

高炉出铁过程中铁水温度及成份的变化

江油钢铁厂 文 林

【摘要】 通过大量的测定,掌握了出铁时铁水温度和生铁成份的变化规律。经分析,了解了铁水温度与各种因素的关系。据此对控制稳定的炉缸温度有指导意义。

【关键词】 理论燃烧温度 炉缸温度 铁水温度 [Si] [S]

高炉冶炼中,一直依据生铁中的硅、硫含量及固体渣铁断面状况来判断炉缸温度的高低。这一方法对高炉操作起着有益的作用,但实际用这种传统的操作观念表示炉缸温度是不确切的,而用渣铁的物理温度和风口前理论燃烧温度作为衡量炉缸温度高低是科学的。

为了选择不同冶炼条件下适宜的炉缸温度,1999年7月至2000年9月在江钢100m³高炉,分别在出铁口、余铁沟、小沟处,对出铁过程中铁水温度变化进行了四十八次测定,从而找出了有规律的变化,对指导高炉生产有实际意义。

1 测定结果分析

通过对铁水温度的大量测定。查明了在出铁过程中铁水温度和生铁成份的变化规律,对此进行如下分析:

1.1 铁水温度变化

图1、图2和图3是在炉况正常,炉况向热和向凉时期所测定的三组曲线。

炉况正常时,出铁过程中铁水温度平稳,波动幅度较小,直到堵铁口前3~5分钟,温度仅下降10℃(图1);炉况向热时,铁水温度变化幅度大于正常炉况时的铁水温度变化幅度,并且随着时间的推移(从图2中的温度曲线①→②→③→④变化看),总的趋势是铁水温度在上升。铁口来渣以后,铁水温度急剧升高,由1470℃上升到1520℃。表明炉子热劲很大,需要调整;而炉温向凉时,在出铁中期

以后,铁水温度逐渐下降(图3)。料速又不断加快,表明炉况向凉。

由三组曲线看出,无论是炉温正常,向热或向凉,其铁水温度变化是有规律的。从打开铁口出铁的最低温度迅速上升到最高值,并维持在此水平上,直到堵铁口时,铁温才略有下降。另外经常发现,铁口来渣前,铁温稍有降低,来渣后又迅速恢复进而达到最高水平,这是一般高炉在出铁过程中铁水温度变化的共性。

铁水温度变化之原因是物料和气流运动的变化造成的。在出铁前,炉缸中积存大量渣铁液,开始出铁时,处于铁口附近的圆周部份的铁水首先流出,其温度较高,所以铁水温度直线上升。但在出铁初期沟温度低,引起铁水温度降低,未能达到最高值,随着铁水向炉外不断排出,炉缸内渣铁液面均在下降,中心焦炭柱下移,并连续向边沿移动,则冷焦炭会引起铁水温度缓慢下降;如图(1、2、3)中②点所示:

当铁口见渣时,因渣温高于铁温,大量渣铁液从铁口排出,其流量流速都较大,使铁水温度升高,并一直维持在较高的水平上。出铁终期,因为铁水已大量排出,上部熔融物迅速下降至炉缸,铁水未能被充分加热,加之炉缸底部铁水温度较低,成为堵铁口前铁温下降的基本原因。

1.2 生铁成份变化

图1、2、3表明出铁过程中的铁水温度变化伴随着的生铁成份变化,通过大量研究,查

明了[Si]的行为,进入铁水中[Si]是通过焦炭灰份在风口带高温区生成SiO₂进行还原而达到最高值。当铁水穿过渣层之后,硅被渣中的FeO和MnO氧化,引起生铁中的硅含量降低。一般说来[Si]含量主要是由炉料成份和在炉内停滞时间以及焦比高低来决定。然而,在出铁过程中[Si]含量在一定范围内是随着

炉缸温度升高而增加,[Mn]与铁温关系和[Si]亦有相同规律。生铁中的硫在碱度和渣量一定的情况下,随炉温上升而下降。高炉中生铁渗炭的基本原因是熔融物与焦炭接触的原故。通常[Si]愈高,石墨炭折出愈多,生铁含炭量就愈低,反之亦然,但在出铁过程中[C]的变化无明显规律。

