

高炉喷煤助燃剂的应用研究

蔡漳平¹, 王金华¹, 孔凡朔¹, 李丙来¹, 邵登山²

(1 济南钢铁股份有限公司, 山东 济南250101; 2 济南潜能科技有限公司, 山东 济南250101)

摘要: 为改善煤粉的燃烧效果、提高喷煤置换比, 分析了高炉喷煤催化助燃剂的催化助燃机理及开发应用情况, 采用TG-DTG-DSC方法考察了不含碱金属元素的助燃剂对煤粉燃烧效果的影响, 并在此基础上进行了工业试验。研究表明: 助燃剂对煤粉的助燃效果存在一最佳比例, 济钢条件下, 高炉添加0.4%的喷煤助燃剂后喷煤比、焦比指标明显改善。

关键词: 高炉; 喷煤; 催化助燃剂

中图分类号: TF538.6+3 文献标识码: A 文章编号: 1004-4620(2006)05-0029-02

Application Research of Combustion-Supporting Agent on PCI into BFCAI Zhang-ping¹, WANG Jin-hua¹, KONG Fan-shuo¹, LI Bing-lai¹, SHAO Deng-shan²

(1 Jinan Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China; 2 Jinan Qianneng Science and Technology Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: In order to improve the combustion effects of pulverized coal and replacement ratio of coals, the combustion-supporting mechanism, development and applications are analyzed and industry experiment are carried out based on the research of combustion-supporting agent without alkalis on coals combustion with TG-DTG-DSC ways. The results show that there is an optimum addition percent for coals combustion with combustion-supporting agent. The coal ratio and coke ratio are improved obviously with 0.4% combustion-supporting agent in Jigang.

Key words: blast furnace; pulverized coal injection(PCI); combustion-supporting agent

1 引言

生产实践证明: 高煤比条件下, 煤粉在高炉内的燃烧条件恶化, 燃烧率降低, 煤焦置换比有下降趋势。因此, 如何提高煤粉的燃烧率成为世界性的热点与难点问题。目前, 采用较多的技术有提高风温及富氧率, 采用烟煤、无烟煤混喷, 采用大料批正分装技术等, 而应用助燃剂的研究相对较少。2005年上半年, 济南钢铁股份有限公司(简称济钢)1[#]1750m³高炉风温仅1119℃, 短时期内大幅度提高风温存在一定困难。同时由于受市场影响, 配煤结构不稳定。再者, 由于炼铁目前用氧受炼钢影响较大, 不能保证长期足量供应。在这种情况下, 进行相关助燃剂的应用研究非常有意义。

2 高炉喷煤催化助燃机理

煤通常是由稠核芳烃单元组成的, 各单元间通过脂肪族基团或各种官能团相互交联。随着煤化程度的提高, 煤的结构将越来越接近纯碳结构(如石墨等)。对于煤的催化燃烧机理, 目前主要有电子转移理论及氧传递理论^[1]。

电子转移理论认为金属离子嵌入碳晶格内部, 使碳表面的电子构型发生变化, 并作为电子给予体, 通过电荷的迁移加速部分反应过程, 例如某些金属盐分解的氧化物或直接添加进去的金属氧化物, 能催化煤炭中长链脂肪族C-C键的断裂分解, 从而降低了着火温度。当催化助燃剂加入焦粉或煤粉中后, 碳的晶格结构会发生畸变, 结构单元间的桥键结合力削弱, 在受热分解时, 更多的桥键受到破坏, 挥发分提前释放, 使挥发

分析出温度变低。另外，催化助燃剂受热分解出金属离子，金属离子渗透进石墨层，作为电子施主，形成活性中间化合物，使碳结构发生变化，金属离子能与焦粉或煤粉表面含氧基团形成表面络合物 $CO-M^+$ (M^+ 为催化剂的金属离子)，它们可以与芳香碳或脂肪碳相连。由于金属离子的供电子效应，进而通过氧传递到碳环或碳链上，迫使它不稳定而破裂，生成 CO_2 逸出。此外，中间形成的表面络合盐，担负着反应活性中心的作用^[2]。

氧传递学说认为在加热条件下催化剂首先被还原成金属（或低价金属氧化物），然后依靠金属（或低价金属氧化物）吸附氧气，使金属（或低价金属氧化物）氧化得到金属氧化物（或高价金属氧化物），碳再次还原金属氧化物（或高价金属氧化物）。这样金属（或低价金属氧化物）一直处于氧化—还原的循环中，在金属（或低价金属氧化物）和氧化物（或高价金属氧化物）两种状态来回变动^[3]。

3 高炉喷煤催化助燃剂开发情况及应用试验

3.1 催化助燃剂开发应用情况

强化煤粉燃烧的催化助燃剂存在以下遗憾：

(1) 助燃剂在其它行业应用较多，但大部分助燃剂含有碱金属，如专利CN02133147.2，CN90106347.9，CN01138848.X等均含有K、Na等元素，而高炉恰恰对碱金属比较忌讳。

(2) 不含碱金属元素的助燃剂一般催化助燃效果差，加入量大，如专利CN111263A，加入助燃剂为原煤重量的1%~20%，最好是2%~8%，当添加量小于1%时，效果不明显。

(3) 助燃剂危及安全生产，如专利CN02133147.2，其配方中含有 $KMnO_4$ ，而 $KMnO_4$ 分解温度仅 $240^\circ C$ ，对于制粉系统安全有一定隐患。高炉喷煤尤其是喷吹烟煤是一项安全性要求极高的技术，系统氧含量升高、着火点降低等均会带来新的安全隐患。

