

轻质石矿尾泥陶粒的制取及性能研究

张文军¹, 罗顺发², 夏朝科³, 孙文慧², 李伟明², 代小云², 姚一凡³

(1. 中国矿业大学 低碳能源研究院, 江苏 徐州 221008; 2. 中国矿业大学 化工学院, 江苏 徐州 221116; 3. 湖州新开元碎石有限公司, 浙江 湖州 313002)

摘要: 为了考察石矿尾泥制备轻质陶粒的可行性, 揭示烧制因素和配料种类对尾泥陶粒性能的影响, 以新开元石矿的工艺尾泥为主料, 电石渣和粉煤为配料, 设计了四种配方, 采用 L9 (34) 正交试验对烧制因素进行了研究, 通过 XRD、压力试验机和数码显微镜成像仪分析了陶粒的矿物组成、抗压强度和形貌特征。结果表明: 焙烧温度在 1100 ~ 1200℃ 范围内对陶粒的性能影响显著, 随着坯料发气能力的提高, 焙烧时间在 5 ~ 15 min 对陶粒强度的影响逐渐增大; 电石渣添加量为 10% ~ 20% 能有效改善坯料的碱度, 有助于玻璃化和矿物转变; 添加 10% ~ 15% 的粉煤, 焙烧温度高于 1150℃, 焙烧时间长于 5 min 能避免陶粒收缩; 10% 粉煤与 10% 电石渣能降低陶粒的烧成温度, 并提高其物理性能。

关键词: 石矿尾泥; 电石渣; 粉煤; 烧制制度; 轻质陶粒

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.06.024

中图分类号: TD989;X705

文献标志码: A

文章编号: 1000-6532 (2018) 06-0116-07

陶粒是一种人造集料, 内部呈多孔结构, 具有良好的保温隔热、抗震耐冻、抗冲击以及吸附和降噪等特点, 主要应用于建筑、环保和石油开采行业。有研究者采用石灰渣^[1]、煤矸石^[2]、工程渣土^[3]、尾矿^[4-6]、C&D 废弃物^[7-8]、污泥^[9-13]和粉煤灰^[14]等为主要原料制备出陶粒。湖州新开元碎石有限公司的尾泥来源于安山岩破碎加工过程中产生的微细颗粒物, 富含钠长石、钾长石、钙长石等瓷釉原料矿物(表 1、图 1), 具备制取陶瓷材料的条件。本文以该公司的工艺尾泥为主要原料, 电石渣和煤粉作为发气材料开展了轻质陶粒制备工艺的试验研究, 以期拓展尾泥增值利用的新途径。

1 试验材料

试验用尾泥取自新开元碎石有限公司的尾矿

库, 电石渣购自山东信发集团有限公司, 煤样由河南义马矿区的宜洛煤矿提供, 试验用水为去离子水。

采用 D8 ADVANCE 型 X 射线衍射仪分析了尾泥矿物组成(图 1); 采用 S8 TIGER 型 X 射线荧光光谱分析仪对原料化学组成进行了分析(表 1)。

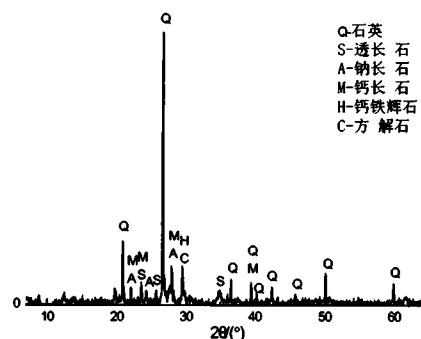


图 1 尾泥 X 射线衍射

Fig.1 X-ray diffraction patterns of mud

表 1 原料的化学组成与水分

Table 1 Chemical composition and moisture of raw materials

化学成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	LOI	水分
新开元尾泥 /%	59.93	20.24	3.61	3.05	0.24	3.48	2.11	2.80	1.82
电石渣 /%	2.95	1.07	0.84	-	0.23	62.45	-	21.33	10.91
粉煤 /%	4.10	2.01	0.54	0.14	0.10	0.75	0.16	89.76	1.75