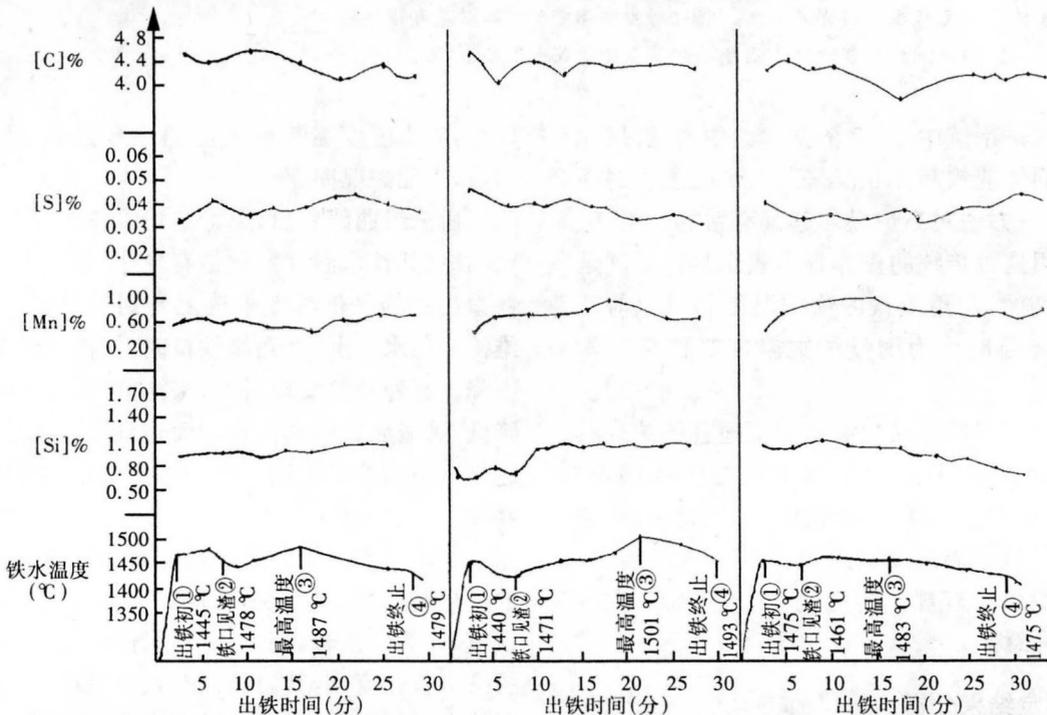


图1 高炉炉温正常曲线 图2 高炉炉温向热曲线 图3 高炉炉温向凉曲线

2 炉缸温度的选择

2.1 铁温控制范围

高炉热制度要求稳定均衡的炉缸温度,以保持铁水温度和生铁成份的一致和稳定。

国内外一些大型高炉依据风口前的理论燃烧温度和铁水温度作为判断和控制炉缸温度的基本参数,并以生铁成份变化作为衡量炉缸工作均衡稳定的指标,以此能够正确,定量地反映出炉缸工作状态。理论燃烧温度和铁水温度是由炉容、铁种、燃烧比、风温和综合鼓风等决定的,一般说来,理论燃烧温度愈高,铁水温度愈高,两者呈线性关系,见图4:

目前,随着炉容增加和冶炼条件的改善,各国高炉的风口前理论燃烧温度都较高,日

本居首位,理论燃烧温度一般在2400~2457℃。铁温1500~1530℃,炉缸工作均匀,稳定。一炉铁水温度波动范围仅有2~3℃,铁水中Si、C、S成份波动幅度也极小,炉缸周围和截面的工作这样均匀稳定,当然有利于炉况顺行。国内主要铁厂有关铁温的控制范围:

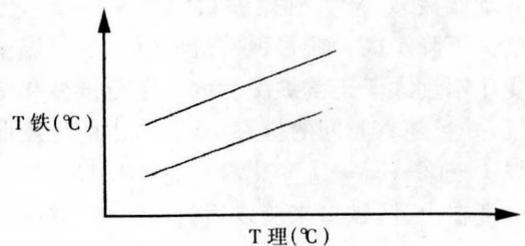


图4 理论燃烧温度与铁水温度关系

- 鞍钢高炉铁温 1400~1480℃；
- 首钢高炉铁温 1460~1480℃；
- 太钢高炉铁温 1400~1440℃；
- 武钢高炉铁温 1440~1490℃；
- 包钢高炉铁温 1440~1510℃；
- 安钢高炉铁温 1440~1480℃。

