

包钢高炉渣中特殊成分对钢渣自粉化行为的影响

陈银胜, 罗果萍, 郝帅, 任杰, 安胜利, 柴轶凡

(内蒙古科技大学 材料与冶金学院, 内蒙古 包头 014010)

摘要: 这是一篇冶金工程领域的文章。我国钢渣累计堆存量巨大, 给资源和环境造成巨大压力。本文提出“应用熔融高炉渣与钢渣混合以实现钢渣自粉化”的新思路, 就包钢高炉渣中特殊成分 (CaF_2 和 CeO_2) 对钢渣自粉化的影响机理进行系统研究。以分析纯 CaO 、 SiO_2 、 CaF_2 、 CeO_2 为原料, 按 $n(\text{CaO}) : n(\text{SiO}_2) = 2:1$ 的配料制备了纯 C_2S 试样, 接着分别掺入不同质量分数的 CaF_2 和 CeO_2 , 将试样在 1450°C 恒温焙烧 1 h 后随炉冷却, 探究 CaF_2 和 CeO_2 对 C_2S 自粉化行为的影响规律。结果表明, 将 CaF_2 掺入 C_2S 中, 当 CaF_2 含量低于 2.5% 时, 对 C_2S 的自粉化几乎没有影响, 但在 CaF_2 含量超过 2.5% 时, 试样出现了不同程度的结块现象, 影响了 C_2S 的自粉化, 考虑到过量的 CaF_2 会对环境产生影响, 因此 CaF_2 的掺入量应控制在 2.5% 以下; 将 CeO_2 掺入 C_2S 中, 当 CeO_2 含量为 0.25% 时, C_2S 仍能完全自粉化, 但 CeO_2 含量超过 0.5% 时, C_2S 不再出现自粉化现象, 因此 CeO_2 含量必须低于 0.25%, C_2S 自粉化效果较好。

关键词: 冶金工程; 炼钢渣; 高炉渣; 特殊成分; 硅酸二钙; 自粉化

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.04.025

中图分类号: TD983 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 04-0168-07

引用格式: 陈银胜, 罗果萍, 郝帅, 等. 包钢高炉渣中特殊成分对钢渣自粉化行为的影响[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(4): 168-174.

CHEN Yinsheng, LUO Guoping, HAO Shuai, et al. Effect of special components in blast furnace slag of baotou iron and steel company on self-pulverization behavior of steel slags[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(4): 168-174.

2020 年, 我国粗钢产量达到 10.65 亿 t, 较 2019 年同比增长 6.97%, 按照 15% 的比例计算, 钢渣产生量约为 1.60 亿 t。从上世纪 90 年代初迄今, 我国钢尾渣累计堆存量已达 20 多亿 t, 占地 130 多 km^2 , 给资源和环境造成巨大压力^[1-2]。现阶段我国高炉水渣、铁合金渣和含铁尘泥利用情况较好, 高炉渣的综合利用率达到 85% 以上, 但钢渣综合利用仍处于初级阶段, 利用率仅为 25%^[3]。目前, 钢渣微粉化是实现其综合利用的最有效途径, 通过细化钢渣粒径的方式, 可在提高铁资源回收率的同时将钢渣大规模应用于水泥行业。本文提出“应用低碱度熔融高炉渣与高碱度熔融钢渣混合以

实现钢渣自粉化”的新思路, 以期开发一种高效、低成本的钢渣自粉化新技术, 该技术的应用, 不仅可使混合渣碱度达到自粉化要求, 而且可使高炉渣和炼钢渣的物理热得到充分利用, 显著降低钢渣微粉化成本, 实现对钢渣的高附加值利用^[4-5]。

矿相研究表明, 转炉钢渣中的主要物相组成为硅酸三钙 (C_3S), 硅酸二钙 (C_2S), 铁铝酸钙及镁铁相固溶体^[6]。其中, C_3S 在高温下极不稳定, 当温度降低到 1250°C 时分解成 C_2S 和 CaO , C_2S 在 725°C 时还会发生 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 向 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ 的晶型转变, 此过程会伴随着约 11% 的体积膨胀产生强烈内应力使 C_2S 粉化^[7], 若钢渣中大量发生此类晶型

收稿日期: 2021-11-25

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2020YFC1909100; 2020YFC1909105)