收稿日期: 2017-09-19

作者简介: 张文军 (1970-), 男, 博士, 主要从事清洁煤技术、工业废弃物资源化、矿山清洁生产等方面的研究。

通信作者: 罗顺发 (1992-), 男, 硕士研究生, E-mail: luoshunfacumt@163.com。

新开元尾泥中的主要矿物为长石和石英；电石渣的组成以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 为主；粉煤的灰分 8.49%，固定碳含量 55%。

2 陶粒烧制工艺

2.1 工艺配方

陶粒的品质与原料的化学组成密切相关。根据 Riley^[15] 相图，陶粒胚料中起骨架作用的 SiO_2 和 Al_2O_3 的合适含量分别为 40%~79% 和 10%~25%， Fe_2O_3 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 等可以起到良好的助熔作用，其总含量宜维持在 13%~26%。煤灰中的 CaO 含量为 24.32%，能最大限度降低灰熔点^[16]，以此为依据，结合表 1 计算出尾泥中电石渣的添加量不宜超过 23.35%。英国“LYTAG”粉煤灰陶粒生产技术对碳含量的要求为 5%~8%^[17]，以此为参考，根据粉煤固定碳含量确定的粉煤适宜添加量为 9.1%~15.6%。根据探索性试验，设计了四种原料配方（表 2）来考察电石渣和粉煤含量对陶粒性能的影响。

表 2 尾泥陶粒的原料配方 /%

Table 2 Raw material proportion of ceramsites

配方	尾泥	电石渣	粉煤
a	80	20	0
b	80	10	10
c	85	0	15
d	100	0	0

2.2 烧制制度

焙烧温度是矿物反应的重要影响因素，原料不同对应的焙烧温度区间也不同^[1-14]，一般为 900~1350℃。本文在探索性试验的基础上选定焙烧温度范围为 1100~1200℃；预热温度主要影响陶粒表层的玻璃体形成和料球的膨胀，预热温度过低时气体在陶粒表面被气密玻璃体（介于气态与固态之间的物质）包覆前就发生外逸，预热温度过高时气体短时间内大量生成导致料球变形，甚至爆裂^[18]，本研究的预热温度范围控制在 400~500℃；烧制时间影响陶粒的均匀度，时间过短易导致陶粒质地不均匀，时间过长，一方面导致料球过度软化变形，另一方面将增加能耗，并降低生产效率，

本研究选择的阶段保温时间为 5~15 min。采取四因素三水平正交试验（表 3）考查烧制制度对陶粒性能的影响。

表 3 尾泥陶粒烧制制度正交

Table 3 Orthogonal table of ceramsites calcined system

序号	预热温度 T1/℃	预热时间 t1/min	焙烧温度 T2/℃	焙烧时间 t2/min
1	400	5	1200	10
2	450	5	1100	5
3	500	5	1150	15
4	400	10	1150	5
5	450	10	1200	15
6	500	10	1100	10
7	400	15	1100	15
8	450	15	1150	10
9	500	15	1200	5

根据表 2 称取 -74 μm 的尾泥粉、电石渣粉和粉煤，加入 25% 的去离子水搅拌均匀，搓制成质量为 2.5 g 的球形生坯，室温静置 2~3 h，按照表 3 设定温控程序，升温 and 降温阶段的温度变化速率均为 10℃/min，然后将生坯置于硅钼棒高温烧结炉内进行烧制。

3 结果与讨论

陶粒的表观密度、抗压强度和吸水率按照《轻集料及其试验方法》（GB/T 17431.2-2010）测定，陶粒的表（断）面形貌特征采用数码显微成像仪进行观察。

根据国标 GB/T 17431.1-2010，确定 a,b, c 和 d 四类陶粒合适的烧制制度序号分别为 9, 8, 1 和 5 对应条件下的陶粒性能参数见表 4。