江钢高炉与国内同容积的高炉相比，铁温波动大，铁温一般在 1380~1480℃，煤气利用率较低，直接还原率一直较高，正因为这样，维持充足的炉缸温度尤为重要。

2.2 铁温与各种因素的关系

影响铁温的因素如前所述，江钢高炉在生产炼钢生铁时，熟料比 70~75%，风温 900~1000℃，炉渣碱度 1.15~1.22(二元碱度)的条件下，对铁温的多次测定，描绘出铁温与 [Si]含量的关系见图 5。

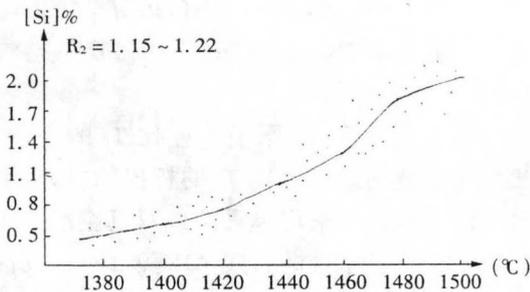


图 5 铁水含硅与铁水温度关系

从测定数据看出，[Si]含量随铁水温度升高而增加，在上述冶炼条件下，[Si]=0.5~0.8%时，铁温在 1380~1420℃，[Si]=0.8~1.25%时，铁温在 1420~1450℃，铁温超过 1460℃时，可产生铸造生铁。

江钢高炉铁温究竟多高为宜，在正常冶炼条件下，铁水温度维持在 1410~1440℃，[Si]稳定在 0.6~0.9%是能够保证高炉正常冶炼的，但是，由于燃料成份，烧结矿成份波动大，炉缸温度难于稳定，因此，铁水温度应维持在 1430~1450℃。[Si]在 0.7~0.95%为好。

铁温是随冶炼条件而变化的，在冶炼高 FeO 烧结矿 (30%) 时期 [Si] 一般维持在

0.95%左右，此时铁水温度比冶炼普通矿时低 100℃以上。随熟料增加，铁水温度上升，每增减 10%的熟料比，影响铁水温度 5~10℃。在不同风温基准条件下，增加 100℃风温可上升 10~18℃，见图 6，据此可以认为，在条件允许时，增加风温和提高熟料比，既利降低焦比又利提高炉缸温度，一举两得。

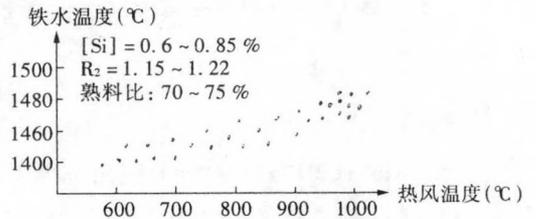


图 6 铁水温度与热风温度关系

实践表明，保持充足稳定的炉缸温度，对降低生铁中含硫量有着重要的影响，见图 7。

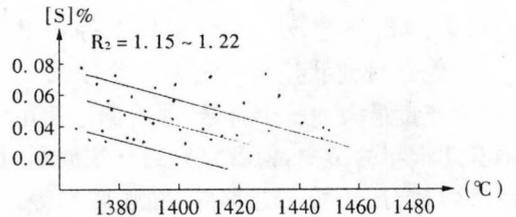


图 7 铁水温度与生铁含硫关系

当焦炭含硫量为 0.7~0.75%时，炉渣碱度 1.15~1.22 时，铁水温度维持在 1400~1480℃时，生铁含硫量一般在 0.03~0.05%。而且随铁温升高含硫量在下降。

综上所述，可以认为，由于江钢高炉炉容小，入炉原材料品种杂，成份波动大，对炉缸温度的控制既要遵循普遍规律，又要注重特殊性。应维持充足而稳定的铁水温度，否则，当铁水温度过低时引起渣铁流动性变差，炉缸排出能力恶化，液面上升透气性恶化，并伴随着软熔带位置下移，招致炉况失常，严重时导致炉缸冻结等重大事故。发生铁水温度过高，由于软熔带位置上升，引起透气性恶化，而且温度一升高，燃料比必然增加，可见，铁

