

转炉溅渣护炉终渣熔化特性的研究

陈伟庆 袁辉 董履仁 李景捷

(北京科技大学)

郝修林 齐振亚 郭家林

(首钢三炼钢、技术中心)

摘要:对首钢转炉溅渣护炉的终渣熔化特性的研究表明,影响终渣熔化温度的主要因素是TFe%。渣中TFe%小于12.5%时,终渣的半球和全熔温度均明显提高,这对溅渣时提高炉渣的易粘附性和增加溅渣层的耐高温性都是非常有利的。终渣中少量的F含量,对炉渣熔化温度有非常显著的降低作用。渣碱度、MgO%、MnO%对高铁和低铁两类终渣的熔化特性有不同的影响。溅渣时加煤可降低溅渣层的TFe含量,并显著提高其熔点。

关键词:转炉 溅渣护炉 终渣 熔化温度

自90年代以来,美国应用转炉溅渣护炉技术取得显著成效后,我国不少转炉钢厂相继采用了这项技术,并使得炉令得到大幅度提高。首钢根据转炉出钢温度高的特点,采用低氧化铁终渣的溅渣操作,这一点与美国采用较高氧化铁的溅渣工艺有不同之处。在溅渣护炉工艺中,终渣的状态及合理调整对溅渣护炉效果有重要的影响。本项工作对转炉终渣的熔化特性及其影响因素进行了研究,其结果对于溅渣护炉实践操作具有现实意义。

1. 实验方法

炉渣熔化温度的测定在高温熔点炉(卧式Mo丝炉,温度可达1700℃)中进行。测定时,先将炉渣磨碎制成 $\phi 3\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的圆柱,放在Pt片上,在升温过程中通过光学投影系统观察样柱的熔化情况,用下式表示样柱的熔降率:

样柱熔降率(%) = $1 - \frac{\text{样柱高度}}{\text{初熔时样柱的高度}} \times 100\%$ 以样柱高度降低到50%时作为炉渣的半球点温度。实验所用渣样全部从首钢三炼钢厂80t转炉终渣和溅渣后选

取,部分渣样的主要成分见表1。

2. 实验结果

2.1 渣中TFe含量对终渣熔化特性的影响

渣中TFe%对炉渣熔点(半球点)的影响如图1所示,可看出,当TFe < 12.5%时,随渣中TFe%降低,炉渣熔点明显升高。当TFe > 15%时,TFe含量对终渣熔点影响不大。在TFe相近时,熔点有时相差很大,这是由于其它成分如渣碱度、渣中MgO%、CaF₂%等不同所造成。尽管如此,TFe%仍是影响终渣熔化温度的最重要因素。在实验中观察到,随温度升高,TFe含量高的渣样熔化后较快地平铺在Pt片上;而TFe含量低的渣样熔化后,需要经历相当长的升温过程才能平铺在Pt片上,有的低TFe渣样在温度达1650℃以上时,仍保持半球型状。这些现象说明,炉渣熔化的温度区间有很大差别,仅用半球点温度不能很好的表达炉渣的熔化特性。因而是,测定了不同TFe含量的终渣熔化曲线如图2所示。

表 1、渣样化学成分(%)

炉次	取样时间	TFe	MgO	CaO	SiO ₂	R(CaO/SiO ₂)
3-4789	出钢前	23.24	13.51	38.67	13.78	2.80
3-4789	加煤碱后	15.82	13.04	42.12	15.27	2.76
2-5371	加煤碱后	6.37	18.52	47.26	14.91	3.17
3-4788	出钢前	12.67	14.43	45.52	14.81	3.07
3-4788	加煤碱后	10.31	12.75	48.18	14.91	3.23
2-7183	出钢前	12.52	10.13	59.99	15.08	3.98
3-6806	出钢前	12.00	13.51	48.74	18.38	2.65
3-2727	出钢前	23.26	13.85	41.24	12.41	3.32
8-F6745	出钢前	21.27	12.15	51.74	14.22	3.64
3-2846	出钢前	12.88	10.15	48.50	15.86	3.06
3-2846	溅渣后	12.43	12.06	53.58	11.33	4.73

