

粉煤灰制备烧结砖主要工艺参数的研究*

郭伟¹, 徐玲玲², 钟白茜²

(1. 盐城工学院 材料工程系, 江苏 盐城 224003; 2. 南京工业大学, 江苏 南京 210009)

摘要:主要研究了粉煤灰掺量、烧成制度对高掺量粉煤灰烧结砖性能的影响。结果表明,随粉煤灰掺量的增加,坯料塑性降低,干坯和烧结砖的各项性能明显下降;高掺量粉煤灰砖适宜的烧成温度范围在1000~1050℃;在给定的条件下,存在着一适宜的保温时间,当粉煤灰掺量为50%的烧结砖在1050℃下保温5h时制品性能最佳。

关键词:粉煤灰; 烧结砖; 性能; 烧成温度; 保温时间

中图分类号: TU522.1

文献标识码: A

文章编号: 1671-5322(2003)01-0008-04

近年来,随着环境保护和可持续发展战略的实施,国家和地方有关法规和文件多次提出了限制实心粘土砖的生产,推广以新型建筑材料代替传统的粘土砖。而粉煤灰烧结砖生产与普通粘土砖相比,具有节约煤耗、节约土地,保护环境、变废为宝等优点^[1-2],因此,很多环境与材料研究者致力于高掺量粉煤灰(50%~80% wt%)烧结砖的研究^[2-6],在该方面的研究中,粉煤灰掺量和砖的烧成制度是影响砖生产过程及性能的最为重要的因素,但是较为深入的研究较少。本文对这两项主要工艺参数进行研究,以期为实际生产粉煤灰烧结砖的最佳工艺参数提供依据。

1 实验

1.1 原材料

粉煤灰取自盐城发电厂,粘土取自南京狮子山,主要化学组成列于表1。

表1 原材料的化学组成 /wt%

Table 1 The Composition of Raw Materials

Materials	LOSS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Others	Σ
Clay	5.66	65.40	12.95	5.06	4.12	1.96	4.85	100.00
Fly-ash	2.82	56.58	27.83	4.05	4.31	1.49	2.92	100.00

1.2 实验方法

粘土经干燥后,用φ305×305球磨机粉磨10

min,制得试样。粉煤灰为原状灰。

用NiKon金相ME-600激光粒度分析仪测试样粒度,结果如表2。

表2 原材料的粒度分布

Table 2 The Particle Size Distribution of Raw Material Samples

Samples	Particle Size Distribution/μm					Average Specific Area	
	≤1	≤10	≤50	≤100	>100	Size/μm	/(m ² /kg)
Clay	8.00	52.34	96.30	100.00	0	9.29	753
Fly-ash	4.54	28.80	68.33	83.14	16.86	25.54	588

Note: Specific area calculated by particle size distribution

可塑性指数的测定:先用华氏平衡锥法测定坯料的液限,再用手工搓压法测量坯料的塑限,将液限减去塑限即为可塑性指数。

将粉煤灰与粘土按设定比例配料,加适量水,混匀后,加压成型为60mm×60mm×25mm的湿坯,经105~110℃烘干,置于箱式硅碳棒电炉升温至设定温度,保温后,随炉冷却至室温。

气孔率的测定:将试样烘至恒重,测重量D,放水中煮沸5h并冷却后,称试样在水中的重量S,再称其在空气中的饱和湿态重量W,根据下式计算出砖的气孔率:

$$\rho = \frac{W-D}{W-S}$$

按GB/T 5101-1998测定砖样的物理力学性能。按GB/T 2542,测定试样的吸水率、体积密度。

* 收稿日期:2002-01-22

作者简介:郭伟(1970-),女,江苏盐城市人,盐城工学院讲师,南京工业大学在读博士研究生。

用日本理学 D/MAXR-B 型 X 射线衍射仪测定矿物成分。工作条件为: CuK α 线, 管电压 40 kV, 管电流 100 mA。用日本 JOEL 公司制造的 JSM-6300 扫描电子显微镜观察砖样的物相形貌。

