

铁水单耗对转炉炼钢工艺影响分析

重钢技术中心技术处* 章金南

【摘要】 本文立足重钢七厂现行生产条件,通过理论计算及误差分析,探讨了七厂铁水单耗理论平衡点,分析了七厂降低铁水单耗的潜力与途径,分析了在理论平衡点以下进一步降低铁水消耗对炼钢工艺的影响。

【关键词】 铁水单耗 转炉炼钢 工艺 分析

1 前言

自1993年3月公司七厂转炉建成投产,公司炼钢工艺结构发生了根本性变化,以平炉—模铸为主的炼钢工艺被转炉—连铸的炼钢工艺方式取代,炼钢生产能力及装备水平上了一个台阶。由于转炉炼钢以高炉铁水为主要原料,炼钢能力的提高,铁水供应满足不了炼钢的生产要求。因而“节铁增钢”成为近几年公司生产经营的指导方针之一。

近几年,公司的生产组织方针从“吨钢吨铁”,逐步发展到“950kg铁水炼1t钢”,炼钢节约铁水成为公司广大炼钢工程技术人员关注的课题。

本文以公司现行生产条件为基础,通过基本理论计算分析,误差分析,探讨重钢七厂铁水单耗理论平衡点,分析七厂降低铁水单耗的潜力与途径及在理论平衡点以下降低铁水单耗对工艺的影响。

2 基本数据

a. 铁水成分(%):

C	Si	Mn	P	S	铁水入炉温度(℃)
4.20	0.64	0.46	0.200	0.031	1280

b. 终点成分控制目标(%):

C	Si	Mn	P	S
0.15		0.174	0.015	0.022

c. 元素氧化热效应($4.1868 \times 10^3 \text{J}$):

C	— CO	2616.9
Si	— SiO_2	6767.2
Fe	— FeO	1150.5
P	— P_2O_5	4522.6
SiO_2	— $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	495.0
C	— CO_2	8250.7
Mn	— MnO	1677.9
Fe	— Fe_2O_3	1758.1
P_2O_5	— $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$	1162.1

d. 理论估算铁水单元:100kg

e. 七厂炼钢辅料消耗情况:

石灰	106.71kg/t;	萤石	3.31kg/t;
白云石	20.69kg/t;	补炉料	

11.60kg/t。

f. 主要物化指标:

铁水熔点 1090°C ; 钢水熔点 1518°C ; 出钢温度 1650°C

其它物化指标借用《炼钢手册》有关参数。

3 基本热平衡计算

3.1 热收入项

a. 铁水物理热:

$$100[0.178(1090-25)+52+0.2(1280$$

$-1090)] = 27957 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

b. 化学热

铁水中元素氧化化学热 ($4.1868 \times 10^3 \text{J}$):

C —CO $3.645 \times 2616.9 = 9538.6$

C —CO₂ $0.405 \times 3250.7 = 3344.5$

Si —SiO₂ $0.64 \times 6767.2 = 4331.0$

Mn —MnO $0.286 \times 1167.9 = 479.9$

Fe —FeO $1.056 \times 1150.5 = 1214.9$

Fe —Fe₂O₃ $0.475 \times 1758.1 = 835.1$

P —P₂O₅ $0.185 \times 452.6 = 836.7$

P₂O₅ —4CaO·P₂O₅ $0.433 \times 1162.1 = 503.2$

SiO₂ —2CaO·SiO₂ $1.535 \times 495.0 = 759.8$

合计 $21843.7 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

烟尘氧化化学热:

按有关资料取 $1500 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

总热收入为:

$27957 + 21843.7 + 1500 = 51300.7$
($\times 4.1868 \times 10^3 \text{J}$)

3.2 热支出项

钢水物理热:

$90.5[0.167(1518-25)+65+0.2(1650-1518)] = 30836.2 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

炉渣物理热:

$16[0.298(1650-25)+50] = 8013.75$
($\times 4.1868 \times 10^3 \text{J}$)

烟尘物理热:

按有关资料取 $620 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

炉气物理热:

按有关资料取 $4900 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

渣中铁珠物理热:

按有关资料取 $510 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

喷溅金属物理热:

按有关资料取 $345 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

上述总热支出为 $45224.81 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

其它热辐射,对流、传导,冷却水带走等热支出按 3% 估算 $51300.7 \times 3\% = 1539.0$
($\times 4.1868 \times 10^3 \text{J}$)

总剩余热量为:

$51300.7 - 45224.81 - 1539 = 4536.95$
($\times 4.1868 \times 10^3 \text{J}$)

3.3 废钢加入量计算

1kg 废钢吸热为 $342.4 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$;

加入废钢量为: $4536.95/342.4 = 13.25$
(kg)

废钢比为: $13.25/(100+13.25) = 11.70$
(%)

按七厂钢铁料消耗 1115kg/t 计算,其钢料消耗结构为:

废钢 130.45kg/t

铁水 984.55kg/t。

4 误差分析

理论估算与七厂实际存在下列误差:

a. 出钢温度

理论上出钢温度应控制在 1650°C ,而七厂实际出钢温度是 1680°C ,增加热支出 $543 \times 4.1868 \times 10^3 \text{J}$

b. 渣量

实际渣量 18.4kg,比 16kg 多 2.4kg;增加热量支出 $1981 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

c. 渣中氧化铁

渣中氧化铁被低估,实际氧化成 FeO 的 Fe 为 1.717kg,氧化成 Fe₂O₃ 的 Fe 为 0.773kg,使化学热增加收入 $1284 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

d. 终点 C

实际终点 C 为 0.08%,由于 C 氧化量增加,化学热增加 $220 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$

以上四项误差因素相抵后,增加热支出 $1020 (\times 4.1868 \times 10^3 \text{J})$,减少废钢 30kg/t。因而,在七厂现行生产条件下,其热平衡下的铁水单耗为:1014.55kg/t。考虑系统计算误差 1%,可以认为七厂在热平衡条件下铁水单耗为:1004~1024kg/t。七厂 1996 年全年铁水单耗为 1005kg/t,基本达到了热平衡条件下的下限。

5 降低铁水单耗的主要途径

a. 采用烧焦炉煤气生产石灰,把石灰中的 S 降下来,提高石灰活性度,使七厂石灰消耗由 106kg/t 降到 70kg/t,仅此一项就可以

多吃废钢 40kg/t。

b. 用部分生铁取代废钢,在同样物理热的情况下,增加化学热。

c. 提温材料的合理使用,以克服炉与炉之间的不平衡性。从工艺上考虑,不宜把增加提温剂的使用量作为增加废钢比的技术手段。现转炉上使用的提温剂有碳质与硅碳质,碳质由于 S 含量较高,难以提高使用效果;硅碳质由于硅氧化成 SiO_2 ,降低熔渣碱度而增加石灰消耗,反过来影响提温效果。

d. 合理使用二次燃烧氧枪,提高 C— CO_2 的比率,进而提高转炉热效率。

e. 提高钢包红包温度;提高连铸浇铸速度,以降低出钢温度。

f. 提高冶炼操作水平;降低喷溅及渣中带铁量。

g. 提高铁水入炉温度,以增加物理热收入。

通过以上措施,可以在对工艺影响较小的前提下,实现铁水单耗 950kg/t 的目标。

6 在热平衡条件下进一步降低铁水单耗的工艺影响分析

6.1 对转炉炉龄影响分析

从上述热平衡计算可知,在热平衡条件下,进一步降低铁水单耗,使转炉系统热量收支不平衡,势必出现以下情况,才能实现新的平衡:

a. 转炉不采用提温剂,只有后吹,降低终点 C 及增加渣中 $\sum \text{FeO}$ 含量,渣子侵蚀性加强,显然不利于提高炉龄。

b. 采用提温剂

采用碳质提温剂(如冶金焦),由于其 S 含量高(达 0.9%),不利于终点 S 的控制,增加石灰消耗,增加渣量,不利于提高炉龄;

采用碳硅质提温剂,由于 Si 氧化成 SiO_2 ,降低终渣碱度;增加石灰消耗,增加渣量,不利于提高炉龄。

6.2 对钢质影响分析

在热平衡条件下,进一步降低铁水消耗,

无论是在理论上还是七厂生产力实际中,都证明终点碳要降低。根据终点 C—O 平衡理论,终点碳低,其终点氧含量必然增加,即通常说的“过氧化”,氧化的后果是钢中的夹杂物含量上升,钢质下降。采用提温剂可以在一定程度上防止过氧化,但在大渣量下难以炼出好钢。

6.3 对消耗影响分析

钢铁料消耗:由于渣中 $\sum \text{FeO}$ 增加,Fe 吹损增加,使消耗上升;

合金消耗:由于钢中 [O] 增加,合金回收率降低,消耗上升;

石灰消耗:采用提温剂,均引起石灰消耗的上升;

提温剂消耗增加。

6.4 对炼钢成本的影响

从上面“两低四高”(低炉龄,低钢质,高钢铁料消耗,高合金消耗,高石灰消耗,高提温剂消耗)可以看出其结果是引起炼钢高成本。

7 结语

a. 经理论测算及误差分析,认为在热平衡条件下,七厂的铁水单耗为 1004~1024kg/t。七厂实际铁水消耗 1005kg/t,接近其理论下限水平。

b. 在热平衡条件下,进一步降低铁水单耗,将引起炉龄,钢水质量的降低,引起钢铁料消耗,合金消耗,石灰消耗,提温剂消耗的上升,进而引起炼钢成本的上升。

c. 在七厂现行生产工艺条件下,七厂铁水单耗最佳控制范围是 1004~1024kg/t。在公司现铁水供应紧张的情况下,通过加强工艺控制,降低石灰消耗,减少喷溅及渣中铁珠含量,合理利用提温剂,将七厂铁水单耗控制在 950kg/t,在工艺上是基本可行的。其对工艺带来的不良影响不会很明显。

d. 若将七厂铁水单耗控制在 950kg/t 以下甚至更低,热平衡将被严重打破,工艺负面影响将会明显显现出来。