

钢铁冶金与材料

MgO 对高炉炉料软熔过程的影响

卢建光^{1,2} 李建鹏³ 刘小杰³ 刘凯³ 吕庆³

(1. 东北大学冶金学院 辽宁 沈阳 110819; 2. 河北钢铁集团邯郸分公司 河北 邯郸 056000; 3. 华北理工大学冶金与能源学院 河北 唐山 063009)

摘要: 以高炉炉料结构为基础, 采用高温模拟方法, 研究了混合炉料中不同 MgO 含量对炉料软熔性能的影响规律。结果表明, 随着混合炉料中 MgO 含量的增加, 开始软化温度和软化结束温度均升高, 软化温度区间变宽; MgO 含量越高软化结束温度与压差陡升温度的差距越大; 压差陡升温度、滴落温度和熔化温度区间均随着混合炉料中 MgO 含量的升高呈升高的趋势, 导致熔化带的厚度增加; 软熔带的最大压差和综合透气性指数均随着混合炉料中 MgO 含量的增加而增加, 不利于高炉的稳定顺行。

关键词: 高炉; MgO; 软熔性能; 透气性; 初渣

中图分类号: TF532 文献标志码: A 文章编号: 1004-7638(2020)05-0113-06

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2020.05.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



听语音
与作者互动
聊科研

Effect of MgO on the Softening-melting Process of BF Burden

Lu Jiangang^{1,2} Li Jianpeng³ Liu Xiaojie³ Liu Kai³ Lü Qing³

(1. School of Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110819, Liaoning, China; 2. HBIS Group Hansteel Company, Handan 056000, Hebei, China; 3. College of Metallurgy & Energy, North China University of Science and Technology, Tangshan 063009, Hebei, China)

Abstract: The influences of different MgO contents in the mixed burden on the softening-melting properties of burden by high temperature simulation experiment were studied. The results indicate that with the increase of MgO content in the mixed burden, $T_{10\%}$ and $T_{40\%}$ increase and the softening temperature range widens. The higher the MgO content, the greater the difference between $T_{40\%}$ and T_s . Besides, T_s , T_d and ΔT_{ds} all increase with the increase of MgO content in the mixed burden, which leads to the increase of the thickness of the melting zone. Finally, the ΔP_{max} and S of the softening-melting zone increase with the increase of MgO content in the mixed burden, which is not conducive to the stability of the blast furnace.

Key words: blast furnace; MgO; softening-melting property; air permeability; primary slag

0 引言

随着我国外购铁矿粉数量的增多, 使得高炉由含铁炉料带入高炉的 Al_2O_3 含量增加, 高炉终渣中

Al_2O_3 含量达到 18%, 使得高炉渣的流动性能劣化严重, 直接影响高炉冶炼的能耗及铁水质量。为保证高炉终渣具有较好的性能, 必须保证渣中含有合适的 MgO 量^[1-3]。沈峰满^[4]等研究了高炉内合适的

收稿日期: 2019-12-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(U1360205)。

作者简介: 卢建光(1971—), 男, 汉族, 河北邯郸人, 博士生, 正高级工程师, 主要从事高炉炼铁方向的研究, E-mail: 15081586028@163.com; 通讯作者: 吕庆(1954—), 男, 汉族, 河北唐山人, 博士, 教授, 主要从事高炉炼铁方向的研究, E-mail: lq@ncst.edu.cn。

MgO 含量,指出当渣中 Al_2O_3 含量小于 14% 时, MgO 可根据生产要求添加。 Al_2O_3 含量为 15% ~ 17% 时,适宜的镁铝比应控制为 0.40 ~ 0.50; 当渣中 Al_2O_3 含量大于 18% 时,适宜的镁铝比应控制为 0.45 ~ 0.55。高炉造渣所需的 MgO 一般由烧结矿和球团矿带入高炉。目前,科研工作者对 MgO 对烧结矿和球团矿冶金性能的影响做了大量的研究^[5-10],指出由于 MgO 与磁铁矿的固溶作用,促进了磁铁矿的稳定存在,这使得烧结矿的还原性降低; 当烧结矿中 MgO 的含量增加时,烧结矿中游离的 MgO 含量增加,使烧结矿的矿物组成和结构变得不均匀,导致烧结矿强度和抗粉化能力降低; 球团矿中含 MgO 添加剂的量增加,球团矿中的孔隙度及孔径也会随之变大,导致球团矿的抗压强度下降。目前,

