

含钛高炉渣用于烧结矿渣砖的研究

王怀斌^{1,2}, 程相利¹, 孙小跃³, 苍大强¹

(1. 北京科技大学, 北京 100083; 2. 攀枝花钢铁研究院, 四川 攀枝花 617000;

3. 昆明钢铁集团公司, 云南 昆明 650302)

摘要:介绍了以高钛高炉渣为主要原料制作烧结矿渣砖的试验研究。结果表明,通过原料配比和生产工艺控制,可以试制出高钛高炉渣掺量超过40%的矿渣烧结砖,产品指标均达到GB5101-2003 MU15的要求,为高钛高炉渣的利用开辟了一条新途径。

关键词:高钛高炉渣; 矿渣烧结砖; 综合利用

中图分类号:X757 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2009)01-0036-04

目前,由于攀钢高炉渣的大量堆积,已制约了攀钢经济的进一步发展,找到大量应用高炉渣的途径是攀钢急待解决的严峻问题。攀钢高钛高炉渣的综合利用应该遵循合理、经济、多途径、环境友好、处理量大基本原则,公司内外已经达成共识。

墙体材料属于大宗基础建筑材料,每年要消耗大量的自然资源。因此,将含钛高炉渣应用于新型墙体材料,对攀钢高炉渣的综合利用具有重大的现实意义。

有资料表明^[1],由于TiO₂的存在,高钛高炉渣比粉煤灰、煤矸石等工业固体废弃物具有更好烧结活性,适量加入有利于陶瓷材料强度的提高。

1 试验

1.1 高钛高炉渣特性

表1为高钛高炉渣的典型化学成分,图1为高钛高炉渣的X-Ray衍射图。

表1 高钛高炉渣主要化学成分/%

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
23.46	14.12	27.17	8.31	<0.5	22.14

由表1可知,该高炉渣除TiO₂含量较高外,其他成分与粘土相近,与我国高钛矾土的成分较一致,

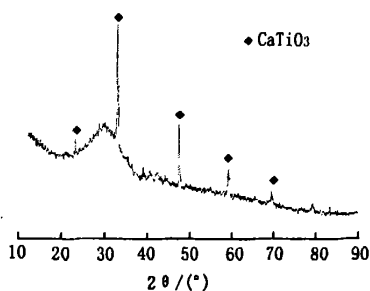


图1 高钛高炉渣X-Ray衍射分析

可归为硅酸盐材料。水淬含钛高炉渣除明显含有钙钛矿结晶外,其他成分为玻璃相(见图1),能谱分析表明该玻璃相为辉石类硅酸盐液相。因此,从理论上讲,攀钢高炉渣可作为硅酸盐陶瓷原料。

从形成过程看,水淬高炉渣具有多孔、疏水的特点,与粉煤灰情况相近。因此,用其生产烧结砖可遵从瘠性料生产烧结砖的工艺和规律。

1.2 矿渣砖配方设计

1.2.1 原材料化学成分

高钛高炉渣来自攀钢本部,化学成分见表1,其他原材料分别为页岩、黄砂土、煤矸石和矿化剂,全部来自攀枝花地区,化学成分见表2。煤矸石热值为4197.17kJ/kg。

收稿日期:2008-09-05

作者简介:王怀斌(1962-),男,博士研究生,教授级高级工程师。

表 2 原材料化学成分/%

原材料名称	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	IL	C
页 岩	29.66	<0.5	2.18	1.13	0.69	1.6	50.48	4.43	8.02	/
黄沙土	10.04	8.41	3.53	1.21	2.67	1.16	62.4	0.415	8.9	/
煤矸石	17.2	3.25	1.72	2.98	3.57	0.19	44.28	0.752	20.84	13.1
矿化剂	2.84	37.3	34.01	11.63	/	/	9.1	1.3	/	/

1.2.2 矿渣砖配方设计原则

传统矿渣烧结砖一般采用 RO-SiO₂-Al₂O₃ 系作为配方设计基础,由于高钛高炉渣中 TiO₂ 含量较高(22%~24%),且渣中高熔点相较多,为实现烧结砖的低温烧成,选择 CaO-SiO₂-Al₂O₃-TiO₂ 系相图进行初步成分设计。初选方案采用熔点与熔速测试方法进行验证,结果见表 3。