表 4 四种陶粒最佳性能参数

Table 4 The optimal properties of four kinds of ceramsites

陶粒种类	密度等级	筒压强度 /MPa	吸水率 /%
a9	300	1.38	14.29
b8	500	7.99	0.47
c1	700	25.99	0.83
d5	1000	34.63	0.00

3.1 烧制制度对陶粒性能的影响

采用 F 检验法分析了四种烧制因素对四类陶粒性能的影响关系（表 5）。

表 5 烧制因素对陶粒性能影响的 F 检验

Table 5 F tests of the influence of the calcined system on properties of ceramsites

F 值	表观密度 ρ				抗压强度 f				吸水率 ω			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
预热温度 (T1)	3.40	5.38	1.00	1.00	1.00	1.58	1.00	1.00	1.77	1.06	1.81	1.00
预热时间 (t1)	1.00	1.00	1.04	3.31	4.54	0.95	0.43	843.0	0.34	1.12	1.85	1.00
焙烧温度 (T2)	470.09	525.70	29.33	1.04	130.3	10.09	14.06	477.0	10.86	12.48	8.22	1077
焙烧时间 (t2)	1.04	4.40	8.24	1.15	4.12	1.05	16.73	150.8	0.66	0.82	1.00	1.00
标准值 *	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	6.94	19.00	19.00	6.94	5.14	19.00	19.00

* 置信度为 0.95。

由表 5 可知, 焙烧温度是 a 类和 b 类陶粒各项性能的唯一显著性影响因素, 说明相对于其他烧制因素, 焙烧温度能大幅度提高复合配方料球的孔隙率以及玻璃体的生成量。

由图 6 可知, 1100℃ 对应的 a 类和 b 类陶粒基本未发生膨胀, 内部裂隙和微小孔隙多呈联通状态, 导致其吸水率较高 (图 4); 焙烧温度达到 1150℃ 时料球软化、形成熔体, 蜂窝状的多孔结构在气体膨胀压力与熔体张力所形成的动态平衡环境下形成^[19], 料球冷却时, 气固界面的熔融玻璃体的黏度急剧上升并发生收缩, 较薄的气孔壁受到膨胀气体的压力而破裂, 最终陶粒表面及内部形成联通孔隙, 导致吸水率较高; 焙烧温度升至 1200℃ 时料球液化加剧, 同时气体压力增大, 形成高温泡沫, 根据 Laplace 方程 $\Delta P = 4\sigma(1/R_1 - 1/R_2)$, σ 、 ΔP 和 R_1 、 R_2 分别为气泡的表面张力、内外压差和大小气泡半径) 可知当温度不变时, 小气泡持续向外膨胀的压力较大气泡大, 这导致小气泡发生兼并形成大气泡 (见图 6 (3) a 和 b), 大大降低了陶粒的抗压强度。

