

MgO/Al₂O₃ 及炉料结构对炉料熔滴性能的影响

马保良^{1,2}, 张玉柱³, 潘向阳³, 龙跃³, 李神子³, 杜培培¹

(1. 东北大学冶金学院, 辽宁 沈阳 110819; 2. 邢台钢铁有限责任公司, 河北 邢台 054027; 3. 华北理工大学冶金与能源学院, 现代冶金技术教育部重点实验室, 河北 唐山 063210)

摘要: 通过高温熔滴炉模拟实际高炉冶炼条件, 研究了 MgO/Al₂O₃ 及炉料结构对综合炉料熔滴性能的影响。结果表明: MgO/Al₂O₃ 由 0.9 增加到 1.0 后, 炉料软化和熔化温度均升高, 炉料的最大压差和总特性值分别由 3 057 Pa 和 202.84 kPa · °C 降低到 1 911 Pa 和 116.52 kPa · °C, 熔滴性能得到改善; 烧结矿配比由 68% 降低到 60% 后, 炉料软化温度降低, 熔化温度变化不大, 最大压差和总特性值分别由 1 911 Pa 和 116.52 kPa · °C 降低到 1 440.6 Pa 和 75.10 kPa · °C, 熔滴性能得到改善。结合炉料熔滴过程中的压差变化及滴落物与未滴落物质量, 得出结论: 当烧结矿 MgO/Al₂O₃ = 1.0, 炉料结构为 68% 烧结矿 + 16% 熔剂性球团矿 + 16% 块矿时, 综合炉料的熔滴性能最优。

关键词: 烧结矿; MgO/Al₂O₃; 炉料结构; 熔滴性能

中图分类号: TF046.4 **文章标志码:** A **文章编号:** 1004-7638(2019)05-0126-07

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2019.05.021

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effect of MgO/Al₂O₃ and Burden Structure on Droplet Properties of Comprehensive Burden

Ma Baoliang^{1,2}, Zhang Yuzhu³, Pan Xiangyang³, Long Yue³, Li Shenzi³, Du Peipei¹

(1. School of Metallurgy, Northeastern University, Shenyang 110819, Liaoning, China; 2. Xingtai Iron and Steel Co., Ltd., Xingtai 054027, Hebei, China; 3. School of Metallurgy and Energy, North China University of Science and Technology, Modern Metallurgical Technique Key Laboratory of Ministry of Education, Tangshan 063210, Hebei, China)

Abstract: Effect of MgO/Al₂O₃ and burden structure on droplet properties of comprehensive burden was studied by simulating actual blast furnace smelting conditions in high temperature drop furnace. The results show that when MgO/Al₂O₃ increases from 0.9 to 1.0, the softening and melting temperatures of furnace charge increase, the maximum pressure difference and total characteristic values of furnace charge decrease from 3 057 Pa and 202.84 kPa · °C to 1 911 Pa and 116.52 kPa · °C, respectively, and the droplet properties are improved; when sinter ratio decreases from 68% to 60%, the softening temperature of furnace charge decreases, the melting temperature changes little, the maximum pressure difference and total characteristic values are respectively. From 1 911 Pa and 116.52 kPa · °C to 1 440.6 Pa and 75.10 kPa · °C, the droplet performance was improved. Combining the pressure difference change and the droplets and non-droplets in the process of droplet melting, it is concluded that when sinter MgO/Al₂O₃ = 1.0 and burden structure is 68% sinter + 16% flux pellet + 16% lump ore, the droplet performance of the comprehensive burden is the best.

Key words: sinter, MgO/Al₂O₃, charge structure, droplet performance

收稿日期: 2019-01-25

基金项目: 河北省科技计划项目(编号: 17217691D)。

作者简介: 马保良(1969—), 男, 博士研究生, 工程师, 主要从事钢铁冶金工作, E-mail: mbl606mbl@sina.com. **通讯作者:** 张玉柱(1956—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究冶金节能与资源优化, E-mail: zyz@ncst.edu.cn。

0 引言

近年来,我国无论是在铁水产量、质量,还是在炼铁工艺和设备条件等方面都取得了长足的进步。但在高炉炉料结构方面较之前变化不大,即使现在很多企业都注重合理控制炉料结构,但实际炉料还是以烧结矿、球团矿和天然块矿为主^[1]。这三种炉料因其化学成分和生产方式的不同,会导致其冶金性能有很大的差别,尤其在熔滴性能方面更加显著。烧结矿、球团矿和块矿搭配使用可以有效地解决因高碱度烧结矿带来的软化温度过高、较难滴落等问题^[2-4]。