由试验结果可知,含钛高炉渣烧结砖基质部分选择 CaO-SiO₂-Al₂O₃-TiO₂ 系相图中石英-楣石-钙长石三元系低共熔点附近是合理的,同时考虑到原料中的杂质元素,实际配方试验的烧成温度还应低于测试结果。

1.2.3 矿渣砖配方设计

在实验室探索了试样组成和工艺参数对烧结砖性能的影响,共进行了 9 个系列配方的试验,其中 A~H 为半干法试验配比,I 为挤出成型法试验配比。原料配比见表 4,试样编号与配比号相同。

表 3 原料的熔化特性试验结果

序号	高钛高炉渣	配比/%			熔化过程温度/℃		
		内燃剂	矿化剂	A/S 矫正材料	半熔	初熔	全熔
1	20	60	5	15	1288	1207	1319
2	30	50	10	10	1243	1185	1262
3	40	40	15	5	1218	1206	1261

表 4 原材料配比设计/%

原材料名称	A	B	C	D	E	F	G	H	I
页 岩	10	10	10	10	10	20	10	10	20
黄沙土	20	20	20	10	10	20	20	10	0
煤矸石	40	30	20	20	40	20	30	30	30
高钛高炉渣	20	30	40	50	30	30	30	40	40
矿化剂	10	10	10	10	10	10	10	10	10

1.3 矿渣砖制备

实验室试样制备:在不同压力下,根据配比,采用半干法将泥料制成 Φ50mm×H50mm 的初坯,分别在 1000℃、1050℃、1100℃ 下煅烧,保温 3h。检测试样的体积密度、显气孔率、烧失率、耐压强度、线变化率,以及吸水率、泛霜、饱和系数等。检测方法按照 GB5101-2003 标准进行。

在优化实验室配方基础上,进行 10t 级高钛高炉渣制作烧结砖的工业生产试验。试验原料按配方 C 进行配制,产品规格为 240mm×115mm×53mm,试制数量 8000 块。试验工艺流程见图 2。

2 试验结果与分析

2.1 高钛高炉渣掺量对试样烧结性能的影响

在成型压力为 80MPa 时,烧结过程中试样 A~C 的线变化率、烧失率、显气孔率、体积密度和耐压

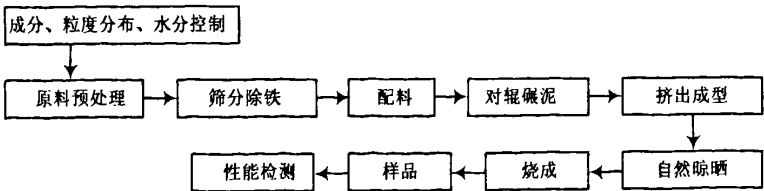


图 2 工业试验工艺流程

强度等随高钛高炉渣掺量的变化情况如图 3~图 7 所示。

从图中可以看出:(1)随着高钛高炉渣掺量的增加,烧结砖线变化率和烧失量减小,烧结温度越

高,线变化率越大,烧失量越大;(2)当烧结温度在 1050℃~1100℃ 时,随高钛高炉渣掺量的增加,显气孔率降低,体积密度增加;(3)高钛高炉渣掺量在 30% 以下时,对试样的耐压强度影响不大。掺量大

