

焦炭高温冶金性能的认识及展望

兰臣臣¹, 张淑会², 吕庆^{1,2}, 郅亚娜², 刘小杰²

(1. 东北大学 冶金学院, 辽宁 沈阳 110000;

2. 华北理工大学 冶金与能源学院, 河北 唐山 063009)

摘要: 钢铁企业的可持续发展正受到炼焦资源的制约, 炼焦资源的合理使用是目前亟待解决的问题。针对目前焦炭的研究中在焦炭的反应性、有害元素对焦炭的影响以及焦炭冶金性能的检测方法等方面存在的问题进行了分析, 并概述了高反应性焦炭和废塑料与煤共熄焦的研究现状, 提出现阶段的研究重点为: 对焦炭在高炉内的反应机理和焦炭在高炉内的粒度变化进行深入的重新认识, 对焦炭质量提出合理的要求; 根据不同质量的焦炭制定合理的入炉及布料制度; 建立一套合理的焦炭检测制度; 根据有害元素对焦炭热强度的破坏机理提出有效的防治措施; 积极发展新型的炼焦工艺, 扩大炼焦可用资源, 缓解优质炼焦煤资源紧张的现状。

关键词: 焦炭; 高炉; 冶金性能; 新工艺

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.01.002

中图分类号: TD989; TF526+.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 01-0006-06

1 概述

焦炭是现代高炉炼铁中不可替代的原料, 其高炉内主要作用为燃料、还原剂、生铁渗碳的碳源以及骨架作用。焦炭质量的好坏直接影响着高炉的透气性、透液性、焦比、喷煤比以及铁水质量^[1]。焦炭的高温冶金性能一般指焦炭的反应性反应后强度, 其是评价焦炭质量好坏的重要指标, 也影响着高炉的生产操作。在高炉块状带, CO 与铁氧化物发生间接还原反应并产生 CO₂ 气体, 当炉料温度逐渐升至 900~1000℃ 时, 焦炭开始与 CO₂ 气体发生气化反应。焦炭表面会沉积部分碱金属和 Zn 等在炉内循环的元素, 这些元素会对焦炭的气化反应起到一定的正催化作用, 降低了其开始气化温度。由于温度较低, 焦炭的气化反应发生较为缓慢, 对焦炭的劣化作用有限, 其在块状带主要受机械力的作用, 使得其粒度减小。在高炉软熔带, 由于温度升高, 矿石开始软化, 炉料与焦炭之间接触的更加紧密, 焦炭的气化反应剧烈进行, 焦炭受到的化学侵蚀和机械破坏作用增强。在高炉炉腹区域, 其是一个焦炭的填充床,

液态渣铁透过焦炭间的空隙进入炉缸, 在此区域发生铁氧化物被进一步还原和焦炭中的碳素向铁液溶解的反应, 但是其消耗的焦炭量很小, 焦炭填充层的透气性和透液性是整个高炉强化冶炼的限制性环节, 因此在此区域焦炭的粒度与强度对高炉冶炼至关重要。

本文对目前焦炭的研究存在的问题进行了分析, 概述了几种有效的炼焦新工艺, 对我国焦炭性能的研究进行了展望, 并提出几点意见。

2 焦炭高温冶金性能的认识

2.1 焦炭的反应性的认识

随着我国高炉的大型化发展, 其对焦炭的质量要求越来越高。现代高炉都采用风口喷吹煤粉技术, 焦炭在高炉内部分作用(发热剂, 还原剂, 铁水渗碳的碳源)已经逐步被煤粉替代, 而焦炭在高炉内的骨架作用无法替代。随着喷煤技术的发展, 高炉焦比不断降低, 焦炭在高炉内停留的时间被延长, 因此对焦炭反应后强度的要求越来越高。目前, 科研工作者普遍认为焦炭的反应性与反应

收稿日期: 2016-06-17

基金项目: 河北省钢铁联合基金资助项目(E2015209073); 华北理工大学杰出青年基金资助项目(JP201508)