当前,在去产能和环保压力的双重打击之下,各大企业寻求较为廉价的外矿来增加企业的经济效益,从而使入炉原料中 Al_2O_3 含量增加^[5]。入炉原料 Al_2O_3 含量的增加会给高炉冶炼带来一系列的影响,导致炉渣黏度升高、脱硫能力降低、渣铁分离困难,严重时还会影响高炉冶炼的顺行^[6-7]。在原料中添加适宜的 MgO 含量可以有效地解决这一问题,适宜的 MgO 含量不仅可以提高烧结矿和球团矿的冶金性能,还能提高铁水产量、增加企业的经济效益,因此,在入炉原料中寻求适宜的 MgO 含量至关重要。同时,高炉炉料结构对高炉的稳定至关重要,

一方面,炉料结构会影响矿石的消耗、产量和质量;另一方面:炉料结构的冶金性能会影响高炉操作技术经济指标。目前,球团矿入炉比例有增加的趋势,致使炉料碱度降低,炉渣化学成分发生变化等一系列问题,因此,我们需要在大趋势下,根据特定的原料条件,寻求高炉冶炼最佳的炉料结构,使其最大限度的提高产量、质量和企业经济效益。

为此,笔者通过研究烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 及炉料结构对综合炉料熔滴性能的影响,寻求原料条件下炉料适宜的 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$,并提出特定原料条件下适宜的炉料结构,为实际生产提供理论依据。

1 试验方法

1.1 试验原料

试验所用原料为烧结矿、熔剂性球团矿和块矿三种,其中烧结矿和熔剂性球团矿为实验室制备而成,通过前期对烧结矿和球团矿冶金性能检测时发现:当烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.9$ 和 1.0 时,烧结矿的冶金性能最优;当熔剂性球团矿 MgO 含量为 2.0% 时,球团矿冶金性能最优。因此,试验选取的烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分别为 0.9 和 1.0 ,球团矿 MgO 含量为 2.0% 。烧结矿、球团矿和块矿的化学成分如表 1 所示。

表 1 试验原料的化学成分
Table 1 Chemical composition of test materials

分类	$w/\%$						二元碱度 R
	TFe	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	FeO	
A 烧结矿	55.99	5.07	10.14	1.78	1.97	6.07	2.00
B 烧结矿	55.93	5.05	10.09	1.96	1.96	6.07	2.00
球团矿	55.21	5.48	5.48	2.00	1.15	4.45	1.00
块矿	64.18	3.56	0.43	0.17	1.76	0.73	0.12

1.2 试验装置

试验装置采用高温荷重还原软化熔滴性能测定装置如图 1 所示。装置主要包括熔滴炉、配气系统、计算机数据采集和后处理系统等。为了模拟高炉实际生产条件,在试样装入过程中需要在上、下两部分各装入 20 g 焦炭(粒度 $6.3 \sim 10\text{ mm}$),其装料要求为:矿石粒度 $10 \sim 12.5\text{ mm}$,坩埚内径 48 mm ,试样高度 65 mm 。熔滴试验过程中各指标参数意义如下: T_{10} 为软化开始温度($^{\circ}\text{C}$),指体积收缩 10% 的温度; ΔT_1 为软化温度区间($^{\circ}\text{C}$), $\Delta T_1 = T_{40} - T_{10}$; T_d 为滴落温度($^{\circ}\text{C}$),指试样开始滴落时的温度; $\Delta P_{\max}$ 为最大压差(kPa),指试验过程中最高压差峰值; T_{40} 为软

化结束温度($^{\circ}\text{C}$),指体积收缩 40% 的温度; T_s 为熔化开始温度($^{\circ}\text{C}$),指压差陡升温度; ΔT_2 为熔滴温度区间($^{\circ}\text{C}$), $\Delta T_2 = T_d - T_s$; S : $S = \int_{T_d}^{T_s} (\Delta P_m - \Delta P_s) dT$ 。

1.3 试验方案

试验条件下的升温制度和通气制度模拟高炉实际生产条件,试验过程采用三段升温制度,最高升温温度可达 $1\ 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。具体的升温制度与通气制度如图 2 所示。在考察不同 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 对烧结矿熔滴性能的基础上,搭配一定比例的球团矿和块矿研究烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 及炉料结构对炉料熔滴性能的影响。炉料熔滴性能试验方案如表 2 所示。