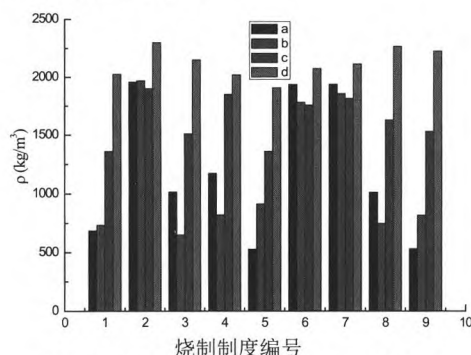


图 2 烧制制度对陶粒表观密度的影响

Fig.2 Effect of fire system on ceramsites' apparent density

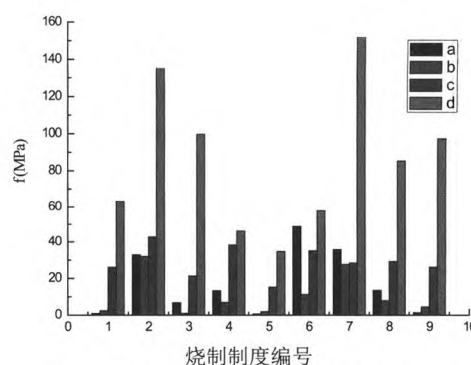


图 3 烧制制度对陶粒抗压强度的影响

Fig.3 Effect of fire system on ceramsites' compressive strength

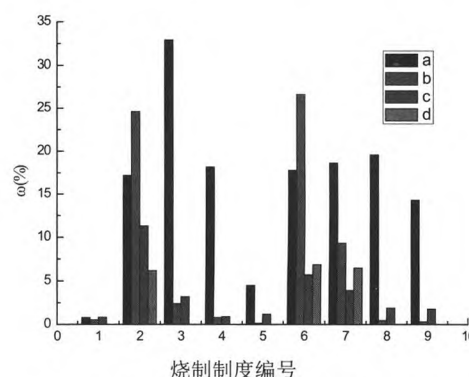


图 4 烧制制度对陶粒吸水率的影响

Fig.4 Effect of fire system on ceramsites' water absorption

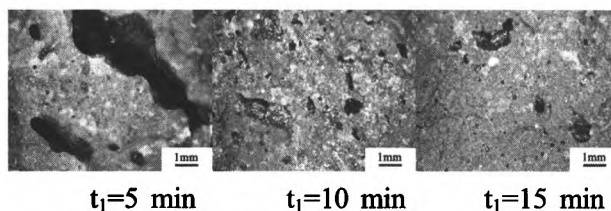


图 5 d 类陶粒在不同预热时间下内部孔隙变化

Fig.5 Pore change on different preheat time of type d ceramsites

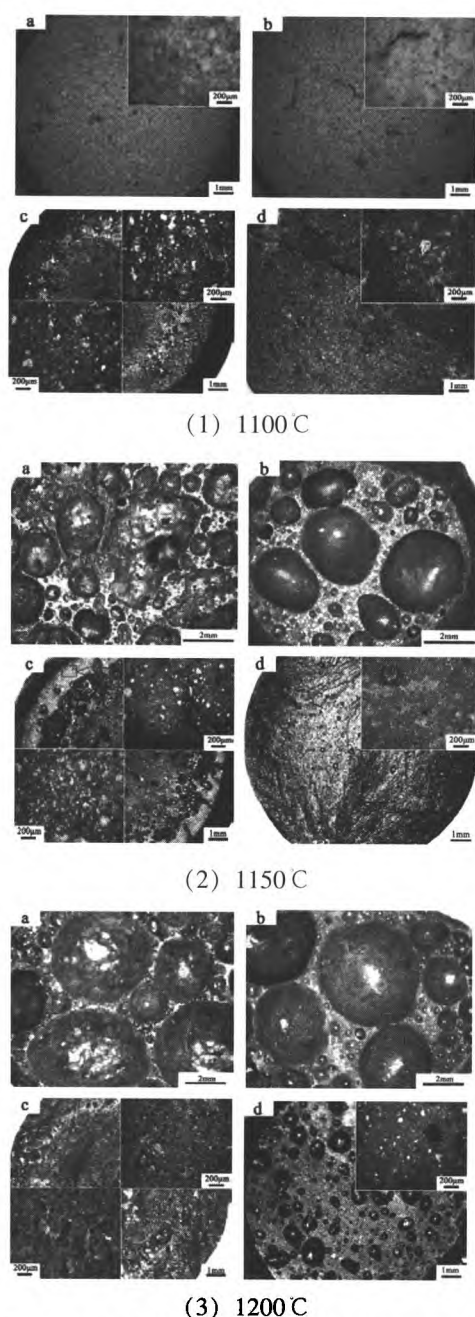


图6 不同焙烧温度下四类陶粒的断面照片

Fig.6 Fracture face graphs of four kinds of ceramsites with different calcined temperature

由表5可知，对c类陶粒而言，除表观密度受焙烧温度的显著影响外，其它烧制因素对其性能影响均不显著。

由图6和图2可知随着焙烧温度的提高，c类陶粒内部的气孔率增大、表观密度降低。虽然焙烧温度和焙烧时间对c类陶粒性能的影响均不显著，但两者对其抗压强度的F值以及前者对其吸