作者简介: 兰臣臣(1989-), 男, 博士, 从事炼铁理论与工艺研究。

通讯作者: 张淑会(1976-), 女, 博士, 教授, 从事炼铁理论与工艺研究, E-mail: zhangshuhui@heuu.edu.cn

后强度具有负相关性^[2-3]，部分研究认为焦炭的反应后强度的降低是由于焦炭在高炉内的溶损反应，CO₂ 气体扩散到焦炭内部反应，使焦炭孔壁减薄，裂纹增加，反应后强度降低。因此，高炉冶炼要求焦炭的反应性较低，以保证其反应后强度。我国高炉冶炼对焦炭性能的要求见表 1。

表 1 高炉冶炼对焦炭性能的要求

Table 1 Requirements for the metallurgical properties of coke in blast furnace smelting

炉容/m ³	1000	2000	3000	4000	5000	宝钢
CSR%	≥58	≥60	≥ 62	≥65	≥66	70.6
CRI%	≤28	≤26	≤ 25	≤25	≤25	23.58
灰分	≤28	≤13	≤12.5	≤12	≤12	11.32

高炉炼铁普遍认为焦炭反应性低意味着焦炭的气化反应温度高，有利于缩小高炉的热储存区，扩大铁矿石的间接还原区域，提高间接还原度，降低焦比。随着冶金工业的不断发展，冶金工作者对焦炭的反应性能有了新的认识。毕学工^[4]提出当使用高还原性铁矿石时，提高焦炭反应性对高炉生产反而有利，通过改善烧结矿还原性和改进炉顶布料控制，操作线从 A 向右移动到 B；通过提高焦炭活性，操作线可以进一步从 B 向右移动到 C，见图 1。

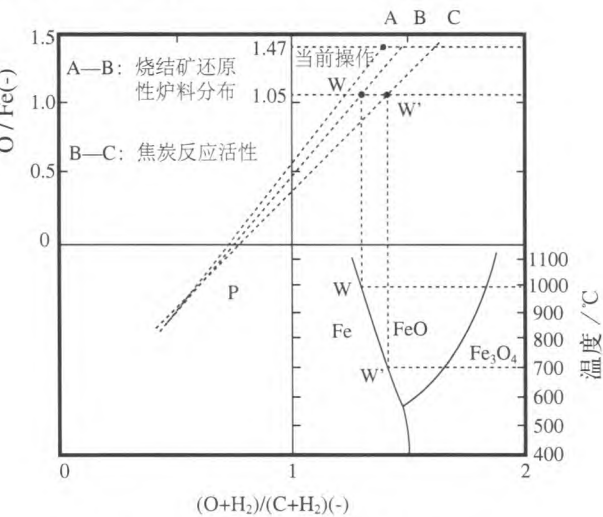


图 1 不同反应性焦炭的高炉操作线比较

Fig.1 Comparison of blast furnace operation line of different reactive coke

操作线向右移动，可增大煤气中 CO 实际浓度与平衡浓度的差值，不仅提高了降低燃料比的潜力，而且增大了浮氏体气相还原反应的驱动力，

有利于高炉产量的提高。ZHAO Hong-bo 等^[5]通过试验得出反应性高的焦炭比反应性低的焦炭在高炉块状带表现为压差低，热储存区温度低，煤气利用率高和矿石还原率好。吴胜利等^[6]研究了焦炭反应性对高炉块状带含铁炉料还原的影响，指出适当提高焦炭的反应性，能够明显改善高炉块状带含铁炉料的还原条件。

综上所述，焦炭的反应性并非越低也好，在保证焦炭反应后强度的同时，适当提高焦炭的反应性，有利于提高高炉的生产效率，减少 CO₂ 气体的排放。同时提高矿石的还原性能，有利于提高焦炭气化产生的 CO 的利用率，提高间接还原度。目前我国高炉生产为了降低焦炭的反应性，不断的提高优质炼焦煤在配煤中的比重，造成了炼焦资源的浪费。在保证焦炭热强度的前提下，如何根据高炉炉料条件制定合理高效的焦炭反应性要求是目前研究的重点。研究如何控制焦炭气化反应的限制性环节，使其气化反应仅发生在焦炭的表面，不破坏焦炭的内部结构，这将对缓解炼焦资源的短缺和提高高炉冶炼效率有重大的意义。