作者简介: 陈银胜 (1995-), 男, 硕士, 研究方向为冶金资源综合利用。

通信作者: 罗果萍 (1964-), 女, 博士, 教授, 研究方向为冶金资源综合利用。

转变将能实现钢渣的自粉化，这是一种简单有效的钢渣粉化方式^[8]。冯修吉^[9]研究了微量离子对 β - C_2S 稳定性的影响，发现微量离子对 β - C_2S 的稳定作用与该离子的极化能力大小有密切联系，并据此提出一个稳定 β - C_2S 的离子新判据-离子极化能力判据：极化能力比 Ca^{2+} 小或比 Si^{4+} 大的离子对 β - C_2S 都有稳定作用，不利于 β - C_2S 向 γ - C_2S 的晶型转变^[10]。包钢高炉渣中 CaF_2 含量高于普通高炉渣，但氟离子作为一种负电荷离子，运用上述方法能否判定氟离子稳定 β - C_2S 尚无定论，为此，本文系统研究了包钢高炉渣中特殊成分（ CaF_2 和 CeO_2 ）对纯 C_2S 晶型转变的影响规律，以期为进一步研发包钢高炉渣与钢渣混合实现钢渣自粉化的新工艺、达到“以废治废”的目标奠定理论基础^[11]。

1 实验材料与方法

1.1 试样制备

实验所用试剂均为分析纯试剂，实验过程中要严格避免杂质污染，每次粉磨前保证玛瑙研钵

的清洁。采用分析纯 CaO 、 SiO_2 、 CaF_2 、 CeO_2 为原料，按照 $n(CaO):n(SiO_2)=2:1$ 混合比制备纯 C_2S 试样^[12]。将原料置于 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的电热恒温鼓风干燥箱烘干 2 h ，配料后装进球磨罐中，在球磨机上混合 2 h 后，使用压片机在 6 MPa 压力下压制成直径 $d\ 15\text{ mm}\times 15\text{ mm}$ 圆柱状^[12]，置于刚玉坩埚中，放入KTF-1700-VT高温立式炉分段升温到 $1\ 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温 1 h 焙烧后取出，在空气中随炉自然冷却，得到所需 C_2S 试样，试样经反复粉磨、压片和焙烧，直至 C_2S 中 $f\text{-}CaO$ 含量小于 0.5% 。试样中 CaF_2 和 CeO_2 加入量见表1、2。

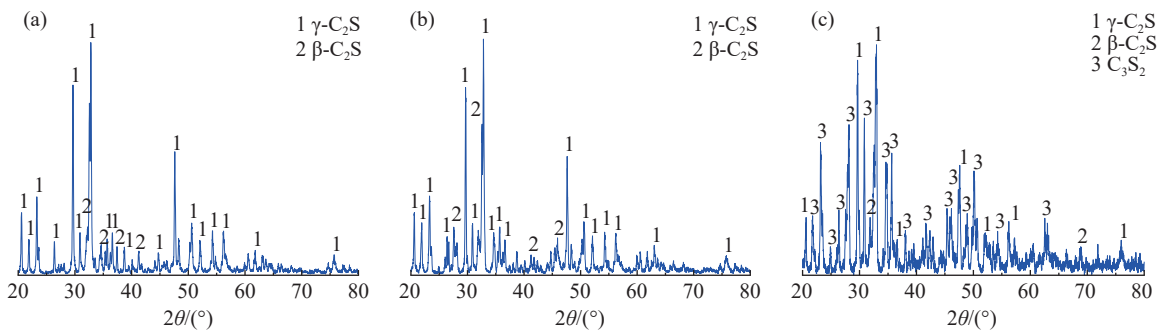
表1 试样中 CaF_2 加入量/%
Table 1 CaF_2 addition in the specimen

外掺原料	F-0	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7
CaF_2	-	0.5	1.0	1.5	2.5	3.5	4.5	5.0

表2 试样中 CeO_2 加入量/%
Table 2 CeO_2 addition in the specimen

外掺原料	C-0	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7
CeO_2	-	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	5.00

其中，F-0、C-0样为空白样。



(a) 焙烧1次；(b) 焙烧2次；(c) 焙烧3次

图1 F-0、C-0焙烧试样的XRD

Fig.1 XRD patterns of F-0 and C-0 calcined specimens

1.2 试样检测

首先利用数码相机拍摄焙烧试样自然冷却后的表观形貌，以评估其粉化情况；其次使用玛瑙研钵将焙烧试样研碎至粒径小于 0.074 mm ，取少量粉末试样置于载玻片的凹槽内，铺平后放入X射线衍射仪器内进行测试。X射线衍射仪器采用D8-advanced型，将得到的测试数据通过MDI Jade 6.0软件分析焙烧试样的物相组成；最后利用扫描电镜及能谱仪对粉磨后的焙烧试样进行面扫及点扫，分析其焙烧试样的微观形貌特征及微观

区域元素成分。

2 结果与讨论

2.1 表观形貌分析

CaO 和 SiO_2 粉体混合压片经 $1\ 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 反复焙烧3次后，未掺 CaF_2 和 CeO_2 的纯 C_2S 试样烧后粉化严重，达到了自粉化目的。