关于 MgO 的研究多集中在对单一炉料冶金性能的研究上,而关于高炉混合炉料条件下 MgO 对炉料软熔性能的影响研究较少。笔者以高炉炉料结构为基础,利用高温模拟试验,研究了混合炉料中不同 MgO 含量对炉料软熔性能的影响规律,研究结果将为高炉生产提供理论指导。

1 试验方法

1.1 炉料软熔试验方案

试验所用烧结矿、球团矿、焦炭主要化学成分如表 1、2 所示。试验所用的烧结矿和球团矿均由实验室烧结得到。选取烧结矿和球团矿的粒度为 6.3 ~ 10 mm,选取焦炭的粒度为 10 ~ 16 mm。筛分后的炉料在 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下烘干 2 h,密封备用。

表 1 烧结矿和球团矿主要化学成分
Table 1 Major chemical compositions of the sinter and pellets

编号	w/%							CaO/SiO ₂
	TFe	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₅	TiO ₂	MgO	
烧结矿 A	55.35	11.05	5.31	1.67	0.27	1.39	1.06	2.08
烧结矿 B	55.04	11.05	5.30	1.66	0.26	1.38	1.46	2.08
烧结矿 C	54.74	11.02	5.29	1.64	0.26	1.36	1.86	2.08
烧结矿 D	54.49	11.02	5.29	1.63	0.26	1.35	2.19	2.08
烧结矿 E	54.26	11.01	5.28	1.62	0.26	1.34	2.50	2.08
球团矿 A	58.93	1.433	5.843	1.63	0.41	3.39	3.05	0.25
球团矿 B	56.72	0.10	6.54	2.95	0.03	0.10	0.07	0.02

表 2 焦炭主要成分
Table 2 Major chemical compositions of coke

焦炭的工业分析/%					焦炭灰分成分/%							
FC	V	A	H ₂ O	S	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
81.11	0.94	12.58	4.60	0.77	6.16	37.73	0.51	46.99	0.13	0.19	5.58	2.71

试验所用设备如图 1 所示,主要由造气装置及高温炉构成。高温炉最高温度可达到 $1\ 600\text{ }^{\circ}\text{C}$,高温炉配备压力传感器、位移传感器以及温度传感器,对高温炉内炉料的状态进行实时监测,并由电脑实时记录其数据变化。

1.2 试验方案

我国高炉炉料结构多为高碱度烧结矿配加酸性球团矿,大多数企业球团矿的用量仅为 20% 左右,本试验选用 80% 的烧结矿配加 20% 的球团矿的典型炉料结构进行试验。通过不同 MgO 含量的烧结矿与球团矿配制不同 MgO 含量的混合含铁炉料,具体化学成分如表 3 所示。

在石墨坩埚中,先装 20 mm 焦炭,再装按比例

混合的烧结矿和球团矿 50 mm,最后再装 20 mm 的焦炭,然后将装好炉料的坩埚放在石墨底座上并将压杆压头放入坩埚中,在 1 kg/cm^2 的荷重下完成试验。 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之后高温炉由电脑程序控制升温, $500\sim 1\ 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的升温速度为 $10\text{ }^{\circ}\text{C/min}$, $1\ 300\sim 1\ 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的升温速率为 $5\text{ }^{\circ}\text{C/min}$ 。温度低于 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,通 N_2 (5 L/min) 保护, $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后通入 N_2 、CO 的混合气体 (15 L/min),其中 N_2 体积分数与 CO 体积分数的比值为 7 : 3。试验观察到滴落现象后,停止试验,并改通 N_2 保护,保存数据。试验过程中,由电脑自动记录炉料的软熔滴落特性参数。收缩率为 10% 对应的试样温度为软化开始温度 ($T_{10\%}$); 收缩率为 40% 对应的试样温度为软化结束温度 ($T_{40\%}$); 压差

