93.1%以上才能满足渣中C≤1.2%的要求。显然这在当时是办不到的。

根据以上试验估计，当时燃烧率如果能到70%，最多允许40kg/t铁，而且要喷枪分布均匀。

普通矿可以多喷煤而渣不变稠的原因主要是：①普通渣不能湿润碳，因而进入渣中的碳粉能够因比重差上浮；②碳在普通渣中不起化学反应，渣本身性质不变，仅机械悬浮因素影响粘度。因此，在普通矿冶炼时，即使残碳进到渣中也没有象含TiO_2渣影响那样大。

六、结　论

1.在攀钢炼铁厂的含TiO_2渣中，混入不完全燃烧的碳时会增高渣粘度，在C≤1.2%时，对炉渣粘度影响较小，超过1.2%时渣粘度急骤升高；

2.随着渣中C升高，渣中TiN+TiC量也升高；

3.在保持渣中含碳不超过1.2%时，根据攀钢炼铁厂的条件，计算出了燃烧率与喷吹量的关系，当燃烧率为60—80%时，可喷务本煤38—70kg/t铁。

4.冶炼钒钛磁铁矿的高炉喷煤成功与否的关键是提高燃烧率和多喷枪，均匀分布。

参考文献

（1）攀枝花钒钛磁铁矿选矿烧结高炉冶炼试验资料汇编（内部资料）1978. 397—399.