C_2S 和 CaF_2 粉体混合焙烧后， CaF_2 含量为 $0.5\%\sim 1.5\%$ 的焙烧试样粉化完全，而 $2.5\%\sim 5\%$ 试样的粉化情况受到抑制，出现了不同程度的结

块现象。这一现象表明, CaF_2 掺入量在 2.5% 以上时, 对 C_2S 的晶型转变和自粉化具有抑制作用。

C_2S 和 CeO_2 粉体混合焙烧后 CeO_2 含量为 0.25% 的焙烧试样粉化完全, 而 0.5% 以上的焙烧试样的粉化情况受到抑制, 均呈现块状现象。这表明, CeO_2 掺入量在 0.5% 以上时, 对 C_2S 的晶型转变和自粉化具有抑制作用。

2.2 物相分析

图 1 为 F-0、C-0 空白试样在 1450 °C 下焙烧 1、2、3 次后的 XRD。 SiO_2 和 CaO 混合粉体压片焙烧 1、2 次后生成了 C_2S , 存在大量 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ 和微量 $\beta\text{-C}_2\text{S}$; 焙烧三次后, 在 XRD 中出现了 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ 、 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 和 C_3S_2 。由 CaO-SiO_2 相图可知, 在 725 °C 时 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 在转变为 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ 的同时也会发生分解反应: $\beta\text{-C}_2\text{S}=\text{C}+\text{C}_3\text{S}_2$ 。因此, 在三次焙烧后将试样冷却到室温, 在 XRD 中出现了 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ 和 C_3S_2 , 同时 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 的衍射峰进一步减弱, 由于分解产生的

C_3S_2 与 CaO 的质量比为 5.14, 所以没有检测到 CaO 的存在。由图 1 也可看出, 经过 1、2 次焙烧后的空白试样主要以 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ 和微量 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 两种晶型存在, 冷却过程中 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 大多转化为 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$, C_2S 结晶度较完整, 所以本次实验以 1、2 次焙烧后的空白试样分别作为后续掺入 CeO_2 和 CaF_2 的基础原料。

图 2 为掺入不同 CaF_2 含量的焙烧试样, 可以看出, 掺入 0.5%~1.5% CaF_2 的试样, 图谱与焙烧三次的 F-0 空白试样无明显差别, $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 的特征峰较弱^[13], 说明加入少量 CaF_2 的试样, 经过再次焙烧和冷却后, 大多数 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 已经转化为 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$, 少量 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 分解生成了 C_3S_2 和 CaO 。Factsage7.1 热力学软件计算表明, 见表 3, CaF_2 在 1450 °C 时可与 C_3S_2 反应生成枪晶石 ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{CaF}_2$)^[14], 由于 CaF_2 及生成的 $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{CaF}_2$ 含量较少, 故在图谱中不能检测出来。

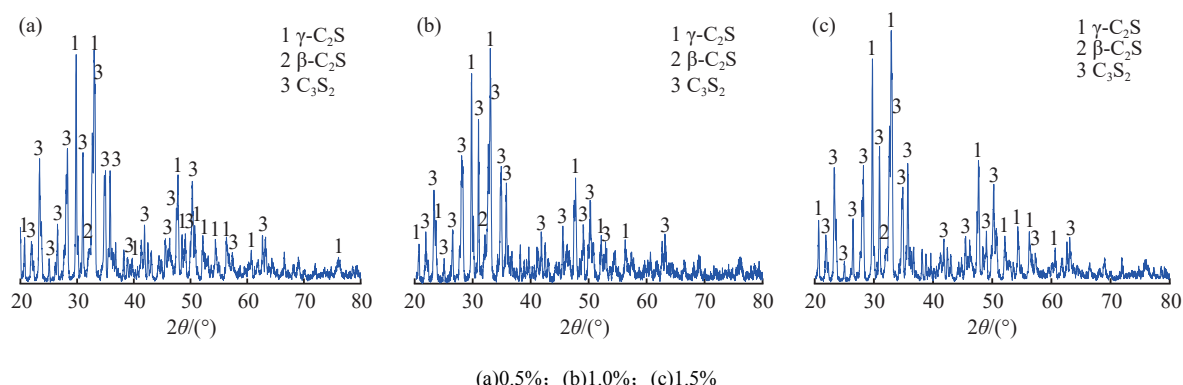


图 2 掺入 CaF_2 试样的 XRD
Fig.2 XRD patterns of specimens doped with CaF_2

表 3 基于 Factsage7.1 计算得到的生成物含量/g
Table 3 Product content calculated based on Factsage7.1