陡升温度为熔化开始温度 (T_s) ; 炉料发生滴落时的温度为滴落温度 (T_d) ; $T_{40\%}$ 与 $T_{10\%}$ 的温度差为软化温度区间 (ΔT_a) ; T_d 与 T_s 的温度差为熔化温度区间 (ΔT_{ds}) ; 压差达最大时对应的压差为最大压差 ($\Delta P_{\max}$) 。以软熔带综合透气性指标 S ($\text{kPa} \cdot ^\circ\text{C}$) 来表征高炉软熔带的透气性好坏, 其值为在压差开始

上升至开始滴落的温度区间内压差的积分值(见公式1)。 S 越大,高炉软熔带透气性越差,高炉生产越困难,焦比越高。

$$S = \int_{T_s}^{T_d} (\Delta P_T - \Delta P_S) dT \quad (1)$$

式中 ΔP_T 是温度 T 时的压差, ΔP_S 是温度为 T_s 时的压差。

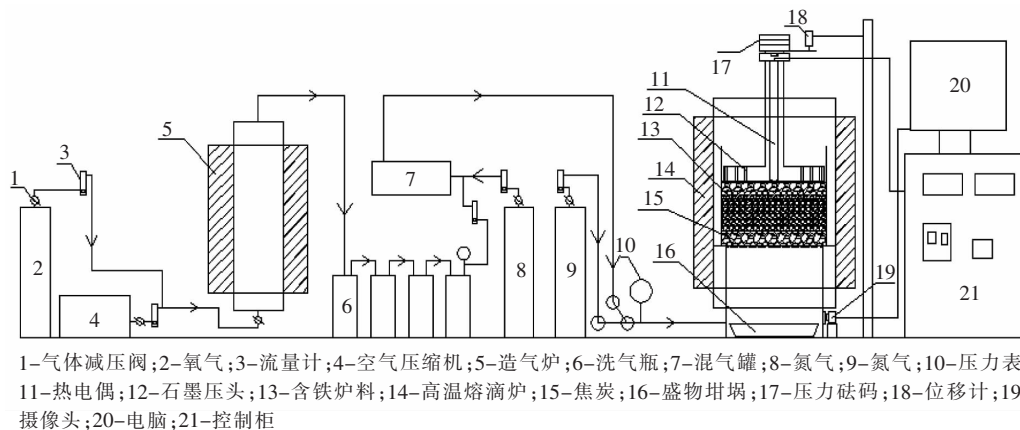


图 1 高温炉示意

Fig. 1 Schematic diagram of high temperature furnace

表3 炉料主要化学成分

Table 3 Major chemical compositions of each testing schemes

方案	TFe	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₅	TiO ₂	MgO	CaO/SiO ₂
1 [#]	55.62	8.86	5.36	1.63	0.22	1.73	0.86	1.65
2 [#]	56.07	9.13	5.42	1.66	0.30	1.79	1.46	1.68
3 [#]	55.82	9.13	5.41	1.65	0.29	1.78	1.78	1.69
4 [#]	55.58	9.10	5.40	1.64	0.29	1.77	2.10	1.69
5 [#]	55.38	9.10	5.40	1.63	0.29	1.76	2.36	1.69
6 [#]	55.19	9.09	5.39	1.62	0.29	1.75	2.61	1.69

2 试验结果与分析

2.1 MgO 含量对炉料软化性能的影响

不同 MgO 含量下炉料的软化性能如图 2 所示。由图 2 可知 $T_{10\%}$ 和 $T_{40\%}$ 随 MgO 含量的增加基本呈增加的趋势。MgO 含量由 0.86% 增加至 2.61% 时, $T_{10\%}$ 由 1 174 ℃ 增加至 1 212 ℃ 增加了 38 ℃; $T_{40\%}$ 由 1 319 ℃ 增加至 1 384 ℃ 增加了 65 ℃; 炉料的软化温度区间也整体呈增加的趋势。MgO 含量由 0.86% 增加至 2.61% 时 ΔT_a 由 145 ℃ 增加至 172 ℃ 增加了 27 ℃。混合炉料的 $T_{10\%}$ 和 $T_{40\%}$ 主要与浮氏体含量和矿物质的熔点有关。MgO 含量的增加, 使得含铁炉料的还原性能降低^[11-12], 进而使得混合炉料中 FeO 大量出现的温度区间向高温区移动; 同时, 烧结矿和球