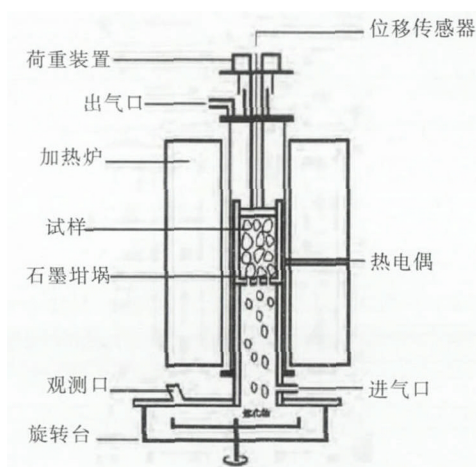


图1 熔滴性能测定及初渣提取装置

Fig.1 Droplet performance measurement and initial slag extraction device

2 试验结果与分析

2.1 烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 对炉料软熔性能的影响

如图3所示,烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 由 0.9 增加到 1.0 后,炉料的软化开始温度、软化结束温度和软化

温度区间均增加。炉料软化开始温度由 $1\,178\,^{\circ}\text{C}$ 升高到 $1\,196\,^{\circ}\text{C}$; 炉料软化结束温度由 $1\,284\,^{\circ}\text{C}$ 升高到 $1\,317\,^{\circ}\text{C}$; 炉料的软化温度区间由 $106\,^{\circ}\text{C}$ 升高到 $121\,^{\circ}\text{C}$ 。这是因为: 随着入炉 MgO 含量的增加,使含镁磁铁矿和镁橄榄石等高熔点的物质生成量增加,从而使高炉炉料的熔点升高,较高的软化温度区间不利于高炉上部软化层透气性的改善。

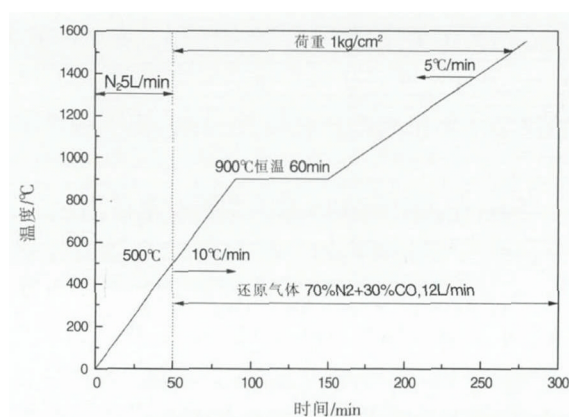


图2 试验过程中的升温制度与通气制度

Fig.2 Heating system and ventilation system during the test

表2 熔滴试验方案

Table 2 Drop drop test plan

方案	$\text{MgO}/\%$	烧结矿 $\%$		球团矿 $\%$		块矿 $\%$	
		配比	$\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$	配比	MgO	配比	MgO
1 [#]	1.55	68	0.9	16	2.0	16	0.17
2 [#]	1.68	68	1.0	16	2.0	16	0.17
3 [#]	1.68	60	1.0	24	2.0	16	0.17

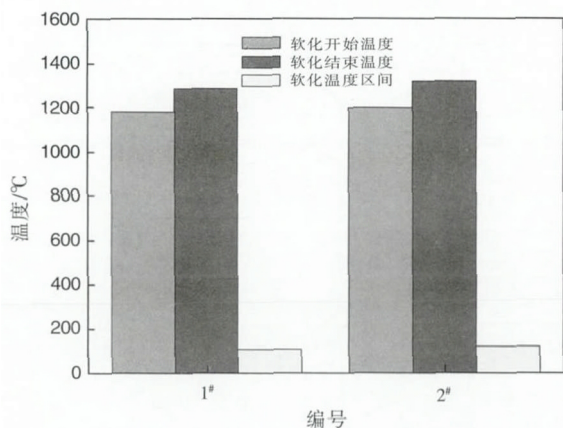
图3 烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 对炉料软化性能的影响

Fig.3 Effect of sinter $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ on softening properties of charge