反应物		生成物	
$\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$	CaF_2	$\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$	$\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{F}_2\text{O}_7$
99.5	0.5	97.653	2.347
99.0	1.0	95.306	4.694
98.5	1.5	92.959	7.041
97.5	2.5	88.265	11.735
96.5	3.5	83.571	16.429
95.5	4.5	78.877	21.123
95.0	5.0	76.530	23.470

从图 3 可以看出, 当 CaF_2 掺入量增加到 2.5% (即 F-4 号样) 时, 在 $2\theta=28.091^\circ$ 和 $2\theta=30.969^\circ$ 处 C_3S_2 的特征峰峰值增强, 此时试样出现了结块,

证明 C_3S_2 晶体含量的增多对 C_2S 的粉化产生了负面影响。当 CaF_2 加入量达到 3.5%~5.0% 时, XRD 出现了 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ 、 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 、 C_3S_2 和枪晶石 ($\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{F}_2\text{O}_7$)。且从图 3 可知 2.5%~5.0% 试样出现了不同程度的结块现象, 对 C_2S 的自粉化具有抑制作用, 主要是由于 C_3S_2 和 $\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{F}_2\text{O}_7$ 晶体出现所致。

对 F-7 焙烧试样采用扫描电镜观察其微观结构及元素分布, 根据能谱分析的元素分析表数据换算成摩尔分数, 并表示成化合物。由图 4 可知, 点 1 处呈亮灰白色形状的主要物相为焦硅酸三钙 (C_3S_2), 含有微量 C_2S , 由于 C_3S_2 是通过 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 分解得来, 因此 C_3S_2 与 C_2S 两者的微观形貌特征相似。再通过面扫图可以看出, F 分布零散, 证明后结晶的枪晶石 ($\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{F}_2\text{O}_7$) 将先结晶的 C_3S_2 和 C_2S 包裹在里面,