团矿中的 MgO 含量增加以后, 烧结矿和球团矿中的高熔点物质钙镁橄榄石 ($\text{CaMg}(\text{SiO}_4)$) 熔点 $1\,890\text{ }^\circ\text{C}$ 、镁蔷薇石 ($3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$) 熔点 $1\,598\text{ }^\circ\text{C}$ 、镁黄长石 ($\text{MgO} \cdot 2\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$) 熔点 $1\,458\text{ }^\circ\text{C}$ 、铁酸镁 ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) 熔点 $1\,580\text{ }^\circ\text{C}$ 、镁橄榄石 ($\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$) 熔点 $1\,551\text{ }^\circ\text{C}$ 、方镁石 (MgO) 熔点 $1\,800\text{ }^\circ\text{C}$ 等矿物增加^[13-15], 导致 $T_{10\%}$ 和 $T_{40\%}$ 随着混合炉料的 MgO 含量增加而整体呈升高的趋势。

MgO 含量与 $T_{40\%}$ 、 T_s 的关系如图 3 所示。综合炉料的温度在 $T_{40\%}$ 后含铁物料基本完全熔化,并进入焦炭缝隙之中。由图 3 可知,MgO 含量为 0.86% 时, $T_{40\%}$ 与 T_s 几乎相等,说明炉料 MgO 含量在 0.86% 时全部熔化后压差开始上升。MgO 含量大于 0.86% 后, $T_{40\%}$ 大于 T_s ,说明在相同焦炭含量情

况下少量的渣就使气体难以通过,出现初渣没有完全形成时就使压差开始上升。 MgO 含量越高,熔化的初渣黏度越大,阻碍气体穿透的能力越强, $T_{40\%}$ 和 T_s 的差距越大。

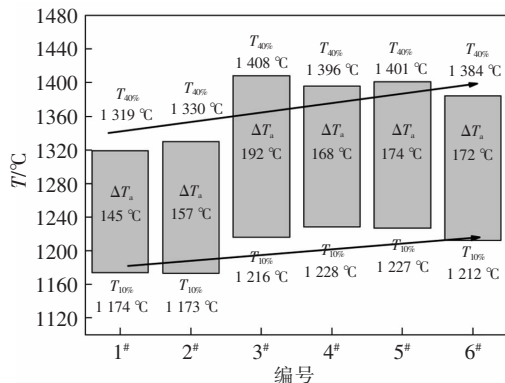


图2 MgO 含量对炉料软化性能的影响

Fig. 2 Effect of MgO content on softening property of burden

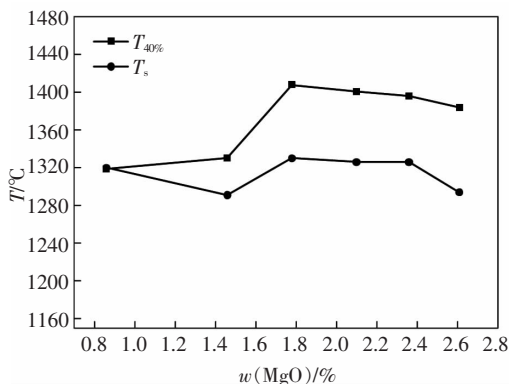


图3 MgO 含量与 $T_{40\%}$ 、 T_s 的关系

Fig. 3 Relationships between MgO content and $T_{40\%}$, T_s

2.2 MgO 含量对炉料熔化性能的影响

不同 MgO 含量下炉料的熔化性能如图4所示。由图4可知, T_s 和 T_d 随 MgO 含量的增加基本呈增加的趋势。 MgO 含量由0.86%增加至2.61%时, T_s 由1320℃增加至1344℃,增加了24℃; T_d 由1396℃增加至1470℃,增加了74℃;炉料的熔化温度区间也整体呈增加的趋势。 MgO 含量由0.86%增加至2.61%时, ΔT_{ds} 由76℃增加至126℃,增加了50℃。混合炉料的熔化性能主要与金属铁的渗碳速率以及熔渣的熔点有关。由于 MgO 含量的增加使得初渣中的高熔点物质增加,例如,钙镁橄榄石($\text{CaMg}(\text{SiO}_4)$)、镁蔷薇石($3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$)、镁黄长石