2.2 微量元素在高炉内对焦炭作用的认识

随着原燃料条件的不断变化，高炉内的有害元素逐渐增加，例如，K、Na、Zn、Cl 等。这些有害元素在高炉内不断循环富集，参与着各种化学反应，对高炉炉料的冶金性能产生了很大的影响。目前，国内外科研工作者对于 K、Na、Zn 以及 Cl 元素对炉料冶金性能的影响做了大量的研究，并形成较为一致的认识。人们普遍认为这些有害元素在高炉内可以提高焦炭的反应性，从而使焦炭的反应性强度降低，因此建议焦炭生产中通过配加优质炼焦煤提高焦炭的抵抗有害元素侵蚀的能力。刘永新^[7]、赵宏博^[8]、LI Ke-jiang^[9]研究了碱金属对焦炭冶金性能的影响，指出碱金属对焦炭的溶损反应具有正催化作用，提高其反应性，降低焦炭的反应后强度，随着碱含量的增加，对焦炭的作用增强。本课题组^[10]、余松^[11]研究了 CaCl₂ 对焦炭热态性能的影响，研究结果表明经 CaCl₂ 可以降低焦炭的反应性，提高其反应后强度。

穆林^[12]、谭超^[13]研究了锌对焦炭反应性能的影响,指出锌可以进入焦炭内部,可以提高焦炭的反应性,降低其反应后强度,但其对焦炭的影响的程度低于碱金属。

焦炭在高炉内的气化反应程度主要取决与矿石的还原能力,焦炭的溶损反应与浮氏体的还原是一对耦合反应,与焦炭反应的 CO_2 气体是由浮氏体的还原提供的,铁矿的还原性能好,焦炭的气化反应量也将增加。K、Na、Zn、Cl 等有害元素在试验室条件下可以提高焦炭的反应能力,但是反映到高炉里,应综合考虑这些有害元素对矿石还原能力的影响来确定焦炭的溶损程度。E. Lectard^[14]通过试验得出碱金属元素可以提高矿石的还原性能,而氯元素可以抑制矿石的还原。ZHANG Shu-hui 等^[15]同样得出了氯元素可以抑制烧结矿还原的结果。毕学工^[16]研究了 Zn 对炼铁炉料冶金性能的影响,指出 Zn 可以降低烧结矿的还原性。碱金属元素在高炉内可以促进矿石的还原,对焦炭的溶损反应有一定的促进作用。Zn 和 Cl 元素都抑制了烧结矿的还原性能,其高炉内对焦炭性能的劣化作用并没有那么严重。

目前, K、Na、Zn、Cl 等元素对焦炭的热强度的影响机理尚无明确的定论,这些有害元素是否在焦炭内部发生反应破坏了焦炭的原有结构,使得其热强度降低,有害元素提高焦炭的反应性后, CO_2 与焦炭的溶损反应发生在焦炭表面还是可以进入焦炭破坏其内部结构,这些都是有待于进一步研究的问题。研究有害元素对焦炭结构和热强度的影响将对高炉生产更具有指导意义。

2.3 焦炭冶金性能检测方法的认识

目前,世界上普遍采用的焦炭反应性和反应后强度的测试方法是由日本新日铁公司提出的,具体检测方法为:将粒度为 20~25 mm 的焦炭在 $1100 \pm 5^\circ\text{C}$ 下与纯 CO_2 气体反应 2 h, CO_2 气体流量为 5 L/min。反应后焦炭的失重比例为反应性指数 CRI; 反应后的焦炭在 I 型转鼓中进行转鼓试验,转速 20 r/min, 时间 30 min, 以大于 10 mm 的焦炭含量作为反应后强度指数 CSR。随着人们对高

炉的认识不断深入以及冶炼技术的不断改进,这种焦炭检测方法的不合理性逐渐显现。焦炭的检测方法存在的问题:

(1) 通入纯 CO_2 作为反应气体,与高炉实际的气氛条件不符,高炉内含 N_2 、 CO 和 H_2 等气体都会对焦炭的气化反应产生一定程度的影响。

(2) CO_2 的流量固定为 5 L/min,而高炉内与焦炭反应的 CO_2 的量由矿石的还原度决定。

(3) 焦炭反应温度固定为 1100°C ,这与高炉内焦炭的受热状态不符,高炉内焦炭的受热是一个连续的过程,并且随温度的变化其气化速率与反应形式都不相同。

(4) 反应后待焦炭冷却后再检测其反应后强度,这与高炉内反应后焦炭的热状态不符,温度对反应后焦炭的强度有一定的影响。

(5) 由于高炉内含有未燃煤粉,未燃煤粉的反应性强,比表面积大,其会减少焦炭的气化程度。

(6) 焦炭的灰分 (Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 等)对焦炭气化反应的促进作用较强,提高了其溶损量,而高炉内由于渣铁与焦炭的紧密接触,其灰分对焦炭气化反应的促进作用较小。

(7) CO_2 气体会扩散到焦炭中心区域,破坏焦炭的结构,使其强度降低较大。但在高炉内焦炭与渣铁接触紧密,焦炭的气化反应主要发生在表面,对其内部强度影响不大^[17]。

焦炭的检测方法只有综合的考虑了高炉内的影响因素,才能真正的指导生产,使高炉生产对焦炭质量有一个合理的要求,即保证高炉的正常生产,又降低了炼焦过程对煤质的要求,降低焦炭的生产成本。制定出一个接近于高炉实际生产状况的焦炭冶金性能的检测标准是冶金工作者迫在解决的问题,为高炉生产提供更加可靠的焦炭热性能的预测。

3 焦炭研究的展望

3.1 高反应性焦炭的研究

国内外科研工作者对高反应性焦炭做了大量的研究,目前的几种高反应性焦炭产品分别为高 CaO 煤(或配加 CaO 试剂)生产出的高反应性焦

炭, 以及铁焦和热压含碳球团。2002年9月, 在Hokkai公司的两座工业焦炉上, 采用配富CaO煤的方法生产出高反应性焦炭, 反应性指数提高至30%以上, 高反应性焦炭全部装入高炉进行冶炼试验, 燃料比减少了10 kg/tFe^[18]。铁焦是煤和铁矿石经粉碎、混合、成型后, 用连续式干馏炉加热, 将其中的铁矿石还原成金属铁、煤碳化结焦的含碳复合炉料。Kenichi等^[19]研究得出, 与传统焦炭相比, 高反应性铁焦的气化开始温度较低, 其在低温下损耗并参与铁矿石还原反应使高炉热储备区温度下降, 从而改善了高炉的反应效率和减少了还原剂用量。程向明等^[20]研究了铁焦与矿石混装对高炉初渣形成的影响, 指出铁焦可使炉料软化温度升高, 滴落温度下降, 软熔区间变窄, 料柱透气性得到改善, 铁中的碳含量明显升高。热压含碳球团是将具有一定热塑性的煤粉和含铁粉料加热到一定的温度在热状态下压块, 利用煤的黏结性将铁矿粉结成块, 最终得到块状的热压含碳球团^[21]。储满生教授^[22]指出热压含碳球团高温强度高, 还原性好, 还原性能好, 还原粉化率和膨胀率低, 原料适应性强。当热压含碳球团配比由0增加到30%时, 热空区的温度下降约200℃, 焦比约降低29.2%, 总还原剂约降低3.8%。

高反应性焦炭的研究对我国炼焦技术以及高炉生产技术改进都具有重大的推进作用。我国科研工作者虽然对高反应性焦炭做了大量的试验研究, 但目前还是一些基础的性能研究, 距离工业生产和应用还需进一步的深入研究。