如图4所示,随着烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 由 0.9 增加到 1.0 后,炉料熔化温度、滴落温度和熔化温度区间均增加,熔化温度由 $1\,400\,^{\circ}\text{C}$ 升高到 $1\,423\,^{\circ}\text{C}$; 滴落温度由 $1\,479\,^{\circ}\text{C}$ 升高到 $1\,505\,^{\circ}\text{C}$; 熔化温度区间变化不大。由于 MgO 含量的增加,会生成一些高熔点的物质如 $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$ 、 $[\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7]$ 和 MgFe_2O_4 等^[8],同时这些高熔点的物质会使渣的流动性降低,因此导致熔化温度升高。

2.2 烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 对炉料最大压差和总特性值的影响

如图5所示,烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 由 0.9 增加到 1.0 后,炉料最大压差和总特性值均降低,最大压差由 $3\,057.6\,\text{Pa}$ 降低到 $1\,911\,\text{Pa}$; 总特性值由 $202.84\,\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 降低到 $116.52\,\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}$,透气性得到改善。一方

面,随着 MgO 含量的增加,形成初渣的熔化温度开始上升,使固相区间变长,而对压差影响较大的液相区变短^[8];另一方面,可能是因为形成渣相的黏度较低,炉料流动性好,使炉料透气性得到改善。因此,在特定的 MgO 含量范围内,随着 MgO 含量的增加会使炉料最大压差和总特性值降低,熔滴性能改善。

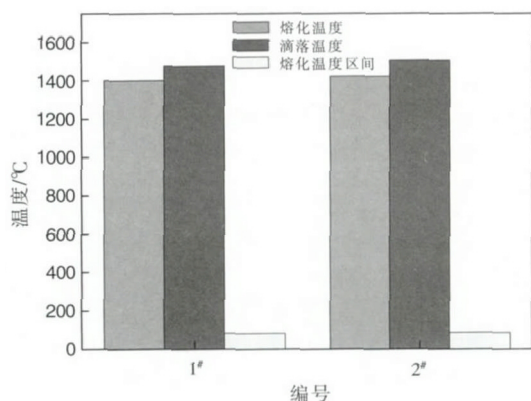


图4 烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 对炉料熔化性能的影响

Fig.4 Effect of sinter $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ on the melting properties of charge

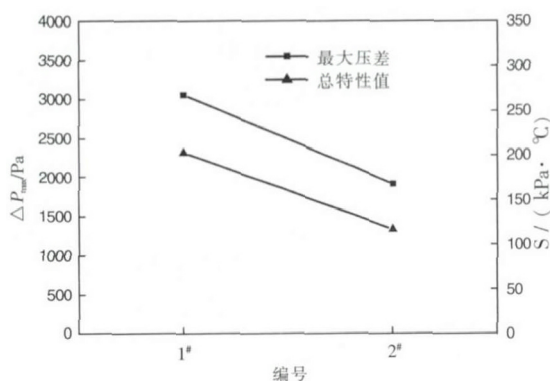


图5 烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 对炉料最大压差及总特性值的影响

Fig.5 Effect of sinter $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ on the maximum differential pressure and total characteristic value of the charge

图6、7为不同 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 时烧结矿温度、位移及压差曲线。图7中压差比较平稳,滴落较顺畅,而图6在滴落过程中会出现压差波动,导致滴落困难。由于 MgO 在高炉中会生成钙镁橄榄石、镁硅钙石等,渣系熔点升高^[10],使炉渣的粘度大,透气性变差,从而出现“翻渣”的现象。

2.3 炉料结构对炉料软熔性能的影响

如图8所示,炉料结构中烧结矿配比由68%降低到60%后,炉料软化开始温度由1196℃降低到1

139℃;炉料软化结束温度由1317℃降低到1259℃,而炉料软化温度区间变化不大。由于炉料结构中烧结矿配比的降低,使炉料碱度降低,碱度降低后会使铁酸钙等生成量减少,而铁酸钙还原性好,会使炉料的还原性降低。在相同还原条件下,使 FeO 进入渣相的量增加,导致渣相熔点降低^[11],使软化开始温度和软化结束温度降低。

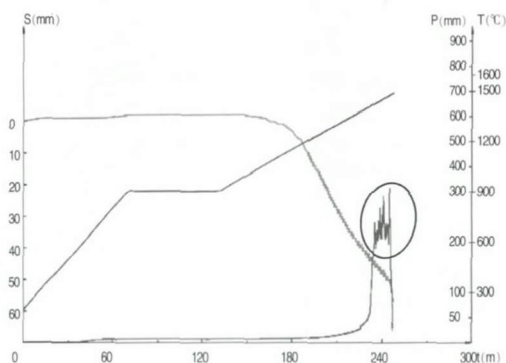


图6 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.9$, 烧结矿68%的压差曲线

Fig.6 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.9$, 68% differential pressure curve of sintered ore