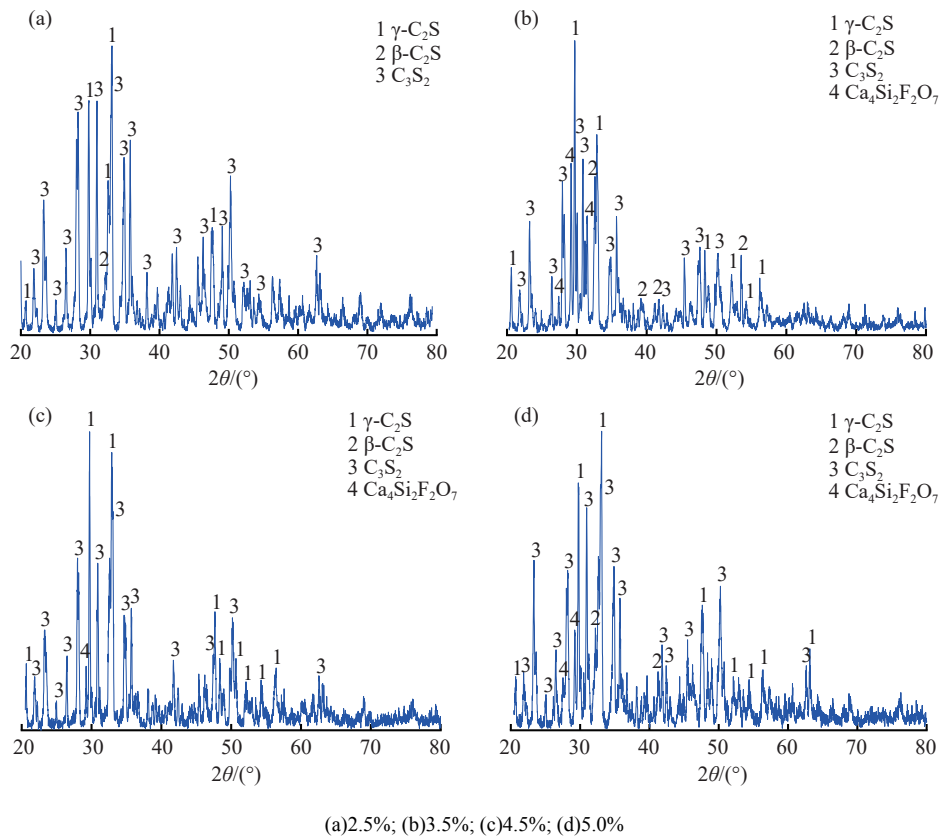


图 3 掺入 CaF_2 试样的 XRD
Fig.3 XRD patterns of specimens doped with CaF_2

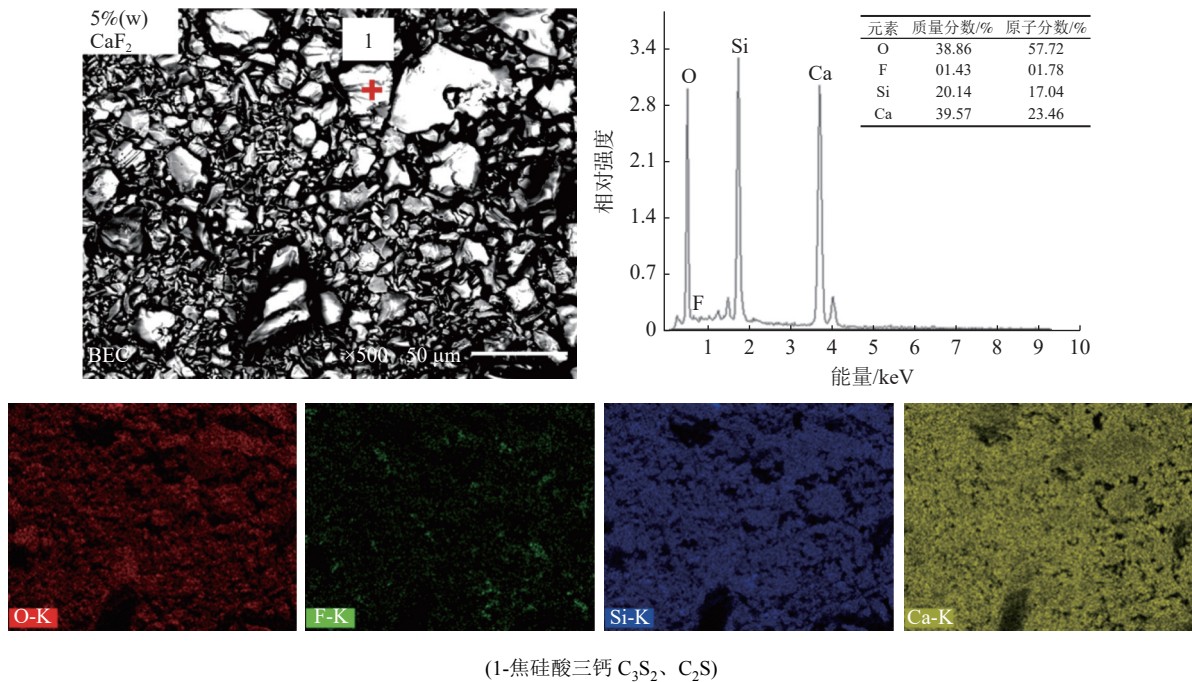


图 4 F-7 焙烧试样扫描电镜形貌、面扫及点 1 的能谱

Fig.4 Microstructure and surface scans of F-7 calcined specimens and EDS energy spectrum of point 1

抑制其 C_2S 的转变。因此，掺入 5% CaF_2 的焙烧试样经扫描电镜与 XRD 分析，得到的结论一致。

图 5 为 C-0 和 C-1 试样的 XRD，对比两个试

样的特征峰可以看出，相比于空白样，C-1 号样中 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 和 $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ 的峰值没有明显的变化，可以说明纯 C_2S 中加入 0.25% 的 CeO_2 并不影响 $\beta\text{-C}_2\text{S}$ 向

γ - C_2S 的转变。

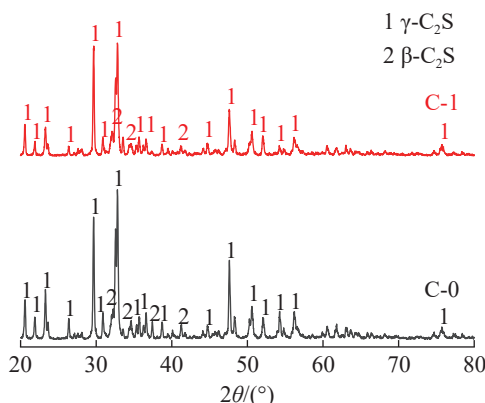


图5 C-0 和 C-1 焙烧试样的 XRD

Fig.5 XRD patterns of C-0 and C-1 calcined specimens

图6为C-1~C-3试样的XRD,通过三个试样的特征峰对比可以看出,当 CeO_2 加入量增加到0.50%~0.75% (即C-2和C-3号样)时, β - C_2S 在 $2\theta=32.1^\circ$ 的特征峰峰值有明显的增强, γ - C_2S 在 $2\theta=29.7^\circ$ 的特征峰峰值强度减弱,可以说明试样中 β - C_2S 含量进一步增加。 C_2S 和 CeO_2 粉体混合焙烧后也可以看出随炉冷却后的C-2和C-3试样呈现出块状,没有自粉化的现象出现。