3.2 废塑料与煤共熄焦的研究

废塑料在我们的生活中是最为常见且难以处理的生活垃圾。据统计2011年, 我国产生的各种塑料垃圾近2亿t^[23]。由于目前常用的方法无法彻底处理废塑料, 加之我国的炼焦煤资源日趋紧张, 因此有研究者提出将废塑料与煤进行共焦化, 即可以减少炼焦煤用量, 又可以实现废塑料的资源化和无害化处理。近年来, 日本在本国已经实现了废塑料配煤炼焦的工业应用。2000年, 日本新日铁公司将废塑料进行体积压缩、粉碎后, 按照1%的比例加入煤中, 与煤混合一起加入炼焦炉, 大约产生20%的焦炭, 40%的焦油和轻油, 40%的煤气(富氢煤气)。废塑料热解过程与煤热解过程十分相似, 都是其内部分子键断裂与重组的应

应^[24-25], 且废塑料热解中间产物的性质也与煤热解时所产生的胶质体十分相似。但是煤与废塑料的共焦化过程比较复杂, 需要深入研究。陆春辉等^[26]研究指出废塑料添加到配合煤种生产冶金焦, 在不影响焦炭强度的情况下, 废塑料的量可增加至4%左右。Valentina^[27]和Nomura^[28]指出, 添加2%的PET时, 焦炭的气孔壁厚度增大, 转鼓强度提高。解丽萍等^[29]指出随着废塑料添加量的增加, 焦炭的反应性升高, 反应后强度降低, 但废塑料的质量分数低于3%时, 焦炭仍然满足国家二级冶金焦炭质量标准。李东涛等^[30]采用德国Kohleol公司液化使用的废塑料与国内几种不同变质程度的煤进行共焦化试验, 结果发现添加废塑料没有对焦炭产率产生影响。

利用焦化工序处理废塑料技术是最近几年发展起来的可以大规模处理混合废塑料的工业实用型技术。这项技术不仅有效的缓解了我国炼焦资源紧缺的问题, 又可以减少废塑料对环境的污染。目前应对该工艺进一步深入研究, 了解工艺原理, 以及产出焦炭的各种性能及微观结构的变化。同时应解决废塑料的回收分类问题, 为该工艺的工业化提供可靠的原料来源。这将对钢铁企业的可持续发展有重大的促进作用。

4 结 语

目前, 钢铁企业正面临着严峻的考验, 如何降低生产成本, 减少CO₂气体的排放成为了钢铁企业迫切要解决的问题。我国优质炼焦资源短缺, 并且资源分布不均, 按每年消耗9亿~10亿t炼焦原煤计算, 中国炼焦煤剩余探明储量仅能用50~60年。焦炭作为高炉的主要燃料, 并在高炉内起着不可替代的作用, 炼焦资源的合理应用将对高炉的可持续发展起到重要的促进作用。目前的主要任务是如何科学合理的利用优质炼焦煤, 具体给出以下几点意见:

(1) 结合现阶段高炉冶炼的实际状况, 对焦炭在高炉内的反应机理和焦炭在高炉内的粒度变化进行深入的重新认识, 并对焦炭质量提出合理的要求。根据不同质量的焦炭制定合理的入炉及布料制度。

(2) 模拟高炉实际冶炼条件, 建立一套合理的焦炭检测制度, 为高炉冶炼提供可靠的焦炭性

能指标。

(3) 深入研究高炉内有害元素对焦炭热强度的影响, 根据其对焦炭热强度的破坏机理提出有效的防治措施。

(4) 积极发展新型的炼焦工艺, 扩大炼焦可用资源, 缓解优质炼焦煤资源紧张的现状。

参考文献:

- [1] 王航民, 王成林, 周小辉, 等. 焦炭冶金性能与高炉顺行的关系[J]. 莱钢科技, 2009(1):64-66.
- [2] 赵志娟. 焦炭反应性及反应后强度影响因素及预测模型的研究[J]. 煤炭与化工, 2013, 36(2):106-109.
- [3] 苗泽凯, 胡弘毅, 程实, 等. 焦炭反应性(CRI)和焦炭反应后强度(CSR)的相互关系[J]. 内蒙古石油化工, 2015(16):1-3.
- [4] 毕学工. 焦炭质量与高炉冶炼关系的再思考[J]. 过程工程学报, 2009, 9(增刊1):438-442.
- [5] ZHAO Hong-bo, BAI Yong-qiang, CHENG Shu-sen. Effect of coke reaction index on reduction and permeability of ore layer in blast furnace lumpy zone under non-isothermal condition[J]. Journal of Iron and Steel Research, 2012, 20(4):6-10.
- [6] 吴胜利, 庾必阳, 张丽华, 等. 焦炭反应性对高炉块状带含铁炉料还原的影响[J]. 北京科技大学学报, 2013, 35(3):282-287.
- [7] 刘永新, 张波波, 王福先, 等. 碱金属对焦炭热性能的影响[J]. 煤炭转化, 2008, 31(3): 43-47.
- [8] 赵宏博, 蔡皓宇, 程树森, 等. 钾、钠对焦炭劣化作用[J]. 北京科技大学学报, 2013, 35(4):438-446.
- [9] Li Kejiang, Zhang Jianliang, Barati Mansoor, et al. Influence of alkaline(Na, K) vapors on carbon and mineral behavior in blast furnace cokes[J]. Fuel, 2015 (145):202-213.
- [10] 兰臣臣, 张淑会, 刘小杰, 等. 高炉内氯元素对焦炭高温冶金性能的影响[J]. 太原理工大学学报, 2016, 47(1):5-10.
- [11] 余松, 赵宏博, 程树森, 等. 高炉内碱金属和碱金属氯化物对焦炭的影响[J]. 钢铁研究学报, 2011, 23(5):20-23.
- [12] 谭超, 张俊涛. 锌含量对焦炭热性能的影响[J]. 涟钢科技与管理, 2014 (5):7-8.
- [13] 穆林, 刘乐天, 郑海燕, 等. 锌对焦炭强度的影响[J]. 钢铁研究学报, 2011, 23(7):10-13.
- [14] E. Lectard, E. Hess, R. Lin. Behaviour of chlorine and alkalis in the blast furnace and effect on sinter properties during reduction[J]. Revue de Metallurgie, 2004, 101(1): 31-38.
- [15] ZHANG Shu-hui, LAN Chen-chen, LV Qing, et al. Study on the effect of chlorine on the metallurgical properties of sinter[C]. Asia Steel International Conference 2015 (Asia Steel 2015), 2015.
- [16] 毕学工, 竺龙, 李九林, 等. 锌对炼铁炉料冶金性能影响的试验研究[J]. 武汉科技大学学报, 2016, 39(2):81-84.
- [17] 胡德生, 孙维周. 重新认识高炉用焦炭与CO₂的反应性[J]. 宝钢技术, 2013 (6):6-11.
- [18] Nomura S, Ayukawa H, Kitaguchi H, et al. Improvement in blast furnace reaction efficiency through the use of highly reactive calcium rich coke[J]. ISIJ International., 2005, (45):316-324.
- [19] Kenichi Higuchi, Seiji Nomura, Kazuya Kunitomo, et al. Enhancement of low-temperature gasification and reduction by using iron-coke in laboratory scale tests[J], ISIJ International, 2011, 51(8):1308-1315.
- [20] 程向明, 毕学工, 史世庄, 等. 铁焦与铁矿石混装对高炉初渣形成的影响[J]. 钢铁, 2014, 49(8):9-14.
- [21] 储满生, 艾名星, 付磊, 等. 铁矿热压含碳球团生产工艺开发[J]. 工业加热, 2008, 37(1):57-60.
- [22] 储满生, 赵伟, 柳政根, 等. 高炉使用含碳复合炉料的原理[J]. 钢铁, 2015, 50(3):9-18.
- [23] 汤桂兰, 胡彪, 康在龙, 等. 废旧塑料回收利用现状及问题[J]. 再生资源与循环经济, 2013, 6(1):31-35.
- [24] 何选明. 煤化学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010.
- [25] Allen NS. 聚乙烯塑料的降解与稳定[M]. 北京: 烃加工出版社, 1989.
- [26] 陆春辉, 郑明东, 张小勇, 等. 配合煤添加废塑料生产不同规格焦炭的研究[J]. 燃料与化工, 2013, 44(6):1-3.
- [27] Valentina V Z. Influence of polyethylene terephthalate on the carbonization of bituminous coals and on the modification of their electric and dielectric properties[J]. Fuel, 2006, 85:1652-1665.
- [28] Nomura S, Kato K. The effect of plastic size on coke quality and coking pressure in the co-carbonization of coal/plastic in coke oven[J]. Fuel, 2006, 85:47-56.
- [29] 解丽萍, 周国江, 吴鹏, 等. 废塑料配煤炼焦对焦炭质量的影响[J]. 黑龙江科技大学学报, 2014, 24(3):242-246.
- [30] 李东涛, 李文, 李保庆. 煤与废塑料共焦化基础研究III 协同作用的热重研究[J]. 燃料化学学报, 2000, 28(5):439-443.