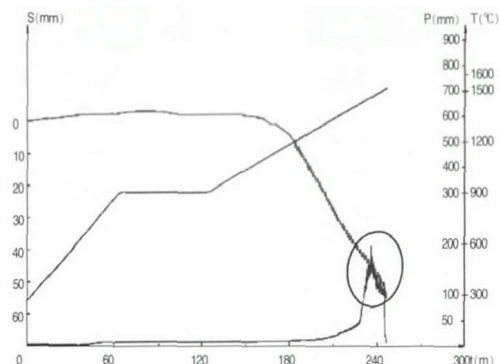


图7 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.0$, 烧结矿68%的压差曲线

Fig.7 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.0$, 68% differential pressure curve of sintered ore

如图9所示,炉料结构中烧结矿的配比由68%降低到60%,炉料熔化温度无变化,维持在1423℃;炉料滴落温度略有降低,由1505℃降低到1502℃,而炉料熔化温度区间略有变窄。由于炉料结构中烧结矿配比的降低,使高炉炉料中碱度降低,导致炉料中 CaO 含量降低;另外,根据热力学公式 $2\text{CaO} + \text{SiO}_2 = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $2\text{CaO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, 随着 CaO 含量的降低^[12],使高熔点的 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 生成量降低,其熔点高达2130℃,因此炉料熔化温度降低。

炉料熔化温度区间变窄,料层透气性得到了改善。在高炉冶炼过程中,希望炉料在高温下迅速熔化,这能使软熔区间变窄,有利于提高料层的透气性。

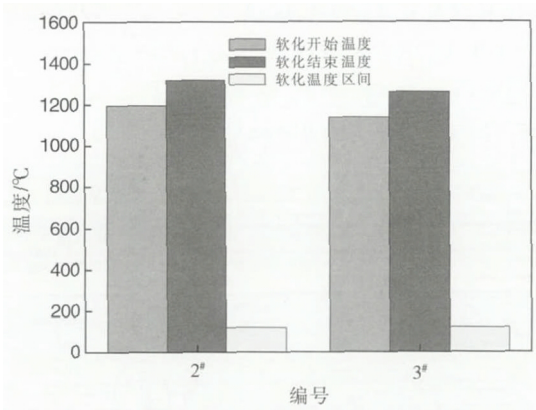


图8 炉料结构对炉料软化性能的影响

Fig.8 Effect of the charge structure on the softening properties of the charge

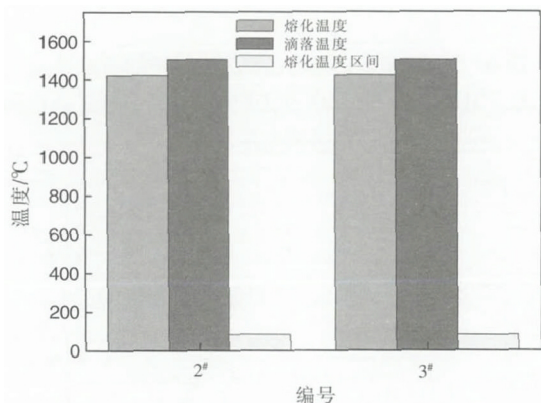


图9 炉料结构对炉料熔化性能的影响

Fig.9 Effect of the charge structure on the melting properties of the charge

2.4 炉料结构对炉料最大压差和总特性值的影响

如图10所示,炉料结构中烧结矿的配比由68%降低到60%,炉料最大压差和总特性值均降低,最大压差由1911 Pa降低到1440.6 Pa;总特性值由116.52 kPa·°C降低到75.10 kPa·°C,透气性得到改善,这说明,随着炉料结构中烧结矿的配比由68%降低到60%,高炉炉料的熔滴性能变好。由于在烧结过程中碱度保持不变,随着炉料结构中烧结矿的配比由68%降低到60%,使炉料中碱度降低,随之CaO含量降低;又因为CaO容易与TiO₂形成高熔点的钙钛矿^[13],使熔点较高且较难还原的钙钛矿生成量降低。因此,在软熔滴落过程中导致料柱压差降低,熔滴性能指标变好。