注:其它成分 MnO 1.1—1.7%, P₂O₅ 0.8—1.9%, F 1.5—2.2%, Al₂O₃ ~1%

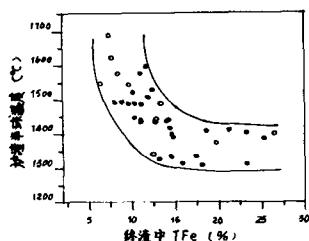


图 1 终渣 TFe% 与炉渣半球温度的关系

由图 2 可知,渣中 TFe% 对炉渣熔化曲线有显著影响。渣中 TFe 在 23.24—15.82% 范围内的炉渣熔化曲线相近,炉渣半球点仅为 1300°C。从初熔到全熔的温度范围约为 80°C。渣中 TFe 在 12.67—10.31% 范围内的炉渣熔化曲线相近,炉渣半球点约为 1450°C,全熔温度可达到 1650°C,从初熔到全熔的温度范围很大约为 380°C。当 TFe 降到 6.37%,炉渣半球点升高到 1550°C,温度达到 1700°C 时炉渣尚未全熔。上述现象可解释为,由于低熔点相(铁酸二钙)首先熔化,样柱高度开始下降,但因低熔点相的数量少致使炉渣的流动性差,而此时高

熔点相(硅酸二钙、MgO)仍为固相,所以随温度增加,样柱高度下降的很慢。可以认为,样柱熔降率随温度变化的快慢,取决于低熔点相的数量(即液相量)和渣粘度。当渣中 TFe% 低时,低熔点相少,高熔点的固相多,炉渣熔降率随温度变化的十分缓慢,这种炉渣溅到炉衬上。对提高溅渣层的耐高温性是非常有利的。

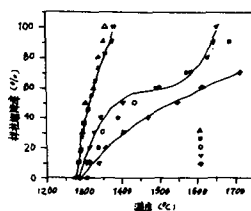


图 2 不同 TFe 含量的终渣熔化曲线

2.2 渣碱度对终渣熔化特性的影响

选取 MgO 含量相近的低氧化铁和高氧化铁两个渣样,分别配入少量化学试剂改变渣碱度(CaO/SiO₂=2.5—4.0),测定其熔化曲线,结果(图 3.4)表明,增加低铁渣的碱度可提高炉渣的初熔温度,但对炉渣半球温度影响不大;

对于高铁渣,增加碱度可明显提高炉渣半球温度,而对初熔温度影响不大。

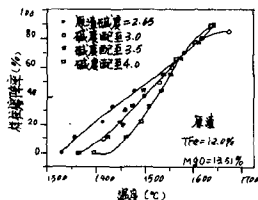


图3 不同 CaO/SiO_2 的低氧化铁终渣的熔化曲线

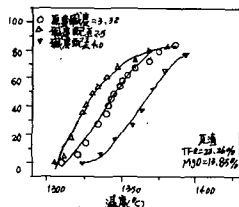


图4 不同 CaO/SiO_2 的高氧化铁终渣的熔化曲线

2.3 渣中 MgO 含量对终渣熔化特性的影响

选取碱度相近的低氧化铁和高氧化铁的两个渣样,分别配入少量化学试剂改变渣中 MgO 含量(10.13—18.15%),测定其熔化曲线,结果(图5、6)表明:增加低铁渣中的 MgO 可提高炉渣的半球温度和全熔温度;渣中 MgO 对高铁渣的熔化特性曲线没有影响。

2.4 渣中 MnO 含量对终渣熔化特性的影响

选取 MgO 相近的低氧化铁和高氧化铁的两个渣样,分别配入少量化学试剂改变渣中 MnO 含量(1.19—7.25%),测定其熔化曲线,结果(图7、8)表明:无论是低铁渣还是高铁渣, MnO 含量对半球点以后的熔化温度没有多大影响,但增加 MnO 含量能提高初熔至半球点的温度。首钢($\text{MnO}=1.9\%$)与宝钢($\text{MnO}=$