水率的F值均接近标准F值。1100℃时固体和熔体的表面张力远大于气体，料球无明显膨胀，所以陶粒致密厚实结晶颗粒粗大，这有利于提高陶粒的抗压强度^[9]；1150~1200℃时微隙表面玻璃体增加，距离料球中心越远的气体越容易溢出料球，骨架软化塌缩后形成致密的表层壳结构；距离料球中心越近的气体受到外层气体的向心压力和骨架张力越大，当气体膨胀压力低于向心压力时气孔被压缩，此时形成多微孔内核结构；当气体压力大于向心压力时气孔膨胀，此时形成多孔环带结构（图6c）。延长焙烧时间会导致陶粒内核结构中的微孔隙增大，提高焙烧温度则使得多孔区变宽且内核孔隙增大，均造成应力集中^[19-20]，因此不利于其抗压强度的提高。

由表5可知，对d类陶粒而言对其表观密度、抗压强度和吸水率影响显著的因素分别为焙烧温度、预热时间/焙烧温度/焙烧时间、焙烧温度。

由图6d可知，随着焙烧温度的提高d类陶粒气孔率逐渐增大，气孔直径变大，结晶度逐渐降低，玻璃体逐渐增加。熔融玻璃体较少时，颗粒间隙无法得到完全填充从而形成联通内外微孔隙，因此吸水率较高，同时结晶度提高，由于晶粒具有很高的强度且能起到“桥接”作用^[21]，陶粒受力时产生的裂纹（图6d）将绕过增强体扩散，从而抗压强度较高。伴随着熔融玻璃体的增加，料球发生软化。一方面，气体膨胀使得微隙变成气孔，陶粒密度和抗压强度随之降低；另一方面，陶粒表面为玻璃体包覆使得水分子无法进入，因此吸水率降低。

由图2可知，延长焙烧时间即延长了陶粒的气孔膨胀时间，能显著提高d类陶粒的气孔率，但抗压性能降低（图3）。

图5反映了焙烧温度为1150℃时，d类陶粒内部孔隙随着预热时间延长的变化情况，从左至右密实性逐渐提高，相应地，抗压强度随之升高。

3.2 配料种类对陶粒性能的影响

3.2.1 电石渣

电石渣的成分以 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 为主, 其次为吸附水, 尾泥中添加 10%~20% 的电石渣能提高坯料的碱度。温度达到 110℃ 左右时, 吸附水逐渐脱离颗粒间隙并溢出料球。预热阶段, 少量气密玻璃体在气固界面生成形成对气体的截留作用, 气体膨胀使得颗粒相互挤压, 颗粒表面的玻璃体相互黏连, 最终形成多孔骨架。温度上升至 580℃ 左右时, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 分解生成的气态水被气密玻璃体包裹下, 形成新的气泡, 气固界面增大, 进一步促进了玻璃体的生成。

由图 7 可知, a9 和 b8 的矿物衍射图谱中石英的衍射峰均较尾泥有大幅的下降, 这说明高温反应过程中坯料内的 SiO_2 参与了矿物反应。添加电石渣后陶粒结晶相大幅降低, 非晶态物质(玻璃体)含量大大提高; 透长石、钙铁辉石的衍射峰消失, 这是由于 900℃ 左右, 生坯中的这类矿物形成了以熔融玻璃体形式存在的低温共熔化合物^[11]。高温焙烧阶段 $\text{CaO-SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 体系下形成硅酸盐熔体, 该结构由 Si、Al 成网粒子和 Na、K、Ca 等变网粒子构成, 前者与 O 成键是网络格架, 后者起到平衡电价的作用, 既形成对网络格架的填充, 还与 $[\text{SiO}_4]$ 中的 O 配位形成 A-O(A= Na、K、Ca) 键、削弱 Si-O 键的键强^[22], 当 Si-O 键变得容易断开时熔体的黏度急剧下降。推测长石矿物对硅酸盐熔体黏度影响的公式^[22]:

$$\ln \eta_A = (x/b) \ln \eta_{\text{SiO}_2},$$

式中: $\eta_A, \eta_{\text{SiO}_2}$ 分别为长石和 SiO_2 溶体黏度; 为 Si-O 键的键强; 为 A-O 键的键强。长石的助熔作用与 b 值呈正相关, 与 SiO_2 的黏度成负相关。Chloe^[6] 认为热液中硅酸盐矿物的浓度越低、玻璃体生成量越少, 熔体黏度越高。大量研究^[1,11-14,24] 表明, 碱或碱土金属能降低陶粒的烧成温度, 而酸性氧化物则相反。