图11和12为不同炉料结构时的温度、位移及压

差曲线。图11中压差比较平稳,滴落较顺畅,而图12在滴落过程中会出现压差波动,导致滴落困难,这是因为炉渣的流动性不好,从而出现“翻渣”的现象。

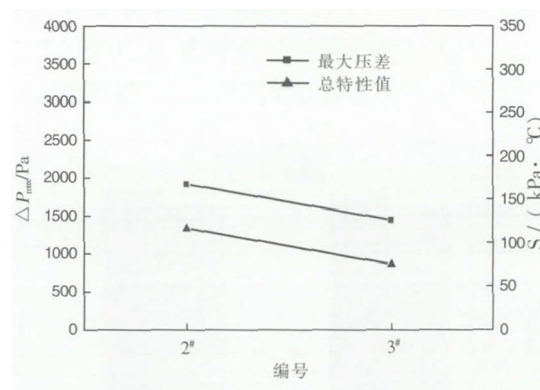


图10 炉料结构对炉料最大压差和总特性值的影响

Fig.10 Effect of the charge structure on the maximum differential pressure and total characteristic value of the charge

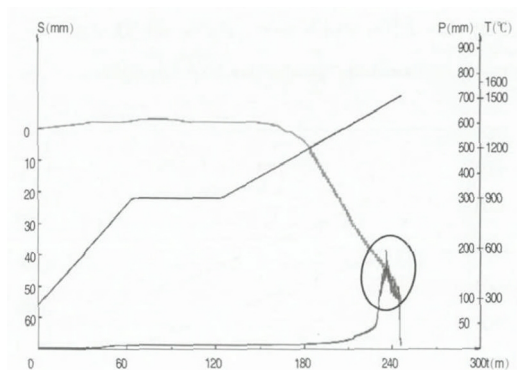


图11 MgO/Al₂O₃ = 1.0, 68% 的压差曲线

Fig.11 MgO/Al₂O₃ = 1.0, 68% differential pressure curve of sintered ore

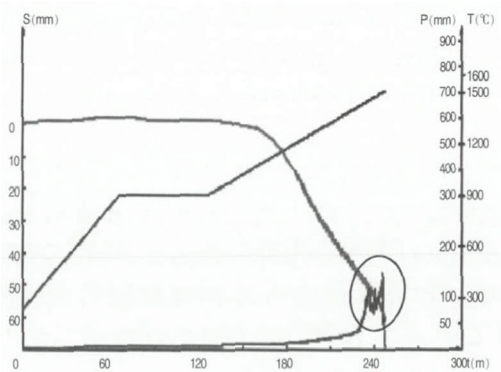


图12 MgO/Al₂O₃ = 1.0, 60% 的压差曲线

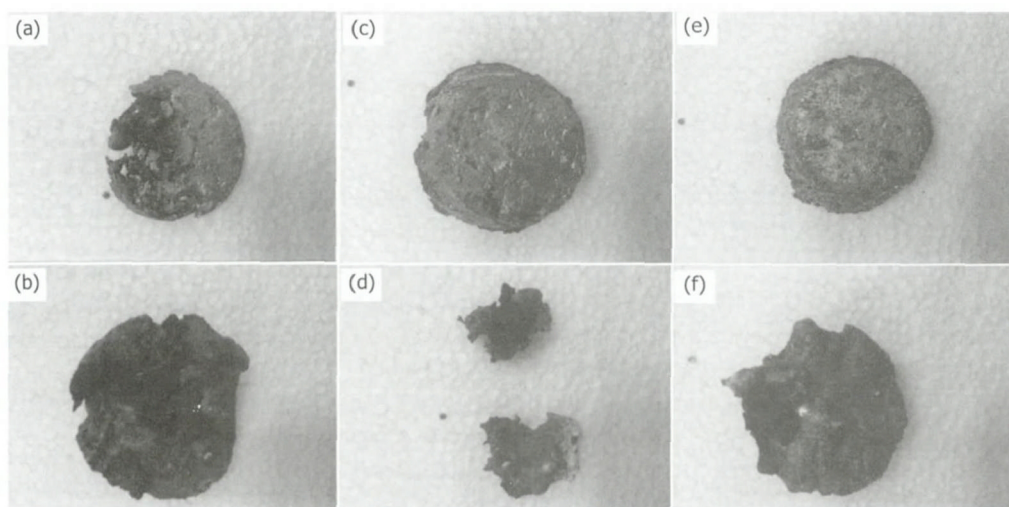
Fig.12 MgO/Al₂O₃ = 1.0, 60% differential pressure curve of sintered ore