(下转第 19 页)

上等等表明,微量 Ca 能够提高钢的纯洁度,降低钢中夹杂物含量,改善钢的塑性,因而和 Al 相比较,具有较明显的优越性。

6.3 热处理制度对 D₆AC 钢冲击值 AK 的影响

就高强度结构钢 D₆AC 而言,退火前的一至二次正火处理,对细化钢的晶粒及提高钢的组织均匀程度,都具有积极的作用,因而对钢的综合性能的提高有一定效果。这一点不仅是对 D₆AC 钢,而对于多数结构钢而言都有普遍作用,这一点已被广大同行认同。

图 3、4 为 D₆AC 钢不同回火温度与性能之间的关系图,从图中可以看出,当回火温度从 500℃ 上升到 600℃ 时,钢的冲击值 AK 得以提高,而 δ_5 与 ψ 也有相应提高。 δ_5 与 $\delta_{0.2}$ 有下降趋势但不明显。故回火温度的合理选择也是提高 D₆AC 冲击值 AK 的有效手段。

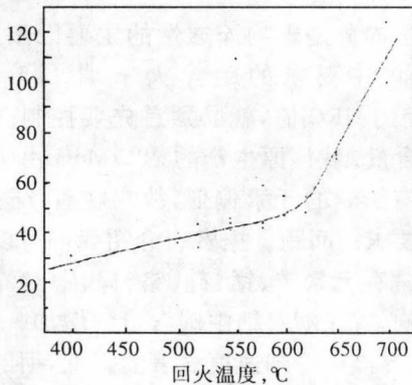


图 3 回火温度对冲击功的影响

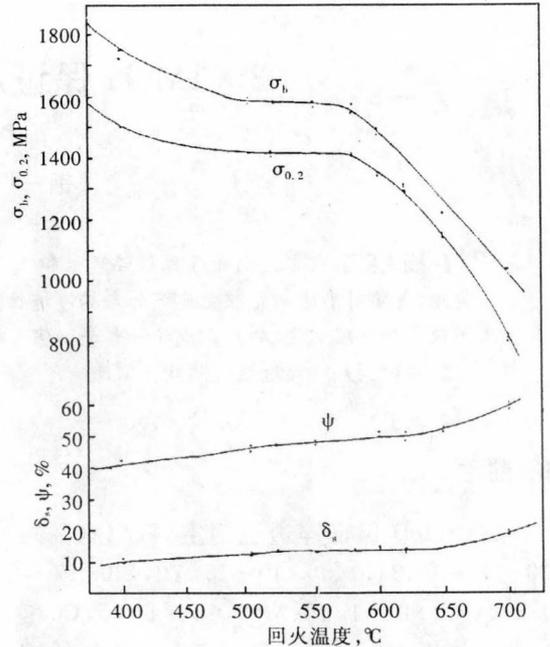


图 4 回火温度对拉伸性能的影响

7 结论

综上所述,通过对 D₆AC 钢冲击值 AK 偏低的原因分析,对照我厂的生产工艺,提出以下几点建议:

建议一:适当提高钢中的 V 含量,以达到细化晶粒的目的。

建议二:通过退火前的一至二次正火,以达到细化晶粒,提高钢的综合性能。

建议三:认真考虑脱氧制度,最好少 Al 多 Ca。

建议四:调整回火温度范围。

(上接第 3 页)

水温度过低或过高,对高炉冶炼都是不利的。

3 结论

1. 风口前理论燃烧温度和铁水温度以及生铁成份是衡量炉缸工作好坏的重要标志。出铁过程中铁温和生铁成份变化规律,在其他因素一定时,主要是由焦炭运动的多样

性和炉缸工作状态引起的。

2. 铁水温度能够正确反映出炉缸温度,用 [Si] 含量表示炉缸温度是不确切的,在目前冶炼条件下,江钢高炉铁水温度应控制在 1440~1480℃, [Si] 维持在 0.70~0.95%,碱度在 1.15~1.20 较为合适。一旦原料成份稳定,熟料比 75% 左右,风温 900~1000℃ 时,则 [Si] 含量应控制在 0.6~0.8%。