2 粉煤灰掺量对砖成型工艺及砖性能的影响

在高掺量粉煤灰烧结砖的生产过程中, 粉煤灰的掺量大小直接影响坯料的可塑性, 从而影响到成形方法的选择; 同时, 粉煤灰掺量的变化将影响到烧结砖的物理力学性能, 因此需要进行该方面的研究。

2.1 粉煤灰掺量对坯料及干坯性能的影响

2.1.1 粉煤灰掺量对坯料可塑性的影响

将粘土与粉煤灰以不同比例配料混匀后, 测定其塑性指数, 结果如表 3。

表 3 不同掺量粉煤灰坯料的塑性指数

Table 3 Plasticity Index of the Green Body with Various Fly-ash Contents

Samples	Clay/w %	Fly-ash/w %	Plasticity Index
1	100	0	13.8
2	50	50	9.1
3	40	60	7.9
4	30	70	6.0
5	20	80	3.8

由表 3 中数据可知, 随粉煤灰掺量由 0 增加到 80% 时, 坯料的塑性指数由 13.8 下降到 3.8。这说明粉煤灰的掺量对坯料的塑性影响较大。这是由于粉煤灰的化学成分与粘土相似, 但矿物组成相差较大。粉煤灰中含有塑性较差的玻璃相以及少量莫来石和石英相, 并且颗粒较粘土颗粒粗, 颗粒呈球状, 其比表面积较板、片状的粘土矿物的比表面积小, 当粉煤灰砖中粉煤灰是主要原料时, 坯料的可塑性就较差。

砖坯成型方法的选择主要取决于坯料的塑性, 一般来说, 当坯料塑性指数大于 7 时, 可选择塑性成型。而对于高掺量粉煤灰烧结砖, 当粉煤灰掺入量达到 70% 以上时, 塑性指数降至 6.0 以下。因此, 对于掺量高于 70% 的粉煤灰坯料来说, 如不对粉煤灰进行预处理或不加外加剂时, 不宜采用塑性成型方法。本实验中采用半干压成型, 成型压力为 19.6 MPa。

2.1.2 粉煤灰掺量对干坯抗压强度的影响

2 $^{\circ}$ 、3 $^{\circ}$ 、4 $^{\circ}$ 、5 $^{\circ}$ 试样(配比如表 3)的干坯强度

如表 4 和图 1。

表 4 各配比试样的干坯强度

Table 4 Compressive strength of the Green Body with Various Fly ash Contents

Samples No.	Compressive strength/MPa
2	8.4
3	5.4
4	4.2
5	1.9

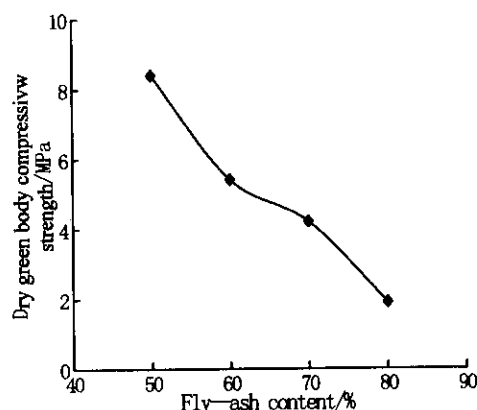


图 1 粉煤灰掺量对干坯强度的影响

Fig.1 Effect of Fly ash Contents on Compressive strength of the dry Green Body

由图表可见: 随粉煤灰掺量的增加, 干坯强度下降迅速, 含 80% 粉煤灰的 5 $^{\circ}$ 样比含 50% 粉煤灰的 2 $^{\circ}$ 样干坯强度下降 6.5 MPa。

2.2 粉煤灰掺量对烧结砖物理力学性能的影响

粉煤灰掺量对烧结砖的物理力学性能的影响较大, 其影响如表 5 所示。由表 5 数据可知, 在 1050 $^{\circ}$ C 的煅烧温度下, 当粉煤灰的掺量从 50% 增加到 80% 时, 砖的体积密度下降, 从 1.72 g/cm 3 降到 1.43 g/cm 3 , 显气孔率增幅较大, 由 30.37% 增至 39.80%, 吸水率则有较大的增长, 由 17.62% 增至 27.86%, 而抗压强度的降幅十分明显, 由 98.5 MPa 降至 25.4 MPa。