3.2.2 粉煤

与煤矸石陶粒和生物质污泥陶粒烧制原理类似, 尾泥中掺混 10%~15% 的粉煤可以产生大量气体和提供部分焙烧热能。从图 2 可知, c 类陶粒

的表观密度较尾泥陶粒均有降低, 降幅为 8.5%~33.0%。一般而言, 陶粒烧结过程中结晶矿物密度的变化对其表观密度影响可忽略^[6-13], 若不考虑陶粒的膨胀收缩, 根据烧失量可以计算其密度下降率可达 18.4%, 在 1100℃ 焙烧以及 1150℃ 焙烧 5min 条件下, c 类陶粒密度下降率均低于 18.4%, 说明陶粒体积出现了收缩, 进一步提高焙烧时间或温度, 陶粒将发生膨胀。

由图 6c 和 d 可知前者孔隙率明显高于后者, 图 7 反映出两者矿物成分基本一致, 但 c1 的石英衍射峰较 d5 偏低, 且 d5 焙烧时间比 c1 长 5 min, 说明 15% 的粉煤能大幅提高晶体向非晶体的转变, 说明粉煤燃烧形成的气孔提高了焙烧阶段熔融玻璃体的生成量。如图 7 所示, b8 以玻璃体居多, 含有少量的硅灰石和钙长石结晶体, 相比 d5 石英晶体的衍射峰强度大大降低, 相比 a9 其矿物衍射峰普遍较低, 表明陶粒高度玻璃化, 10% 粉煤与 10% 电石渣作为配料能大大降低尾泥陶粒的烧成温度。高钙体系下, 温度在 900~1000℃ 就可以生成钙长石和硅灰石^[23], 由于低熔点氧化物易于积聚于晶体表面形成玻璃体^[20], 提高了早期液相量, 使得坯料中硅酸盐矿物的晶格键断裂形成的大量自由离子的迁移变得容易, 体系中各种离子的浓度趋于均匀和稳定, 晶核质点增加^[24]。在降温过程中, 由于孔隙结构提高了陶粒的导热率, 满足析晶温度范围的时间缩短, 晶体的生长受到限制, 所以晶粒细小被玻璃体包裹。

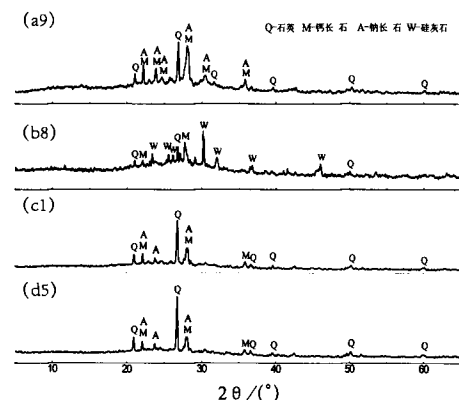


图 7 陶粒的 X 射线衍射图谱

Fig. 7 X-ray diffraction patterns of ceramsites

4 结论

(1) a, b, c 和 d 四种配方陶粒对应的最佳烧制制度为 9, 8, 1 和 5, 其性能均满足 GB/T 17431.1-2010 的要求。

(2) 焙烧温度是以尾泥为主要原料的陶粒性能的主要影响因素, 控制在 1150~1200℃ 为宜。发气能力高的陶粒, 焙烧时间应适当缩短, 以防止因气泡兼并导致的抗压强度的降低; 发气能力低的陶粒, 预热时间和焙烧时间应适当延长, 以提高陶粒内部气孔含量和骨架的密实性。