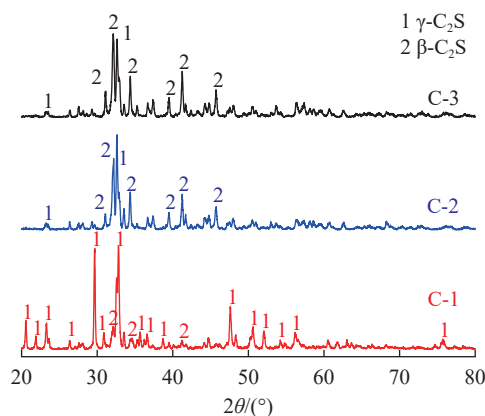


图6 C-1~C-3 焙烧试样的 XRD

Fig.6 XRD patterns of C-1~C-3 calcined specimens

图7为C-3~C-7试样的XRD,通过对比五个试样的XRD可以看出,C-3~C-6试样中 β - C_2S 的特征峰峰值基本一致,且未检测到 γ - C_2S 的存在。这也进一步说明了 CeO_2 加入量在0.75%~1.50%时,由于晶型转变受到抑制, γ - C_2S 减少, C_2S 不再发生粉化。当 CeO_2 加入量达到5.00% (即C-7号样)时,图谱中除了 β - C_2S ,在衍射角 2θ 为 28.602° 、 47.546° 处还能检测到余量 CeO_2 ,且从图3可知C-7焙烧试样呈现块状现象,不易研

磨。证明 CeO_2 加入量达到5.00%时, β - C_2S 晶体已趋于稳定,对 C_2S 晶型转变产生了极大抑制作用。

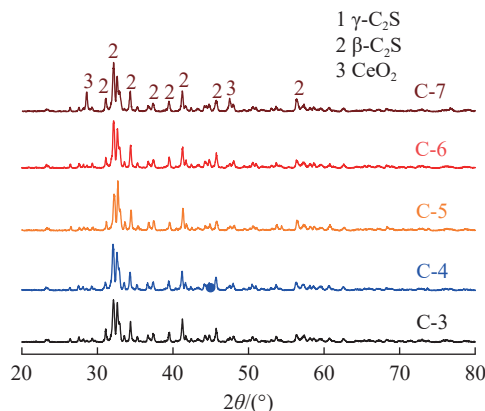


图7 C-3~C-7 焙烧试样的 XRD

Fig.7 XRD patterns of C-3~C-7 calcined specimens

此外,将掺入5% CeO_2 的焙烧试样作为典型代表例子,分析其形貌特征及微观区域元素。通过图8可以看出,灰白色无规则形状物相为固溶了 Ce^{4+} 的硅酸二钙(C_2S),且从面扫图中可见,多数的 Ce^{4+} 都富集在 C_2S 晶界上,降低了缺陷自由能,阻碍了 β - C_2S 向 γ - C_2S 的晶型转变。因此,掺入5% CeO_2 的焙烧试样扫描电镜与XRD的分析结论相符。

3 结论与展望

(1) 纯 C_2S 试样经高温焙烧后粉化严重;掺杂 CaF_2 含量为0.5%~1.5%的高温焙烧试样粉化完全;而掺入 CaF_2 含量增加到2.5%以上时,试样出现了不同程度的结块现象,对 C_2S 的自粉化具有抑制作用;考虑到过量的 CaF_2 对环境产生影响,从绿色环保角度应尽量降低F含量,因此 CaF_2 的掺入量应控制在2.5%以下。

(2) 掺杂 CeO_2 含量为0.25%时, C_2S 仍能完全自粉化,但当 CeO_2 含量超过0.5%时, C_2S 不再出现自粉化现象,因此 CeO_2 含量必须低于0.25%,才能实现 C_2S 自粉化效果。

(3) 钢渣作为炼钢过程的副产品,给世界钢铁行业带来了严峻挑战。钢渣的资源合理化利用不仅可以保护环境,而且可以创造更大的经济效益和社会效益。本文系统研究包钢高炉渣特殊成分对纯 C_2S 晶型转变的影响规律,以期下一步研发包钢高炉渣与钢渣混合以实现钢渣自粉化新工