5%)相同 TFe 的终渣熔化曲线的测定结果也表明了这一点。

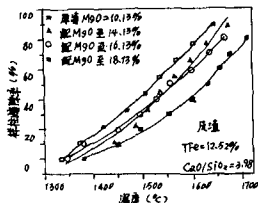


图5 不同 MgO 的低氧化铁终渣的熔化曲线

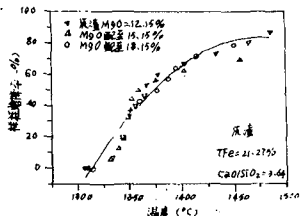


图6 不同 MgO 的高氧化铁终渣的熔化曲线

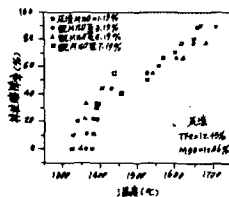


图7 不同 MnO 的低氧化铁终渣的熔化曲线

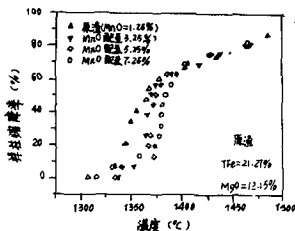


图8 不同 MnO 的高氧化铁终渣的熔化曲线

2.5 渣中 CaF_2 含量对终渣熔化特性的影响

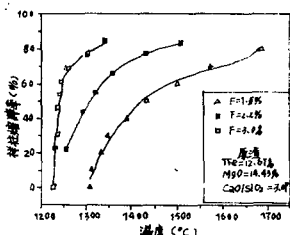


图9 不同F%的低氧化铁终渣的熔化曲线

低氧化铁终渣中F%对炉渣熔化曲线的影响由图9所示,可看出,渣中F含量分别从1.5%增加到2.2%和3.0%时,炉渣半球温度相

应从1430℃降到1310℃和1230℃,其初熔和全熔温度也明显降低。每增加1%的F可降低炉渣半球温度约130℃、降低全熔温度约230℃,说明少量的 CaF_2 对终渣熔化温度有非常显著的降低作用。

3. 加煤溅渣试验

上述实验结果表明,渣中TFe含量对终渣熔化温度的影响最大,降低渣中TFe含量可明显提高终渣熔点,从而提高溅渣层的耐高温性。因此在首钢三炼钢厂进行了加无烟煤溅渣试验,结果如表2所示,可看出,加煤溅渣可明显降低渣中TFe%,特别是先开氩气后加煤溅渣时,溅后炉渣平均降低TFe7.84%;而未加煤的对比试验炉次,溅渣前后渣中TFe变化不大。炉渣熔点测定结果表明,根据终渣TFe%不同,加煤后炉渣半球温度提高50—100℃。

表2. 加煤溅渣试验与未加煤溅渣的对比

先加煤后开氩溅渣8炉平均		先开氩后加煤溅渣4炉平均		加煤溅渣12炉	未加煤12炉
降TFe	加煤量(利用率)	降TFe	加煤量(利用率)	平均降低TFe	平均增TFe
3.51	2.3kg/t钢(25%)	7.84%	2.8kg/t钢(46%)	4.96%	0.09%

在加煤溅渣试验时现场观察到,加煤后炉渣明显变的粘稠,且由于还原反应生成的气体产生泡沫渣的作用,溅渣后炉渣可以更加均匀的挂在炉衬上。溅后观察,炉渣已大部分挂在炉衬上,炉内残渣很少,取样困难,大部分炉次的溅后渣样是从炉内倒出的残渣中捡取的。特别是有后吹和终点C含量低的炉次,由于终渣TFe较高,溅渣时炉衬不易挂渣,加煤后炉渣则能很好的挂在炉衬上。

4. 结论

4.1 终渣TFe含量对炉渣熔化温度有显著影响。渣中TFe%小于12.5%时,终渣半球和全熔温度均明显提高,这对溅渣时提高炉渣的易粘附性和增加溅渣层的耐高温性都是非常有利的。

4.2 在低氧化铁终渣中,增加1%的F时,炉渣半球温度降低约130℃、全熔温度降低约230℃;增加MgO%时,可提高炉渣半球至全熔温度;增加碱度和MnO%,可提高炉渣初熔温度。

4.3 在高氧化铁终渣中,增加碱度时,可提高炉渣半球至全熔温度;增加MnO%时,可提高炉渣初熔温度;增加MgO%对炉渣熔化温度无明显影响。

4.4 加煤溅渣能够明显降低渣中的TFe含量,从而使溅渣层的熔化温度显著提高。同时加煤溅渣还能较好的解决出钢温度高时,在后吹和终点C含量较低的情况下,终渣氧化铁较高不易挂渣的问题。