造成这样结果的原因是由于粉煤灰是经高温煅烧后的产物, 其在砖的烧结时, 化学反应活性低于粘土。另一方面, 由于粉煤灰的化学组成相对于粘土而言是低 SiO $_2$ 高 Al $_2$ O $_3$, 因此, 随粉煤灰的掺入量增加, SiO $_2$ 含量相对降低, 而 Al $_2$ O $_3$ 含量增加, 导致 Al $_2$ O $_3$ /SiO $_2$ 比值增大, 坯体的耐火度亦随之增加。此外, 粘土中含有少量的碱, 它能在低温下形成液相, 促进烧结, 而粉煤灰中并不含有碱类物质, 因此, 粉煤灰的掺入降低了坯体中碱含量,

表 5 粉煤灰掺量对砖物理力学性能的影响

Table 5 Effect of fly ash content on the physical and mechanical properties of fired brick

Samples No.	Fly ash/Clay / wt. %	Apparent porosity /%	Water absorption /%	Volume density /(g/cm ³)	Compressive strength /MPa
1	50:50	30.37	17.62	1.72	98.5
2	60:40	36.65	23.62	1.55	39.6
3	70:30	39.76	27.54	1.44	27.8
4	80:20	39.80	27.86	1.43	25.4

Note: Green body shaped at 19.6MPa, sintered at 1050℃, soaked for 1h.

也会导致耐火度提高。不同配比坯料的烧结实验数据(见表 6)表明,随着粉煤灰掺量的增加,坯料的开始熔融温度升高,这证明坯料中粉煤灰越多,越难熔融,在烧成时,需要的烧成温度也就越高。

表 6 不同配比坯料的熔融温度

Table 6 Melting temperature of various green body

Fly ash/Clay/ wt. %	0:100	50:50	70:30	80:20
Melting temperature/℃	1190	1290	1320	>1380

再者,从粉煤灰与粘土的粒度分布来看(见表 2),粉煤灰的平均粒径比粘土粒径大近 3 倍,比表面积小约 300 m²/kg,这一方面会造成在同等压力成型条件下,随粉煤灰掺量的增加,坯料的致密程

度下降,孔隙率增大,坯料内物料间的接触点减少,比表面积减少,表面能减小,烧结的推动力也就减小,因而掺入粉煤灰后坯料难以烧结。

3 烧成制度对粉煤灰烧结砖性能的影响

3.1 烧成温度对粉煤灰烧结砖性能的影响

物料的烧成制度一般包括烧成温度、保温时间及升温速率等。将表 4 中 2[#]~5[#]坯料分别在 950℃、1000℃、1050℃、1100℃下保温 1 h 后,其烧成试样物理力学性能测定结果如表 7。

由表 7 中数据表明:随着烧成温度升高,试样的显气孔率和吸水率下降,而体积密度和抗压强度增加,同时,制品的外观颜色不断加深。

表 7 不同温度下烧成试样的物理力学性能

Table 7 The physical and mechanical properties of fired samples fired under various temperature

Samples No.	Fired Temperature /℃	Apparent porosity /%	Water absorption /%	Volume density /(g/cm ³)	Compressive strength /MPa	Shrink ratio /%
2	1000	35.82	22.18	1.61	50.0	1.02
	1050	30.37	17.62	1.72	98.5	3.79
	1100	1.34	0.61	2.20	glass	11.40
3	1000	39.83	26.94	1.48	25.4	0.96
	1050	36.65	23.62	1.55	39.6	2.62
	1100	16.14	7.95	2.03	glass	10.48
4	1000	40.62	28.08	1.44	21.5	0.95
	1050	39.76	27.54	1.44	27.8	2.12
	1100	27.69	10.99	1.87	glass	9.76
5	1000	42.12	31.26	1.35	14.7	1.09
	1050	39.80	27.86	1.43	25.4	2.80
	1100	29.05	12.61	1.84	glass	9.49

