

70 t 电弧炉应用热压块 HBI 冶炼的工艺实践

秦 军

(宝钢集团新疆八一钢铁股份公司第二炼钢厂, 乌鲁木齐 830022)

摘 要 70 t 电弧炉的炉料装入量为 80 ~ 81 t, 其中热直接还原铁热压块 HBI 为 14.6 ~ 15.2 t, 铁水 23 ~ 27 t, 其出钢量 77 ~ 78 t, 电耗 316 ~ 324 kWh/t, 氧耗 29.7 ~ 33.0 m³/t, 冶炼周期 48 ~ 54 min。生产实践表明, 热压块是优质废钢的替代品, 可促进电弧炉脱磷和脱碳反应, 降低氧耗 1.3 ~ 3.2 m³/t, 但每增加 1% 热压块则增加电耗 3.5 kWh/t, 所以炉料为全废钢时不宜配加热压块, 当加入 30% 铁水和加入 10% 热压块时可以达到冶炼过程最优化。

关键词 70 t 电弧炉 热压块 电耗 冶金质量

Practice for Steelmaking Process of a 70 t Arc furnace by Using Hot Briquette Iron

Qin Jun

(No.2 Steelmaking Plant, Xinjiang Bayi Steel and Iron Co Ltd, Baosteel Group, Wulumuqi 830022)

Abstract Charged weight for the 70 t arc furnace is 80 ~ 81 t including direct reduction iron hot briquette (HBI) 14.6 ~ 15.2 t and hot metal 23 ~ 27 t, its tapping liquid amount is 77 ~ 78 t, electric power consumption 316 ~ 324 kWh/t, oxygen consumption 29.7 ~ 33.0 m³/t and tap-to-tap time 48 ~ 54 min. Steelmaking practice shows that HBI is a substitute for quality scrap, it is available to improve dephosphorization and de-carbon reaction, decrease oxygen consumption 1.3 ~ 3.2 m³/t, but with increasing every 1% charge of HBI the electric power consumption increases 3.5 kWh/t, therefore it is not suitable charging HBI only with scrap, as charging 30% hot metal and 10% HBI the steelmaking process is optimization.

Material Index 70 t Arc Furnace, HBI, Electric Power Consumption, Metallurgy Quality

我国新疆的富蕴等地相继建成了气基还原法生产直接还原球团和煤基法生产直接还原铁的企业, 其产品已成功应用于八钢 70 t 直流电弧炉合金钢生产线和 110 t 交流电弧炉板坯生产线, 以及内地多家铸造企业和炼钢企业, 对于缓解废钢铁原料的短缺和提高产品质量起到了积极的作用。但是上述两种产品在使用过程中, 还存在金属收得率较低、在电弧炉冶炼过程中容易产生冷区等缺点, 使用受到了一定的限制。

采用气基法生产的热压块克服了部分气基还原法生产的直接还原球团和煤基法生产的直接还原铁的缺点, 从外观质量上来看, 有明显的金属光泽, 比重和粒度也非常适合电弧炉冶炼的要求。所以, 采用热压块在 70 t 电弧炉生产首批 6 万 t 钢, 收到了良好的经济效益。

1 直接还原铁工艺和电弧炉的工艺参数

直接还原是指在矿石不熔化、不造渣的条件下将铁的氧化物还原为金属铁的工艺方法。这种方法用烟煤或天然气作还原剂, 不用焦炭, 不用庞大的高炉, 直接还原是在固态温度下进行, 所得的产品称为直接还原铁 DRI (Direct Reduction Iron)。热压块属

于直接还原铁的一种。

目前直接还原法主要有气基直接还原法和煤基直接还原法两大类。直接还原铁的金属化率均在 90% 左右。直接还原铁由过去的海绵铁 (Sponge Iron) 发展为现在的粒状直接还原铁 (DRI) 以及块状的热压块 HBI, 由于直接还原铁中金属铁的含量较高, 而且硫和磷的含量比较低, 所以是电弧炉生产纯净钢的重要钢铁原料的替代品。2009 年 8 月 11 日第二炼钢厂使用的热压块的基本成分如表 1 所示。

表 1 热压块的成分/%
Table 1 Ingredient of HBI / %

SiO ₂	Mn	S	P	Fe	FeO
4.11 ~ 4.29	0.04 ~ 0.056	0.004	0.020	88.6 ~ 89.4	5 ~ 6.2

电弧炉的公称容量为 70 t; 实际平均出钢量大于 80 t; 留钢量 7 ~ 10 t; 供氧吹炼方式: BSE 炉门碳氧枪; 供氧强度 4 500 ~ 5 800 m³/h (分 25%、75%、100% 三档可调); 泡沫渣碳粉喷入速度 0 ~ 80 kg/min, 分高低档可调; 铁水主要成分: 4.0% ~ 4.8% C、(P + S) ≤ 0.10%; 冶炼周期 40 ~ 55 min; 铁