Recognition and Prospect of High Temperature Metallurgical Properties and Prospect

LanChenchen¹, Zhang Shuhui², Lv Qing^{1,2}, Qie Yana², Liu Xiaojie²

(1. School of Metallurgy, Northeastern University, Shenyang, Liaoning, China;

2. College of Metallurgy & Energy, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei, China;)

Abstract: The sustainable development of iron and steel enterprises is restricted by the coking resources, and the reasonable use of coking resources is a problem to be solved at present. This paper analyzes these problems that exist in the present research of coke reactivity, the effect of harmful elements on metallurgical properties of coke, testing methods and other aspects. The research status of high reactivity coke and waste plastics and coal co-coking are summarized, and the research emphasis are put forward: the reaction mechanism and the change of particle sizes of coke in blast furnace should be re-oriented. Put forward reasonable requests to the quality of coke. According to the different quality of coke, it should make reasonable distributing system. a set of reasonable coke testing system should be founded. According to the damage mechanism of the harmful elements to the coke thermal strength, the effective control measures should be put forward. Enterprise should develop new type of coking process actively, and expand coking resources, to ease the current tense status of high quality coking coal resources.

Keywords: Coke; Blast furnace; Metallurgical property; New technology

////////////////////////////////////
(上接 39 页)

Effects of Metal Ions on Flotation Behavior of Kyanite with Dodecylamine

Zhang Jinxia^{1,2}, Yu Hao¹, Zou Xuan¹, Wang Long^{1,2}

(1 College of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei, China;

2 Hebei Province mining industry develops with safe technology priority laboratory, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: The influences of metal ions on floatability of kyanite were studied by flotation tests in dodecylamine system. The test results show that with the increase of CaCl_2 content, the recovery rate of kyanite showed a rapid increase trend. When the dosage of CaCl_2 was 10mg/L, the recovery rate of kyanite reached 85.87%. The influence law of Mg^{2+} on kyanite flotability compared with Ca^{2+} had certain similarities, but under the condition of same drug dosage, the activation degree of Mg^{2+} on kyanite mineral flotation was lower. With the increase of AlCl_3 dosage, the flotation recovery rate of kyanite decreased rapidly. When the amount of AlCl_3 was 5.5 mg/L, the flotation recovery rate of kyanite is reduced to 0, Fe^{3+} also played a strong inhibitory effect on the flotation of kyanite. The analysis results of flotation solution chemistry showed that Fe^{3+} improves the mineral surface's electrical property after it's attachment on the surface of kyanite, reducing the electrostatic adsorption force of dodecylamine. Meanwhile, the flotation of kyanite is depressed intensively owing to the generation of corresponding hydroxide precipitations of Fe^{3+} . The electrostatic interaction is contributing to strengthen the adsorption of minerals and dodecylamine when the zeta potential of kyanite shift markedly towards negative direction in the presence of corresponding hydroxy complex of Ca^{2+} , so flotation of kyanite can be activated.

Keywords: Kyanite; Metal ions; Flotation behavior