2.5 烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 及炉料结构对炉料滴落质量的影响

炉料在还原气体作用下,在一定的温度范围内会有一部分滴落,而另一部分会留在坩埚内,分为铁相和渣相,亮色的为铁相,灰暗色的为渣相。烧结矿不同 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 及炉料结构的滴落物与未滴落物如图 13 所示。

图 a、c 和 e 为滴落的铁,图 b、d 和 f 为未滴落的铁相和渣相。铁相主要包含金属铁和浮士体等,渣

相主要包括铝酸盐、硅酸盐和铁酸盐等,炉料的熔滴性能主要取决于渣相中物质的熔点和比例。由图 b 和图 d 可知,随着 MgO 含量的增加,未滴落物质量(图 d)降低,滴落物质量相应增加,这说明在特定的 MgO 含量范围内,增加 MgO 含量有利于增加铁水的产量。由图 d 和图 f 可知,降低烧结矿配比后,未滴落物质量(图 f)增加,铁水质量相对降低。由此可知,当 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为 1.0,烧结矿配比为 68% 时,滴落物质量相对较高,滴落性能较好。



a- $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.9$, 烧结矿 68% 滴落物; b- $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.9$, 烧结矿 68% 未滴落物; c- $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.9$, 烧结矿 68% 滴落物;
d- $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.9$, 烧结矿 68% 未滴落物; e- $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.9$, 烧结矿 60% 滴落物; f- $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.9$, 烧结矿 60% 未滴落物

图 13 不同 MgO 含量及炉料结构的滴落物与未滴落物

Fig.13 Picture of dripping and non-drip objects with different MgO content and charge structure

3 结论

通过对烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 及炉料结构对高炉炉料熔滴性能的研究,得出:

1) 在固定炉料结构前提下,随着炉料 MgO 含量的增加,炉料的最大压差和总特性值降低,熔滴性能变好;在固定炉料 MgO 含量的前提下,炉料中的烧结矿配比由 68% 降低到 60% 后,炉料的最大压差和总特性值降低,炉料熔滴性能变好,但会导致炉渣碱度降低,还会导致滴落效果变差。

2) 通过研究 MgO 及炉料结构对高炉炉料温度、位移和压差曲线时发现,当烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为 1.0 时,滴落过程较顺畅,其余在滴落过程中会出现“翻渣”的情况;在对滴落物与未滴落物质量来说,当烧结矿中 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.0$ 时,滴落物较多,符合实际生产要求。

当烧结矿 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.0$,炉料结构为 68% 烧结矿 + 16% 熔剂性球团矿 + 16% 块矿时,熔滴性能最优,满足实际生产要求。

参考文献

- [1] Meng Fanjun. Scrap steel utilization system needs to be improved [N]. China Industry Daily, 2018-05-03 (001). (孟凡君. 废钢利用体系待完善 [N]. 中国工业报, 2018-05-03(001).)
- [2] Nishimura T. Evaluation of softening, shrinking and melting reduction behavior of raw materials for blast furnace [J]. ISIJ International, 2011, 51(8): 1316-1324.