(3) 添加 10%~20% 电石渣能显著改善坯料的化学组成和碱度, 促使 SiO_2 参与矿物反应、玻璃体生成和晶相消耗。添加 10%~15% 的粉煤能大幅提高坯料的发气量, 增大气固界面面积的同时促进了熔融玻璃体的生成; 配合 10% 的电石渣能提高料球气体截留能力和玻璃化程度, 有利于降低陶粒的烧成温度。

参考文献:

- [1] Qin Juan, Cui Chong, Cui Xiaoyu, et al. Preparation and characterization of ceramsite from lime mud and coal fly ash[J]. Construction and Building Materials, 2015, 95: 10-17.
- [2] 李志君, 苏振国, 李亮, 等. 空心微珠轻质陶粒的制备与性能[J]. 硅酸盐学报, 2017, 45(3): 384-392.
- [3] 张腾飞, 荣辉, 刘志华, 等. 900 密度等级渣土陶粒的制备及性能研究[J]. 新型建筑材料, 2017, (1): 109-113.
- [4] LIU Taoyong, Tang Yu, Han Lei, et al. Recycling of harmful waste lead-zinc mine tailings and fly ash for preparation of inorganic porous ceramics[J]. Ceramics International. 2017, 43: 4910-4918.
- [5] 段美学, 闫传霖, 赵蔚琳, 等. 利用金矿尾矿烧制陶粒的正交实验研究[J]. 中国粉体技术, 2014, 20(4): 64-67.
- [6] Chloe J. Molineux, Darryl J. Newport, Bamdad Ayati, et al. Bauxite residue (red mud) as a pulverised fuel ash substitute in the manufacture of lightweight aggregate[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 112: 401-408.
- [7] Wang Chuan, Chen Xinxin, Dang Chao, et al. Preparation of ceramsite from C&D waste and Baiyunebo tailings[J]. Procedia Environmental Sciences, 2016, 31: 211-217.
- [8] Wang Chuan, Zhang Fushen. Zeolite loaded ceramsite developed from construction and demolition waste[J]. Materials

letters, 2013, 93: 380-382.

- [9] 钱觉时, 罗晖, 陈伟, 等. 污水污泥页岩陶粒的烧成工艺与性能[J]. 材料科学与工艺, 2010, 18(6): 852-856.
- [10] 张杰, 吴显鹏, 苏会东. 污泥陶粒对镍离子的吸附规律研[J]. 当代化工, 2017, 46(1): 8-10.
- [11] Zou J L, Xu G R, Li G B. Ceramsite obtained from water and wastewater sludge and its characteristics affected by Fe_2O_3 , CaO , and MgO [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 165: 995-1001.
- [12] Xu G R, Zou J L, Li G B. Ceramsite obtained from water and wastewater sludge and its characteristics affected by $(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{MgO})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ [J]. WATER RESEARCH, 2009 (43): 2885- 2893.
- [13] González-Corrochano B, Alonso-Azcárate J, Rodas M, et al. Microstructure and mineralogy of lightweight aggregates manufactured from mining and industrial wastes[J]. Construction and Building Materials, 2011, 25: 3591-3602.
- [14] Vít Černý, Eva Tůmová. Effect of firing temperature on the structure of the aggregate form sintered ashes[J]. Procedia Engineering, 2016, 151: 345-351.
- [15] Riley C M. Relation of chemical properties to bloating of clays[J]. Journal of the American Ceramic Society, 1951, 34: 121-128.
- [16] 李帆, 邱建荣, 郑楚光. 煤中矿物质对灰熔融温度影响的三元相图分析[J]. 华中理工大学学报, 1996, 24(10): 96-99.
- [17] Anon. Fly ash transformed to lightweight aggregate via Lytag process[J]. Pit and Quarry, 1978, 71(3): 82-83.
- [18] 杨慧芬, 党春阁, 马雯, 等. 硅铝调整剂对赤泥制备陶粒的影响[J]. 材料科学与工艺, 2011, 19(6): 112-116.
- [19] 刘军, 李振国, 王东山, 等. 焙烧制度对矿渣粉煤灰陶粒物理性能的影响[J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2005, 21(5): 511-514.
- [20] 张清纯. 陶瓷的强度和断裂与结构和显微结构[J]. 硅酸盐通报, 1985(05): 1-10.
- [21] 冯伟乐, 田玉明, 白频波, 等. 利用焦宝石和钾长石制备低密度高强陶粒支撑剂的研究[J]. 人工晶体学报, 2016, 45(1): 128-132.
- [22] 朱永峰, 赵永超, 郭光军. 一种计算 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 熔体粘度的理论方法[J]. 岩石学报, 1997, 13(2): 173-179.
- [23] 杨建国, 刘志, 赵虹, 等. 配煤煤灰内矿物质转变过程与熔融特性规律[J]. 中国机电工程学报, 2008, 28(14): 61-65.
- [24] 刘挺, 王菊侠, 曹义平, 等. 添加铁粉制备低密度中强度陶粒支撑剂及性能研究[J]. 陶瓷, 2017: 30-34.