($\text{MgO} \cdot 2\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$)、铁酸镁(MgOFe_2O_3)、镁橄榄石($\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$)、方镁石(MgO)等物质^[13-15] 这使得初渣熔化开始温度升高, T_s 增加;同时,由于 MgO 使得炉料的还原性能降低^[5],炉料熔化带还原出的金属铁含量降低,不利于该区域渗碳反应的发生,使得炉料的滴落温度 T_d 增加。

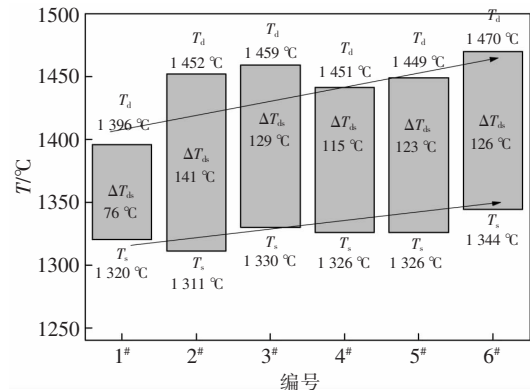


图4 MgO 含量对炉料熔化性能的影响

Fig. 4 Effect of MgO content on melting property of burden

2.3 MgO 含量对软熔带最大压差的影响

不同 MgO 含量下的软熔带最大压差如图5所示。由图5可知, $\Delta P_{\max}$ 随 MgO 含量的增加逐渐增加。 MgO 含量由0.86%增加至2.61%时, $\Delta P_{\max}$ 由2.04 kPa增加至20 kPa,增加了17.96 kPa,增加幅度较大,不利于高炉的稳定顺行。软熔带的压差主要与初渣的流动性能有关。由于 MgO 含量的增加,使得初渣中高熔点的物质增加,初渣的黏度升高,流动性能变差,煤气流穿透阻力增加,进而使得软熔带的最大压力差增加。

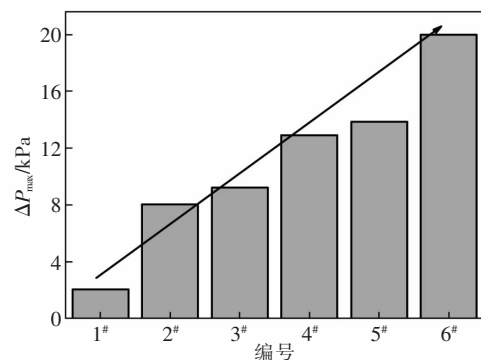


图5 MgO 含量对软熔带最大压差的影响

Fig. 5 Effect of MgO content on the $\Delta P_{\max}$ of the softening and melting zone

2.4 MgO 含量对软熔带综合透气性的影响

不同 MgO 含量下的软熔带综合透气性指数如图 6 所示。

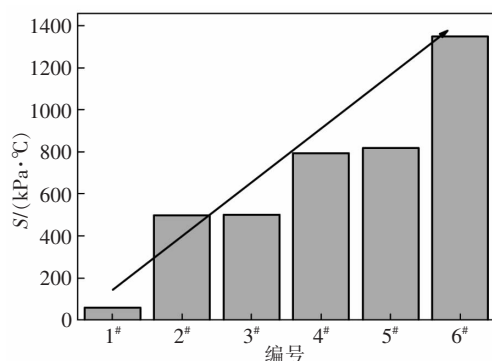


图 6 MgO 含量对软熔带综合透气性指数的影响
Fig. 6 Effect of MgO content on comprehensive permeability index of softening and melting zone

由图 6 可知, S 随 MgO 含量的增加逐渐增加。MgO 含量由 0.86% 增加至 2.61% 时, S 由 59 kPa · °C 增加至 1 349 kPa · °C, 增加幅度较大, 高炉软熔带的透气性能恶化明显, 不利于高炉的稳定顺行。软熔带的综合透气性指数的大小主要与熔化带的温度区间

以及压差的大小有关。熔化带的透气性能最差, MgO 的增加使得熔化带的温度区间增加, 熔化带变厚, 同时熔化带中初渣的流动性能降低, 压差增加, 使得软熔带的透气性能整体降低, S 升高。虽然 MgO 对炉料的软熔滴落性能存在一定的劣化作用, 使得炉料的透气性降低, 但是其是高炉终渣渣系中不可缺少的成分。在冶炼过程中, 在保证高炉终渣具有适宜的冶金性能的前提下应该尽量减少原料中的 MgO 含量。