(4) 国内高炉喷煤尚未有工业性应用的报导。尽管为了强化高炉内煤粉的燃烧，北京科技大学、东北大学^[4]、以及攀钢等单位皆进行了相关研究，但尚未进入工业性应用阶段。在国外，Tata钢厂7号高炉试用了助燃添加剂来提高煤的燃烧率。首次使用效果令人可喜，表现在煤比增加上，即在100~120kg/t铁水喷煤率时煤比增加了约10%^[5]。但采用的Betzdearborn Dc807助燃添加剂为液态，一般在制粉前输送于煤床上使用，吨煤加入量约在350~600mL。

针对以上情况，济钢在实验室研究的基础上，开发了不含碱金属、性价比较高的助燃剂，并成功应用于 $1750m^3$ 高炉生产，取得了显著效果。

3.2 实验室应用试验

3.2.1 试样制备 试验用煤全部取自济钢生产现场，工业分析表明，混合煤粉中，水分1.1%，灰分10%，挥发分20%，S 0.45%。试验用催化助燃剂为济钢新开发的土黄色粉状物。将煤粉、助燃剂分别磨到粒度全部小于0.074mm，按一定比例将煤粉与助燃剂混合。

3.2.2 试验方法 煤粉的燃烧采用德国产NETZSCH STA 449C型分析设备，应用TG-DTG-DSC方法；试样重量35.00mg，氧气20mL/min，升温速率50K/min，起始温度 $25^\circ C$ 。煤粉的爆炸性采用FBY-I型煤粉爆炸性测试仪，试样重量为1.00g。

3.2.3 试验结果及分析 助燃剂添加比例对煤粉燃烧的影响见表1。

表1 助燃剂添加比例对煤粉燃烧的影响

助燃剂添加比例/%	TG-DTG法着火点/ $^\circ C$	最大失重速率/ $\% \cdot \text{min}^{-1}$	失重70%对应时间/min	燃尽时间/min	火焰返回长度/mm
0	470	9.46	17.47	20.60	150
0.1	465	9.57	17.02	20.32	150
0.2	455	9.76	16.46	20.02	151
0.3	445	9.88	16.32	19.85	154

0.4	441	9.99	16.16	19.36	155
0.5	446	9.92	16.53	19.85	144
0.6	452	9.87	17.20	20.48	128

从表1中数据可以看出:

(1) 助燃剂对煤粉的助燃效果存在一最佳比例0.4%，超过此值，助燃效果降低。这是因为煤中加入助燃添加剂会产生两种截然不同的效应^[6]：一为催化效应，促进煤的燃烧；另一种是添加剂覆盖一部分碳表面，阻塞部分孔口，从而增加扩散阻力，阻碍煤的燃烧。当添加量较低时，前者起主导作用，使着火点下降较快；随添加量进一步增加，前者减弱，后者渐强，从而使着火点下降缓慢，甚至微升。

(2) 添加助燃剂后，随着添加比例的增加，火焰返回长度呈现先略微增加后逐渐减小的趋势，没有出现火焰长度大幅度升高的现象。这是因为在添加比例较少时，催化剂的加入可促进煤的燃烧，燃烧剧烈，当添加比例过大时，煤粉燃烧本身放出的热量部分被助燃剂吸收，同时，由于阻碍部分气孔，使得煤粉爆炸性减弱。

3.3 工业应用

根据实验室研究结果，于2005年8月15日~9月30日进行了工业试验。试验时，在煤入磨机前将助燃剂按0.4%的比例加入。试验表明：应用催化助燃剂后除尘灰、洗涤水悬浮物中碳含量明显降低（见表2），煤比、焦比也大幅度改善。为此，3座1750m³高炉自2005年10月份开始应用催化助燃剂。应用后，高炉煤比、焦比指标明显改善（见表3）。

表2 助燃剂加入前后除尘灰、洗涤水中碳含量变化

项目	除尘灰中C/%	悬浮物中C/%	喷煤比/kg.t ⁻¹	焦比/kg.t ⁻¹	风温/°C	富氧率/%
加入前	24.363	48.046	143	373	1154	2.08
加入后	19.245	15.720	154	350	1168	1.85
变化	-5.117	-32.326	11	-23	14	-0.23

表3 应用助燃剂后高炉指标变化

时间	焦比/kg.t ⁻¹	焦丁/kg.t ⁻¹	喷煤比/kg.t ⁻¹	风温/°C	富氧率/%	[Si]/%	煤气利用率/%
2005-01~07	424	37	122	1057	2.03	0.528	46.69
2005-08~2006-08	389.6	27.7	140	1106	1.92	0.558	48.32

4 结论

4.1 助燃剂对煤粉的助燃效果存在一最佳比例，超过此值，助燃效果降低。

4.2 高炉添加适量的喷煤助燃剂可明显提高煤粉利用率，起到提高喷煤置换比、降低焦比的效果。

参考文献:

- [1] 蔡俊修. 催化助热燃烧[J]. 煤炭转化, 1993, 16(1): 45~53.
- [2] 诸荣孙, 黄绪风, 李志全. 催化助燃剂强化烧结工业试验及机理分析[J]. 钢铁, 2002, 37(9): 1~4.
- [3] 欧阳德刚, 罗安智. 煤燃烧催化剂的研究现状与发展方向的分析[J]. 钢铁研究, 2004, 139(4): 1~7.
- [4] 徐万仁, 杜鹤桂. 高炉喷煤催化燃烧研究[J]. 钢铁, 1996, 31(1): 10~15.
- [5] 梁明宇, 韩志刚. 助燃剂在高炉喷煤中的应用效果[J]. 现代冶金, 2001, (2): 27~29.
- [6] 许莹, 胡宾生. CeO₂和La₂O₃对高炉喷吹煤粉燃烧过程的影响[J]. 稀土, 2005, 26(2): 56~58.