- [6] Loo C E, Matthews L T, Odea D P. Lump ore and sinter behavior during softening and melting [J]. ISIJ International, 2011, 51 (6) : 930-938.
- [7] Matsunura M, Hoshi M, Kawaguchi T. Improvement of sinter softening property and reducibility by controlling chemical compositions [J]. ISIJ International, 2005, 45 (4) : 594-602.
- [8] Li Zhaoyi, Yu Qingyao. Structural adjustment of blast furnace slag for high Al_2O_3 slag smelting [J]. Baosteel Technology, 2012 (3) : 1-4.
(李肇毅, 郁庆瑶. 适应高 Al_2O_3 炉渣冶炼的高炉炉渣结构调整 [J]. 宝钢技术, 2012 (3) : 1-4.)
- [9] Chang Jiuzhu, Zhao Yong. Effect of Al_2O_3 on the properties of blast furnace slag at Tangshan Iron and Steel Co. [J]. Ironmaking, 2004, 23 (3) : 10-13.
(常久柱, 赵勇. Al_2O_3 对唐钢高炉炉渣性能的影响 [J]. 炼铁, 2004, 23 (3) : 10-13.)
- [10] Liang Haili, Feng Cong, Chu Mansheng, et al. Effects of Al_2O_3 on metallurgical properties of V-Ti blast furnace slag and viscosity prediction model [J]. Journal of Central South University (Natural Science Edition), 2019, 50 (3) : 514-520.
(梁海丽, 冯聪, 储满生, 等. Al_2O_3 对钒钛高炉渣冶金性能的影响及黏度预测模型 [J]. 中南大学学报(自然科学版), 2019, 50 (3) : 514-520.)
- [11] Lü Qing, Wang Fujia, Chen Shujun. Effect of MgO content in sinter on droplet properties of V-Ti-bearing burden [J]. Journal of Iron and Steel Research, 2016, 28 (9) : 24-27.
(吕庆, 王福佳, 陈树军. 烧结矿 MgO 含量对含钒钛炉料熔滴性能影响 [J]. 钢铁研究学报, 2016, 28 (9) : 24-27.)
- [12] Zhang Kaifa, Wu Shengli, Liu Xinliang. Droplet characteristics and initial slag formation changes of different single burden [J]. Science and Technology and Engineering, 2015, 15 (13) : 36-40.
(张开发, 吴胜利, 刘新亮. 不同单种炉料熔滴特征及初渣形成变化 [J]. 科学技术与工程, 2015, 15 (13) : 36-40.)
- [13] Liu Zhenggen, Chu Mansheng, Chen Lijie, et al. Effects of MgO in sinter on soft melting dripping of vanadium-titanium ore composite burden [J]. Journal of Northeast University (Natural Science Edition), 2015, 36 (5) : 655-659.
(柳政根, 储满生, 陈立杰, 等. 烧结矿中 MgO 对钒钛矿综合炉料软熔滴落的影响 [J]. 东北大学学报(自然科学版), 2015, 36 (5) : 655-659.)
- [14] Wang Fujia, Lü Qing, Chen Shujun. The research of Al_2O_3 influence on furnace burden's dropping performance of vanadium-titanium magnetite [J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2016, 37 (1) : 95-99.
(王福佳, 吕庆, 陈树军. Al_2O_3 对含钒钛高炉炉料熔滴性能的影响 [J]. 钢铁钒钛, 2016, 37 (1) : 95-99.)
- [15] Wang Fujia, Lü Qing, Chen Shujun. Research on influence of basicity on dropping performance of vanadium-titanium burden [J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2015, 36 (5) : 92-96.
(王福佳, 吕庆, 陈树军, 等. 碱度对含钒钛高炉炉料熔滴性能的影响 [J]. 钢铁钒钛, 2015, 36 (5) : 92-96.)
- [16] Wang Fujia, Lü Qing, Chen Shujun. Research of $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ influence on furnace burdens dropping performance of vanadium-titanium magnetite [J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2015, 36 (6) : 79-83.
(王福佳, 吕庆, 陈树军. $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ 对含钒钛高炉炉料熔滴性能的影响 [J]. 钢铁钒钛, 2015, 36 (6) : 79-83.)

编辑 杨冬梅

攀钢 D2 模具钢为宝马奔驰供货创新高

(10 月 10 日消息) 日前, 苏州某高端客户与攀长特签订 330 t 高端 D2 系列模具钢合同, 该批产品将全部用于智造宝马、奔驰等轿车的材料。目前, 这批模具钢的生产已经启动。据悉, 今年以来, 攀钢向国外轿车宝马、奔驰生产企业提供高端 D2 模具钢量持续走高, 1~9 月累计供货同比增长 80% 以上。近年来, 攀长特大力发展高端特钢, 不断加强技术研发和创新, 制订全员营销管理办法, 不断提升品牌形象。瞄准国际、国内市场需求, 整合炼钢、锻造、轧钢工艺装备优势, 强化产销研协同, 为客户提供个性化和差异化服务, D2 系列模具钢得到全球高端客户高度认可。由于本次交货时间紧, 用户对产品质量及加工性能要求高, 特别是超宽超薄规格模具钢需要多次轧制。为确保及时交货, 攀长特精心编制生产计划和工艺流程, 对炼钢总厂、锻造厂、轧钢厂及外加工单位细化生产时间节点。生产 D2 系列模具钢的轧钢厂扁钢作业区, 积极对接国贸公司和客户, 推行精益生产, 狠抓质量、成本、交货期管理, 对涉及扁钢生产的 10 多道工序按军工要求流程管控, 重点加强热处理、轧制尺寸精度、退火硬度控制。同时, 对接上工序, 落实坯料保障, 确保产品合同及时兑现。

(练仕均 供稿)