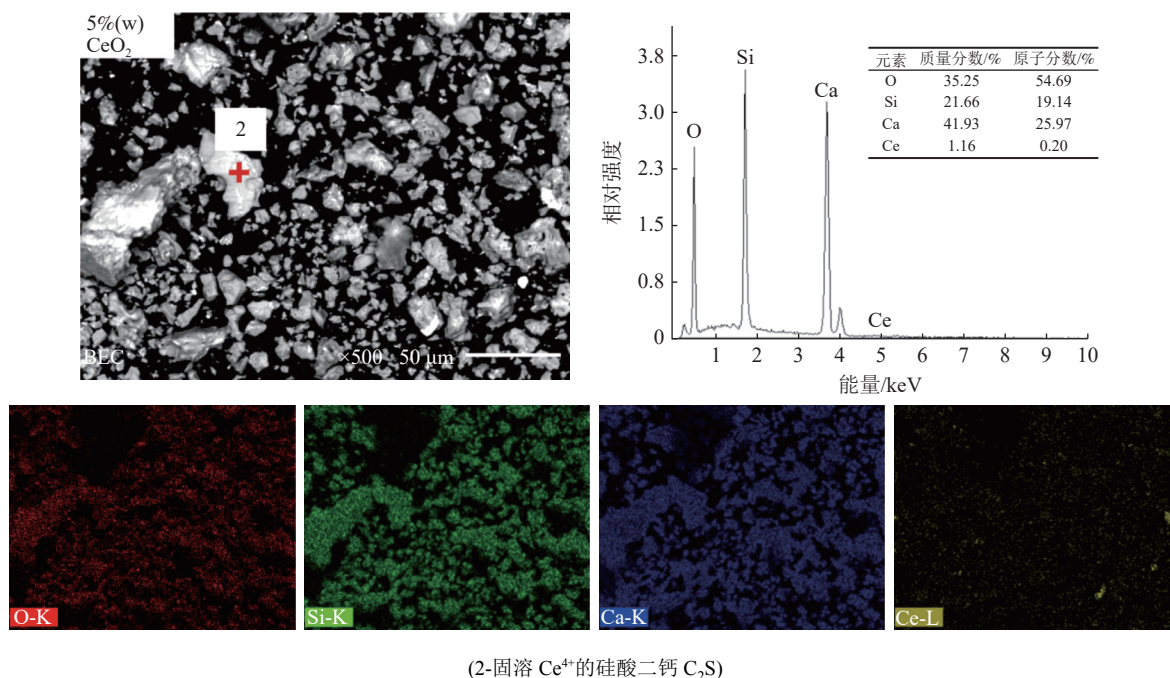


图8 C-7 焙烧试样扫描电镜形貌、面扫及点2的能谱

Fig.8 Microstructure and surface scans of C-7 calcined specimens and EDS energy spectrum of point 2

艺、达到“以废治废”的目标奠定理论基础。同时，这对于充分利用高炉渣热能和化学能，提高和扩展冶金渣的应用技术、解决钢渣微粉化高效综合利用和节能降耗问题具有重要的指导意义。

参考文献：

- [1] 高洋. 高钛高炉渣综合利用现状及展望[J]. *矿产综合利用*, 2019(1):6-10.
- [2] 邓志豪, 王珏, 周云. 转炉渣系矿物相研究[J]. *安徽工业大学学报 (自然科学版)*, 2011, 28(3):201-204.
- [3] 闫英师, 李玉凤, 赵礼兵. 改性钢渣吸附重金属离子的研究现状[J]. *矿产综合利用*, 2021(1):8-13.
- [4] 刘洋, 张春霞. 钢铁渣的综合利用现状及发展趋势[J]. *矿产综合利用*, 2019(2):21-25.
- [5] LIU Y, ZHANG C X. Comprehensive utilization situation and development trend of iron and steel slag in China and

- abroad[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2019(2):21-25.
- [6] Gencil Osman, Karadag Omer, Oren Osman Hulusi, et al. Steel slag and its applications in cement and concrete technology: A review[J]. *Construction and Building Materials*, 2021, 283.
- [7] 张作良, 陈韧. 转炉钢渣物相组成及其显微形貌[J]. *材料与冶金学报*, 2019, 18(1):37-40.
- [8] ZHANG Z L, CHEN R. Physical phase composition of converter steel slag and its micro-morphology[J]. *Journal of Materials and Metallurgy*, 2019, 18(1):37-40.
- [9] 林超. 石煤改质转炉钢渣自粉化及提钒的基础研究[D]. 马鞍山: 安徽工业大学, 2018.
- [10] LIN C. Basic research on self-powdering and vanadium extraction from stone-coal modified converter steel slag [D]. Maanshan: Anhui University of Technology, 2018.
- [11] 林超, 高卫, 钟娜娜, 等. SiO_2 改质对转炉钢渣中 C_2S 相优势析出及钢渣自粉化的影响[J]. *冶金工程*, 2018, 5(2):77-84.
- [12] LIN C, GAO W, ZHONG N N, et al. Effect of SiO_2 modification on the dominant precipitation of C_2S phase in converter steel slag and self-powdering of steel slag[J]. *Metallurgical Engineering*, 2018, 5(2):77-84.
- [13] 冯修吉, 龙世宗. 微量离子对 β - C_2S 稳定性的影响及其机理研究[J]. *硅酸盐学报*, 1985(4):424-432.