由此可见高掺量粉煤灰砖随着烧成温度升高,试样的物理力学性能增强,在 1050℃下,未发现制品有玻化现象,1100℃下,制品则完全玻化,可见对于 2[#]~5[#]高掺量粉煤灰砖适宜的烧成温

度范围在 1000~1050℃。

3.2 保温时间对粉煤灰烧结砖性能的影响

不同保温时间对烧结试样物理力学性能的影响如表 8。

表8 保温时间对烧结试样物理力学性能的影响

Table 8 Effect of soaking time on physical and mechanical properties of sintered samples

Samples No.	Soaking time /h	Apparent porosity /%	Water absorption /%	Volume density /(g/cm^3)	Compressive strength /MPa
1	1	30.37	17.62	1.72	98.5
2	4	16.52	8.35	2.00	216.8
3	5	13.29	6.54	2.04	235.0
4	6	14.38	6.98	2.03	224.1
5	8	18.73	9.26	2.02	131.2

Note: Fly-ash/Clay as 50:50 (wt. %); sintered at 1050 °C.

上述结果表明,保温时间从1~5 h,试样显气孔率和吸水率降低,再延长保温时间至6 h、8 h,各性能参数则呈相反的趋势。需要指出的是,在本实验条件下,体积密度稍有变化,而显气孔率、吸水率和抗压强度均呈十分明显的变化。因此,对于给定条件下的粉煤灰烧结砖,存在着—最佳保温时间。

3 结论

粉煤灰掺量、烧成制度对高掺量粉煤灰烧结砖性能的影响很大。随粉煤灰掺量的增加,坯料塑性降低,干坯抗压强度不断降低;在生坯成型压

力为19.6 MPa,煅烧温度为1050 °C,保温时间为1 h的条件下,当粉煤灰的掺量从50%增加到80%时,砖的体积密度稍有下降,吸水率则有较大的增长,增幅达10%,而抗压强度的降幅十分明显,降至1/4。其原因是粉煤灰与粘土的化学活性、化学组成、颗粒组成有较大差异所致。

对于高掺量粉煤灰砖适宜的烧成温度范围在1000~1050 °C。过短与过长的保温时间均不利于砖的力学强度,在给定的条件下,存在着—适宜的保温时间,当粉煤灰掺量为50%的烧结砖在1050 °C下保温5 h时制品性能最佳。

参考文献:

- [1] 李建平. 烧结砖的发展要适应墙改需要[J]. 中国建材, 1998, (4): 25-26.
- [2] 全国新型建筑材料情报信息网. 现代与未来的国内外新型建筑材料[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1995.
- [3] 刘小波. 高掺量粉煤灰空心烧结砖的研究[J]. 新型建筑材料, 1995, (1): 25-27.
- [4] 郭伟. 高掺量粉煤灰烧结砖的研制[D]. 南京: 南京化工大学, 2000.
- [5] 张红军, 霍风海. 粉煤灰烧结砖的试制研究[J]. 粉煤灰综合利用, 1994, (4): 60-62.
- [6] Абдрахимов Д В, Абдрахимова Е С, Абдрахимов В. З .. Керамический кирпич из отходов произво — дств [J]. Строительные Материалы, 1999, (9): 34-35.

Study on the Main Factors on Fly Ash Fired Brick Technology

GUO Wei¹, XU Ling-ling², ZHONG Bai-qian²

(1. Department of Material Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, China; 2. Nanjing Industry University, Jiangsu Nanjing 210009, China)

Abstract: The effect of fly ash content and fired condition on the properties of fly ash fired brick was studied. The results show that, with increasing fly ash content, the plasticity index of the green body and the performances of the dry green body and the fired brick degenerated sharply. The optimum fired temperature was among 1000~1050 °C. The optimum isothermal times exists on the designed brick. With fly ash content to 50%, the optimum performances of fired brick was made under 1050 °C and isothermal time 5h.

Keywords: fly ash; fired brick; property; fired temperature; isothermal time