3 结论

1) 随着混合炉料中 MgO 含量的增加, 初渣中高熔点物质增加, 使 $T_{10\%}$ 、 $T_{40\%}$ 升高, 软化区间变宽。MgO 含量越高, $T_{40\%}$ 与 T_s 差距越大, 初渣性能差, 渣量小就能导致压差的急剧升高。

2) 随混合炉料中 MgO 含量的增加, T_s 、 T_d 、 ΔT_{ds} 均呈升高的趋势, 导致熔化温度区间变宽, 熔化带的厚度增加。

3) 随混合炉料中 MgO 含量的增加, 软熔带的 ΔP_{max} 和 S 均增加, 软熔带的透气性降低, 不利于高炉的稳定顺行。

参考文献

- [1] Shen Fengman. Discussion on BF operation with high Al_2O_3 slag [J]. Angang Technology 2005(6): 1-4.
(沈峰满. 高 Al_2O_3 含量渣系高炉冶炼工艺探讨 [J]. 鞍钢技术 2005(6): 1-4.)
- [2] He Huanyu, Wang Qingxiang, Zeng Xiaoning. Effect of MgO content on BF slag viscosity [J]. Journal of Iron and Steel Research, 2006, 18(6): 11-13.
(何环宇, 王庆祥, 曾小宁. MgO 含量对高炉炉渣粘度的影响 [J]. 钢铁研究学报 2006, 18(6): 11-13.)
- [3] Song Yachao, Wang Ping, Li Jiaxin *et al.* Experimental study on slag optimization of 4 000 m³ BF with Al_2O_3 -rich slag in Masteel [J]. Journal of Anhui University of Technology 2009, 26(4): 327-332.
(宋亚超, 王平, 李家新, 等. 马钢 4 000 m³ 高炉高 Al_2O_3 炉渣渣系优化试验研究 [J]. 安徽工业大学学报(自然科学版), 2009, 26(4): 327-332.)
- [4] Shen Fengman, Zheng Haiyan, Jiang Xin *et al.* Influence of Al_2O_3 in blast furnace smelting and discussions on proper $w(MgO)/w(Al_2O_3)$ ratio [J]. Iron and Steel 2014, 49(1): 1-6.
(沈峰满, 郑海燕, 姜鑫, 等. 高炉炼铁工艺中 Al_2O_3 的影响及适宜 $w(MgO)/w(Al_2O_3)$ 的探讨 [J]. 钢铁 2014, 49(1): 1-6.)
- [5] Liu Ran, Li Hongwei, Li Haojie *et al.* Effect of MgO content on the quality of low-titanium sinter [J]. Iron Steel Vanadium Titanium 2015, 36(3): 73-77.
(刘然, 李红玮, 李豪杰, 等. MgO 含量对低钛烧结矿质量的影响 [J]. 钢铁钒钛 2015, 36(3): 73-77.)
- [6] Fan Xiaohui, Li Wenqi, Gan Min *et al.* Influence and mechanism of MgO on strength of high basicity sinter [J]. Journal of Central South University(Science and Technology) 2012, 43(9): 3325-3330.
(范晓慧, 李文琦, 甘敏, 等. MgO 对高碱度烧结矿强度的影响及机理 [J]. 中南大学学报: 自然科学版 2012, 43(9): 3325-3330.)
- [7] Liu Xiaojie, Li Jianpeng, Liu Song *et al.* Research and development for the effect of MgO on the blast furnace production [J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources 2019(2): 16-20.
(刘小杰, 李建鹏, 刘颂, 等. MgO 对高炉生产影响的研究现状及其展望 [J]. 矿产综合利用 2019(2): 16-20.)