水热装比例 20% ~ 45%; 造渣方式: 采用石灰作为主要渣料造渣。

2 电弧炉配加热压块对于冶炼工艺的影响以及理论计算和分析

2.1 热压块对料型的影响

此次供货的热压块, 粒度为 50 mm × 100 mm, 按照组分的质量含量计算密度的方法见下式:

$$\rho_{\text{热压块}} = \rho_{\text{铁}} \times 88\% + \rho_{\text{氧化铁}} \times 5.5\% + \rho_{\text{二氧化硅}} \times 4.1\% + \rho_{\text{锰}} \times 0.056\%$$

理论计算的密度在 6.1 ~ 6.5 t/m³, 与实物的密度接近。从粒度来看, 热压块能够改善电弧炉的料型, 降低电弧炉加料后的料高, 避免炉盖旋转不回冶炼位。

2.2 对于冶炼电耗的影响

从成分来看, 由于热压块含有部分氧化铁, 氧化铁在冶炼过程中的还原反应是一个吸热反应。

经过热力学的相关计算, 八钢加入的热压块量每加入 1%, 吨钢冶炼电耗上升 3.5 kWh/t, 由于电弧炉每配加 1% 的铁水, 冶炼电耗下降 5 kWh/t, 所以热压块适合于热装铁水冶炼。并且铁水的比例必须大于热压块的加入比例 20% 以上, 加入热压块从降低电耗的角度上来讲才能够完成公司下达的计划电耗目标。

2.3 对钢铁料收得率的影响

按照表 1 的成分, 热压块的理论金属收得率计算公式表示为:

$$\mu_{\text{热压块的收得率}} = 100\% - \text{SiO}_2\% - \text{P}\% - \text{S}\% - \text{Mn}\% - (2.5\% \sim 5.5\%) = 88\% \sim 90\%$$

计算结果表明, 热压块的金属收得率为 88% ~ 90%。电弧炉的配碳量(即铁水加入量和生铁的加入量)决定了热压块的回收率。配碳量较高, 热压块中间的氧化铁被还原进入熔池的几率大, 热压块的回收率在上限, 反之亦然。

2.4 对渣料的影响

电弧炉的泡沫渣的最佳碱度为 2.0, 所以加入 1 t 热压块, 需要渣料石灰 CaO 量的计算式为:

$$W_{\text{CaO}} = 1000 \text{ kg} \times W_{\text{HBI}(\text{SiO}_2)\%} \times 2.0 + 2 \times W_{\text{CaO}(\text{SiO}_2)\%} = 85 \text{ kg/t}$$

式中: $W_{\text{HBI}(\text{SiO}_2)\%}$ - HBI 中 SiO₂ 的百分含量/%;

$W_{\text{CaO}(\text{SiO}_2)\%}$ - 渣料石灰 CaO 中 SiO₂ 的百分含量/%。

所以加入 1 t 的热压块渣料石灰增加 34 ~ 40 kg

(和加普通的通料相比较, 2009 年 7 月用 70 t 电弧炉的石灰单耗为 59 kg)。另外, 因为热压块含有氧化铁, 能够促进石灰的溶解, 提高成渣的速度, 有利于提高石灰的利用率。计算结果表明, 热压块的最佳加入量为 15%, 最高上限 20%, 超过 20%, 电弧炉的渣料使用量将明显增加。

2.5 对质量的影响

从成分的分析 and 国内外的文献综合可知, 热压块中间的 Cr、Ni、Cu、Zn、Pb 含量很低, 配加热压块可以有效的稀释钢中的 Cr、Ni、Cu、Zn、Pb, 有效降低钢中这些残余有害元素, 降低钢中的 [H]、[N], 对于减少铸坯的表面网状裂纹, 提高铸坯基体组织的性能有积极的意义。

2.6 对冶炼的影响

由于此次热压块的尺寸较好, 其块度为 5 cm × 10 cm。其对冶炼的影响为: (1) 可以方便配料工调整料型的结构, 减少压料; (2) 热压块可以提高化渣速度, 提高泡沫渣的质量, 优化脱碳及脱磷的操作, 降低氧耗。

3 70 t 电弧炉配加热压块的实践效果

本次配加热压块, 通过现场跟踪, 冶炼的效果分为以下几个方面。

3.1 冶炼过程中的泡沫渣操作

冶炼过程中, 热压块的化渣功能得到了充分的体现, 电弧炉铁水加入量在 27% ~ 33%, 电弧炉在送电至 11 MWh 时, 泡沫渣的发泡高度就可充分满足埋弧需要, 电弧炉脱磷脱碳反应顺利, 发泡剂碳粉点喷就可以满足操作的需要, 但是电弧炉的电耗比不加热压块时的电耗有明显增加, 这是造成电弧炉冶炼通电时间较长的主要原因。此外电弧炉的泡沫渣改善, 钢水的收得率明显提高。电弧炉石灰加入量比不加热压块时有所下降。配加热压块以后, 冶炼的部分炉次的的数据见表 2。