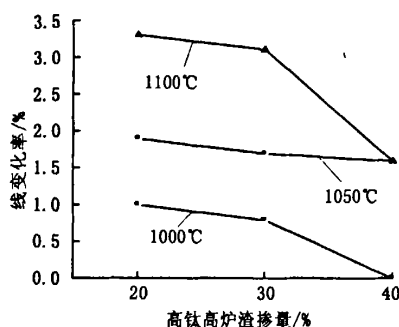


图3 线变化率与高钛高炉渣掺量的关系

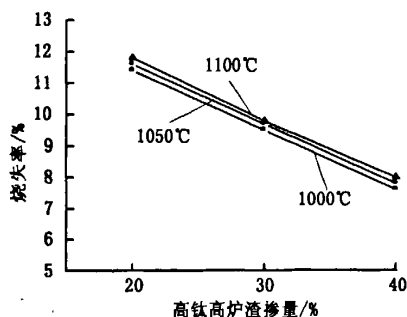


图4 烧失率与高钛高炉渣掺量的关系

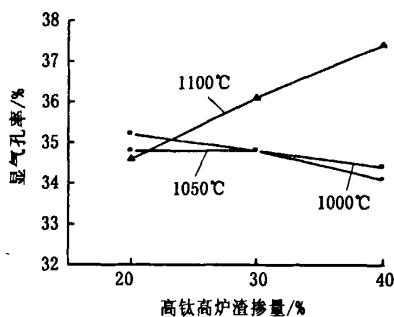


图5 显气孔率与高钛高炉渣掺量的关系

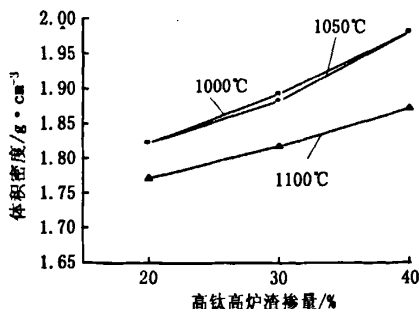


图6 体积密度与高钛高炉渣掺量的关系

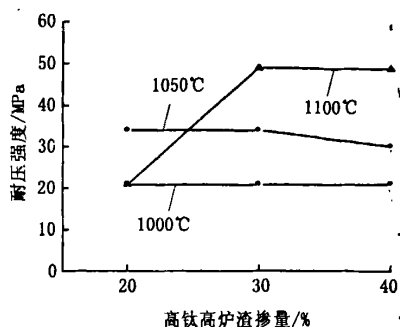


图7 耐压强度与高钛高炉渣掺量的关系

于30%后,随烧结温度提高,耐压强度随高钛高炉渣掺量的增加而显著提高,这是由于提高煅烧温度使坯体烧结作用加强。

对于D~H系列试样可以得到相似的结论。

2.2 成型压力对试样耐压强度的影响

图8为成型压力40MPa时试样耐压强度的变化情况。对比图7和图8可以看出,成型压力降低后,试样的耐压强度明显减小。高钛高炉渣掺量越低,烧成温度越低,耐压强度也越低。在同等条件下,成型压力对试样强度具有显著影响。这是由于坯体中存在两种增强机理,一是骨料颗粒相互交织增强机理,二是陶瓷结合增强机理。当成型压力较高时,坯体内颗粒之间紧密接触,颗粒增强机理显著;随烧结过程的进行,高炉渣中CaO、Al₂O₃与页岩或煤矸石中的SiO₂反应,产生液相烧结,因TiO₂是较强的晶核成形剂,极易析晶,形成高粘度液相。因此,随高钛高炉渣掺量增加,坯体强度明显上升。这与前人对微晶铸石、彩瓷、釉面砖的研究结论一致^[2-5]。

2.3 不同配比的试样吸水率

将成型压力为40MPa和80MPa的试样,分别在

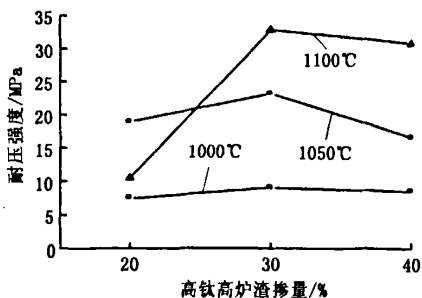


图8 耐压强度与高钛高炉渣掺量的关系

常温水浸泡 24h、沸煮 3h 和沸煮 5h 后进行吸水率的检测。由检测结果可知: 成型压力为 40MPa 时, 相同试样的 24h 吸水率最小, 自然浸泡方式与沸腾条件下相比, 试样的吸水率有较大差异, 但试样吸水率均小于 25%, 完全符合国标要求。从不同条件下的吸水情况看, 试样中至少有 5% ~ 8% 的微气孔, 这对提高试样强度和耐久性有利。对比 A、B、C 试样可知, 随高钛高炉渣掺量的增加, 吸水率降低, 也说明高钛高炉渣对试样烧结的促进作用。提高成型压力(80MPa 时)后, 试样的吸水率迅速下降, 最高达 18% 左右。这说明提高成型压力不仅有利于提高耐压强度, 而且使颗粒之间紧密堆积, 明显降低坯体的显气孔率。