- [8] Qing Gele, Wu Keng, Qu Junjie *et al.* Effect of different magnesium additives on process parameters and pellet quality [J]. Iron and Steel 2013 48(7): 17–20.
(青格勒, 吴铿, 屈俊杰, 等. 不同含镁添加剂对球团矿工艺参数及质量的影响 [J]. 钢铁 2013 48(7): 17–20.)
- [9] Gao Qiangjian, Wei Guo, He Yibo *et al.* Effect of MgO on compressive strength of pellet [J]. Journal of Northeastern University (Natural Science) 2013 34(1): 103–106.
(高强健, 魏国, 何奕波, 等. MgO 对球团矿抗压强度的影响 [J]. 东北大学学报: 自然科学版 2013 34(1): 103–106.)
- [10] Fan Xiaohui, Gan Min, Jiang Tiao *et al.* Influence of flux additives on iron ore oxidized pellets [J]. Journal of Central South University of Technology 2010(17): 730–732.
- [11] Liu Chao, Zhang Yuzhu, Kang Yue *et al.* Effect of MgO content on properties of low sintering ore [J]. Foundry Technology, 2017 38(4): 885–888.
(刘超, 张玉柱, 康月, 等. MgO 含量对低硅烧结成矿性能的影响 [J]. 铸造技术 2017 38(4): 885–888.)
- [12] Pan Xiangyang, Long Yue, Li Shenzi *et al.* Effect of MgO/Al₂O₃ on metallurgical properties of sinter [J]. Iron Steel Vanadium Titanium 2019 40(4): 100–105.
(潘向阳, 龙跃, 李神子, 等. MgO/Al₂O₃ 对烧结矿冶金性能的影响 [J]. 钢铁钒钛 2019 40(4): 100–105.)
- [13] Pan Xiangyang. The influence of MgO composition on the metallurgical properties of blast furnace comprehensive burden [D]. Tangshan: North China University of Science and Technology 2019.
(潘向阳. MgO 的配分对高炉综合炉料冶金性能的影响 [D]. 唐山: 华北理工大学 2019.)
- [14] Liu Chao, Zhang Yuzhu, Kang Yue. Factsage calculation of the influence of MgO on the viscosity of BF slag [J]. Journal of Hebei United University (Natural Science Edition) 2016 36(4): 25–29.
(刘超, 张玉柱, 康月. Factsage 计算 MgO 含量对高炉渣粘度的影响 [J]. 河北联合大学学报(自然科学版) 2016 36(4): 25–29.)
- [15] Yang Nan. Mechanism of MgO in formation-crystallization of calcium ferrite during iron ore sintering process [J]. Beijing: University of Science and Technology Beijing 2019.
(杨楠. 铁矿粉烧结过程 MgO 对铁酸钙生成-结晶作用机理研究 [D]. 北京: 北京科技大学 2019.)

编辑 杨冬梅

攀钢率先突破国内高碳马氏体不锈钢连铸技术

在攀钢研究院特钢研究所和攀长特联合攻关下,日前 95Cr18 高碳马氏体不锈钢连铸第 3 轮工艺试验取得成功,标志着攀钢率先突破国内碳含量 $\geq 0.90\%$ 的高碳马氏体不锈钢连铸技术。目前,该钢种已实现稳定生产。

95Cr18 高碳马氏体不锈钢是碳含量最高的不锈钢品种,属于高合金特殊钢,具有优异的耐磨性能和耐腐蚀性能,用于制造高端耐蚀轴承、刀具、汽车发动机和家电关键零部件,市场前景广阔。因 95Cr18 高碳马氏体不锈钢材料的物理特性,连铸生产面临坯料高温强度高、塑性差、导热慢等技术瓶颈,行业内一直采用模铸生产,存在综合成材率低、成本高等问题。

为破解行业技术难题,特钢技术研究所与攀长特发挥各自优势,协同创新,结合材料物理性能及高温性能测定、连铸过程数值仿真等手段,制定了详尽的连铸工艺技术试验方案。经过多次试验和不断改进,连铸坯及轧制成品质量优异,综合成材率显著提高,生产成本有效降低,生产效率得到明显提升。

95Cr18 高碳马氏体不锈钢连铸的成功是攀钢继 2018 年突破高氮奥氏体气阀钢 21-4N 连铸技术、2019 年突破 6Cr13Mo 高碳马氏体不锈钢连铸技术后,高合金特殊钢连铸技术的又一重大突破。

摘自 http://www.pzhsteel.com.cn/index.php?s=/Home/Article/pg_jianjie/art_bm_id/101/fl/two/msg_id/2339