FENG X J, LONG S Z. Effect of trace ions on the stability of C_2S and its mechanism[J]. Journal of Silicate, 1985(4):424-432.

[10] 邹千, 马妍, 王玺堂, 等. Ba^{2+} 离子掺杂对 C_2S 结构稳定性的影响[J]. 耐火材料, 2016, 50(4):265-268.

ZOU Q, MA Y, WANG X T, et al. Effect of Ba^{2+} ion doping on the structural stability of C_2S [J]. Refractory Materials, 2016, 50(4):265-268.

[11] 王莉. 冶金工业固体废物钢渣的综合利用探讨[J]. 冶金管理, 2020(5):197-199.

WANG L. Discussion on comprehensive utilization of steel slag as solid waste in metallurgical industry[J]. Metallurgical Management, 2020(5):197-199.

[12] 钟倬, 蹇守卫, 柯凯. V^{5+} 及 Cr^{3+} 掺杂对 C_2S 多晶型的影响机制[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2011, 25(4):349-353.

ZHONG X, JIAN S W, KE K. Mechanisms of the effects of V^{5+} and Cr^{3+} doping on the polycrystalline shape of C_2S [J].

Journal of Jinan University (Natural Science Edition), 2011, 25(4):349-353.

[13] 许莹, 王巧玲, 胡晨光, 等. 氟化钙对重构钢渣胶凝活性和体积安定性的影响[J]. 钢铁钒钛, 2018, 39(5):86-92.

XU Y, WANG Q L, HU C G, et al. Effect of calcium fluoride on the gelling activity and volume stability of reconstituted steel slag[J]. Iron and Steel Vanadium and Titanium, 2018, 39(5):86-92.

[14] 王达志, 包燕平, 王敏. CaF_2 和 Na_2O 对钢渣含磷相析出过程的影响[A]. 中国金属学会. 第十二届中国钢铁年会论文集--2. 炼钢与连铸[C]. 中国金属学会: 中国金属学会, 2019: 7.

WANG D Z, BAO Y P, WANG M. Effects of CaF_2 and Na_2O on the precipitation process of phosphorus-containing phases from steel slag[A]. Chinese Society for Metals. Proceedings of the 12th Annual Conference on Steel in China - 2. Steelmaking and Continuous Casting[C]. Chinese Society for Metals: Chinese Society for Metals, 2019: 7.

Effect of Special Components in Blast Furnace Slag of Baotou Iron and Steel Company on Self-pulverization Behavior of Steel Slags

CHEN Yinsheng, LUO Guoping, HAO Shuai, REN Jie, AN Shengli, CHAI Yifan
(Inner Mongolia University of Science and Technology, College of Material and Metallurgy, Baotou 014010, Inner Mongolia, China)

Abstract: This is an article in the field of metallurgical engineering, which proposed a new idea of mixing molten blast furnace slag with steel slag to achieve self-pulverization of steel slag, and systematically studied the influence mechanism of special components of CaF_2 and CeO_2 in blast furnace slag of Baotou Iron and Steel Company on the self-pulverization of steel slags. Using analytically pure CaO , SiO_2 , CaF_2 and CeO_2 as starting materials, pure C_2S specimens were prepared with $n(\text{CaO}) : n(\text{SiO}_2) = 2 : 1$, then different mass fractions of CaF_2 and CeO_2 were added, respectively. The effect of CaF_2 and CeO_2 on the self-pulverization behavior of C_2S was investigated by calcining the specimen at 1450°C for 1 h and cooling with the furnace. The results showed when CaF_2 was incorporated into C_2S and the content of CaF_2 was less than 2.5%, it had little effect on the self-pulverization of C_2S . However, when the content of CaF_2 was more than 2.5%, the specimen had different degrees of agglomeration, which affected the self-pulverization of C_2S . Considering that excessive CaF_2 would affect the environment, the content of CaF_2 should be controlled below 2.5%. When CeO_2 incorporated into C_2S and the content was 0.25%, C_2S could still be completely self-pulverized, but when the CeO_2 content was more than 0.5%, C_2S no longer self-pulverized. Therefore, the CeO_2 content must be less than 0.25 %, and the self-pulverization effect of C_2S was relatively good.

Keywords: Metallurgical engineering; Steelmaking slag; Blast furnace slag; Special components; Dicalcium silicate; Self-pulverization