2.4 含钛高炉渣烧结砖的 X 射线衍射分析

对含钛高炉渣烧结砖试样进行了 X-Ray 衍射分析, 结果显示, 试样中主要物相为石英、钙长石、钙钛矿、四氧化三铁及刚玉, 无莫来石相。其中, 石英相主要来源于煤矸石和黄沙土, 钙钛矿来源于高钛高炉渣, 四氧化三铁主要来源于煤矸石。而低熔点的钙长石是烧结过程中高炉渣、CaO、TiO₂ 等与 SiO₂ 反应的结果, 是形成陶瓷结合体和产生强度的主要原因。

由于烧结砖中存在 TiO₂, 烧结过程容易形成高熔点的 CaTiO₃ 相, 形成高粘度液相。与传统 CaO - Al₂O₃ - SiO₂ 系陶瓷相比, 对提高高钛高炉渣烧结砖的强度更有利。

3 结 论

1. 以高钛高炉渣为主要原料, 煤矸石或煤渣为内燃剂, 通过控制原料配比和工艺参数, 可生产出高钛高炉渣含量达 40% 的烧结砖。经技术监督部门检验, 烧结砖的所有指标均达到 GB5101 - 2003 MU15 的要求。

2. 与传统烧结砖相比, 适量 TiO₂ 能够有效提高烧结砖的强度。

3. 采用内燃技术和矿化技术结合, 可实现低原料成本、低烧成温度的目标。

4. 配料采用 80% 以上的大宗工业固体废弃物, 为大量、有效利用高钛高炉渣和工业固体废弃物开辟了一条新途径。

参考文献:

- [1] 四川建材工业研究所. 用攀钢高炉渣制取微晶铸石技术研究[R]. 攀枝花资源综合利用科研报告汇编(钢铁冶炼流程)第七卷. 1987, 623 ~ 625.
- [2] 郭玉顺, 丁建彤. 粉煤灰陶粒烧胀规律与膨胀机理研究[J]. 粉煤灰, 2003(1): 15 ~ 19.
- [3] 王征, 郭玉顺. 粉煤灰高强陶粒烧胀规律的试验研究[J]. 新型建筑材料, 2002(2): 10 ~ 15.
- [4] 中国砖瓦工业协会. 全国烧结砖引进线和设备的调研报告[J]. 中国建材, 2004(6): 39 ~ 48.
- [5] 李庆繁, 李光复. 高掺量粉煤灰烧结砖有关技术商榷[J]. 新型建筑材料, 2002(10): 57 ~ 61.

Study on Preparation of Sintering slag Brick Using Blast Furnace Slag Containing Titanium

WANG Huai-bin^{1,2}, CHENG Xiang-li¹, SUN Xiao-yue³, CANG Da-qiang¹

(1. University of Science and Technology Beijing, Beijing, China;

2. Panzhihua Iron and Steel Research Institute, Panzhihua, Sichuan, China;

3. Kunming Iron and Steel Co. Ltd., Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The experimental research on preparation of sintering slag brick using blast furnace slag containing high content of titanium as a main raw material was performed. The results of this study showed that via controlling rational proportioning of raw material and selecting suitable production technology, the qualified slag sintered brick that blend ratio of blast furnace slag containing titanium exceeds 40% can be produced, the product indice reached MU15 requirements of the GB5101 - 2003, which indicated that this research result may open a new approach for comprehensive utilization of blast furnace slags containing high content of titanium.

Key words: Blast furnace slag containing high content of titanium; Slag sintered brick; Comprehensive utilization