3.2 冶炼电耗的影响

电弧炉配加热压块对于冶炼电耗的影响统计回归计算关系见图 1, 即每增加热压块配加量占炉料的 1%, 电弧炉冶炼电耗增加 3.0 ~ 4.0 kWh/t。

表 2 配加热压块的冶炼参数
Table 2 Steelmaking parameters with charging HBI

炉号	装入量/t	热压块量/t	铁水量/t	出钢量/t	吨钢电耗/kWh	吨钢氧耗/m ³	冶炼周期/min
09D0689	80	14.6	23	78	316	29.7	48
09D0691	80	14.8	27	78	318	32.0	54
09D0692	81	15.2	27	77	324	33.0	51
09D0693	80	15.0	27	78.8	318	32.0	52

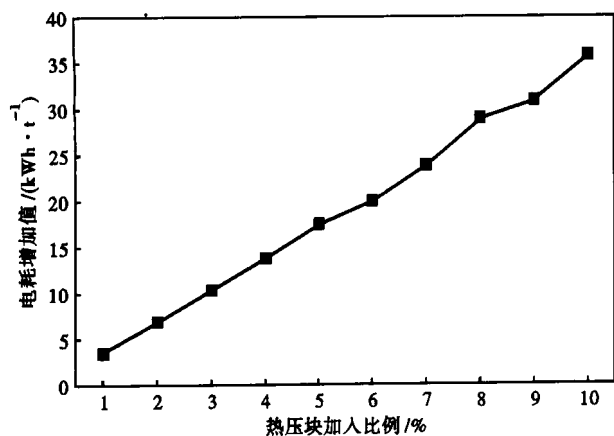


图 1 热压块加入比例对吨钢电耗增加值的影响

Fig.1 Effect of charging ratio of HBI on increment of electric power consumption

2009年公司给予第二炼钢厂的电弧炉电耗指标为 325 kWh/t,要完成此指标,铁水的热装比例须保证在 30%,热压块的加入比例在 10%,即铁水和热压块的比例为 3:1 时,电弧炉的电耗指标才能够完成。

3.3 金属收得率和氧耗

由于热压块块度较好,杂质含量少,含有氧化铁,在热装铁水的情况下,加入量合理时,有利于脱碳和脱磷反应的控制,改善泡沫渣的操作,有利于金属收得率的整体提高,分析结果显示,热压块的金属收得率大于 86%,平均 89%。

直接还原铁中间含有的部分氧化铁,参与化学反应以后,可以节约部分的氧耗,实践结果显示,直接还原铁每增加 1%,吨钢氧耗下降 0.6 ~ 1.1 m³/t。

3.4 钢水质量

热压块配加以后,电弧炉残余有害元素 Cu、Zn、Pb 明显降低,钢水质量得到明显的改善,没有配加热压块和配加热压块相比,钢中残余有害元素 Cu

含量由 0.10% 降至 0.06%。

3.5 渣料的消耗

配加的热压块比例小于 20%,渣料比不加热压块的时候少 100 ~ 300 kg/炉,和理论的分析略有出入,这和热压块没有含渣土,废钢条件较稳定有关,并且 HBI 中间的氧化铁参与化渣,提高了石灰的利用率造成的。

4 结论

(1)热压块是一种优质废钢的替代品,可以有效地稀释钢中的残余有害元素,促进电弧炉的脱磷脱碳反应,降低冶炼氧耗(每炉节约氧气 100 ~ 250 m³),简化操作,能够明显提高电弧炉粗炼钢水的质量。

(2)热压块配加以后,电弧炉的冶炼电耗上升,热压块每增加 1%,吨钢冶炼电耗上升 3.5 kWh/t,所以全废钢条件下不宜配加热压块冶炼;热装铁水冶炼时,铁水和热压块的最佳加入比例(占总装入量的百分比)为 3:1,可以实现冶炼过程的最优化。

(3)热压块能够较好的调整配料的料型,促进电弧炉脱碳反应的作用特别明显,在铁水条件供应充足的情况下,特别适合于冶炼中低碳钢。

(4)在铁水热装的情况下,热压块的金属收得率优于一般的通料废钢和轻薄料废钢,低于生铁。实际的金属收得率为 89%。

(5)热压块加入比例在 20% 以下,电弧炉的冶炼渣料石灰加入量比不加热压块的炉次相比,每炉可以节约石灰 100 ~ 200 kg。

秦 军(1974-),男,高级工程师,1995 年重庆大学毕业,炼钢和连铸研究。

收稿日期:2010-04-02

欢迎订阅 2011 年《特殊钢》杂志

邮发代号:38-183

定价:16.00 元/期 96.00 元/年

全国各地邮局均可订阅(可破订)

2010 年下半年如漏订,可汇款至杂志社补订,收款后即寄杂志

地址:湖北省黄石市黄石大道316号新冶钢-大冶特殊钢股份有限公司 邮编:435001