(下转 115)

Effect of the Red Muds on Ash Fusion Characteristics of Jincheng Coal

Zhang Wenling

(School of Engineering Management, Xinjiang Vocation and Technical College of Construction, Urumqi, Xinjiang, China)

Abstract: Jincheng anthracite (JC) is a high ash fusion temperature (AFT) coal, which does not meet the requirements of slagging in entrained flow gasifier. In this paper the effect of two red muds were on AFT of JC. was studied. Results showed that when the two red muds ratio were 15% (1[#]) and 30%(2[#]) respectively, the mixed ash AFT decreased below 1350 ℃ , meeting the requirement of slagging. The mixed ash fusion mechanism was investigated from chemical composition of coal ash and red mud and mineral evolution in high temperature. With the addition of red muds, the formation of low melting point mineral nepheline ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), fayalite (Fe_2SiO_4), spinel (Fe_2SiO_4), gehlenite ($\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{O}_4$), calcium feldspar ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) and their low melting point eutectics lead to a decrease in AFT of JC mixed ash .

Keywords: Jincheng anthracite; Red mud; Ash fusion characteristics; Fusion mechanism

////////////////////////////////////
(上接 121 页)

Preparation and Properties of Lightweight Ceramsite with Quarry Mud

Zhang Wenjun¹, Luo Shunfa², Xia Chaoke³, Sun Wenhui², Li Weiming², Dai Xiaoyun², Yao Yifan³

(1.Low Carbon Energy Institute,China University of Mining and Technology,Xuzhou Jiangsu,China;

2.School of Chemical Engineering & Technology,China University of Mining and Technology,Xuzhou Jiangsu, China;3.Huzhou Xinkaiyuan Detritus Co.Ltd, Huzhou Zhejiang, China)

Abstract: To verify the possibility of using quarry mud producing lightweight ceramsites, investigate the influences of sintering factors on the characteristics of ceramsites and additives' mechanisms of effect, four formula were designed with quarry mud ,carbide slag and fine coal were used as raw materials, the ceramsites were calcined according to orthogonal experiment with L9(34),ceramsites' mineral composition, compressive strength and microstructure were analyzed with XRD, pressure testing machine, and digital microscope respectively. It was shown that the properties of ceramsites is remarkably influenced by calcined temperature in the range of 1100~1200℃ , calcined time in 5 ~ 15 min have increased influence on the compress strength of ceramsites with the gas generation ability improvement; With 10% ~ 20%wt carbide slag mix in quarry mud ,the alkalitrophy improved, the mineral alteraton smoothly; Add 10 to 15%wt of the fine coal,ceramsites contraction can be avoid on the condition of calcined temperature and calcined time not lower than 1150℃ and 5 min respectively; With 10% fine coal and 10% carbide slag add ,ceramsites' sintered temperature lowered.

Keywords: Quarry mud; Carbide slag; Fine coal; Calcined system;Hightweight Ceramsite