

钢渣蒸汽加压稳定化预处理技术的研究

韩甲兴,杨刚,刘国威,武传金,汪海龙,金强
(中冶宝钢技术服务有限公司冶金渣研究中心,上海 宝山 200941)

摘要:钢渣的安定性不良,成为其资源化开发利用的难点,若不进行有效处理,钢渣难以像矿渣、粉煤灰一样大容量价值利用。而经过蒸汽加压设备处理后的钢渣,游离氧化钙含量明显降低,通过压蒸釜对钢渣混凝土砌块进行安定性检验,证明经过稳定化处理后的钢渣安定性得到了提高。

关键词:钢渣;安定性;游离氧化钙;压蒸处理

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2013.06.018

中图分类号:TD989,TF111.17 文献标识码:A 文章编号:1000-6532(2013)06-0066-03

钢渣是炼钢时产生的一种工业废渣,可做道路垫层和基层,其强度、抗弯沉性、抗渗性均大于天然石材,可以替代骨料做普通混凝土和透水混凝土等路面工程材料,附加值较高。但是,由于钢渣成份波动大,尤其是钢渣中游离氧化钙($f \cdot \text{CaO}$)和游离氧化镁($f \cdot \text{MgO}$)水化过程缓慢,生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 固相体积增加分别为97.9%和148%,这种严重的体积膨胀影响其安定性。目前国内外钢铁厂70%以上的钢渣安定性不良,使钢渣资源一直成为资源化开发利用的难点^[1-2]。

因此,突破现有的钢渣处理工艺,在综合利用之前对钢渣采取有效稳定化预处理,确保钢渣可靠、稳定,是急需解决的问题。这既是钢铁业发展中钢渣资源化开发利用的必然要求,也是钢渣产品综合利用的应用技术基础。

1 试验部分

1.1 原材料

试验原材料为宝钢的转炉钢渣。为了便于试验结果的分析,本试验选用游离氧化钙含量较高的钢

渣进行研究。转炉钢渣进行化学分析结果见表1。

表1 转炉钢渣化学分析结果/%

Table 1 Chemical analysis of converter steel slag

SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	FeO	$\text{M} \cdot \text{Fe}$	S	$f \cdot \text{CaO}$
9.54	10.94	1.54	47.63	8.22	12.07	1.40	0.06	9.88

1.2 试验方法

蒸压砌块用蒸汽加压设备(压蒸釜),是一种间歇作业的高压蒸汽养护设备,通常压力为0.8~1.3MPa左右,根据温度升高能提高游离氧化钙的水化反应速率的原理,本试验利用压蒸釜对钢渣进行压蒸预处理,提高其作为混凝土骨料的安定性。

1.3 安定性检测方法

以钢渣、水泥为原料制备钢渣混凝土砌块(100×100×100mm)。标准养护28d后,通过压蒸釜对钢渣混凝土砌块进行压蒸处理,然后观察砌块的形状变化,以此来判定钢渣的安定性。

2 试验结果与讨论

转炉钢渣稳定处理前后的化学分析结果见表2,X-射线衍射对比见图1。

表2 转炉钢渣稳定化处理前后的化学分析对比

Table 2 Chemical analysis contrast of converter steel slag before and after stable processing

组分	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	FeO	$\text{M} \cdot \text{Fe}$	S	$f \cdot \text{CaO}$
处理前含量/%	9.54	10.94	1.54	47.63	8.22	12.07	1.40	0.06	9.88
处理后含量/%	9.38	10.86	1.56	46.88	8.56	11.50	1.36	0.06	6.69

收稿日期:2013-06-13;改回日期:2013-06-24

基金项目:上海市宝山区科技发展基金项目(12-B-6)

作者简介:韩甲兴(1984-),男,助理工程师,硕士研究生,主要从事冶金废渣的处理及应用研究。

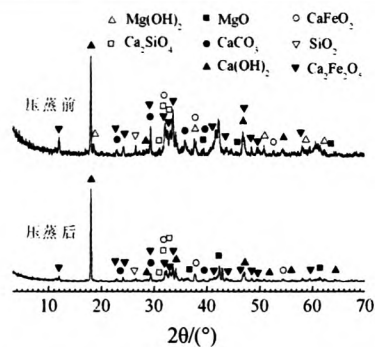


图1 转炉钢渣压蒸前后的XRD对比分析图谱
Fig.1 XRD analysis of converter steel slag before and after autoclaved

图1表明,转炉钢渣经过蒸压砌块用蒸汽加压设备稳定化处理后,其物相组成发生变化。

2.1 钢渣处理后的游离氧化钙含量分析

YB/T 140-2009《钢渣化学分析方法》标准中检测钢渣游离氧化钙的方法为乙二醇法,该方法检测的结果是钢渣中游离总钙的含量,不能有效的区分CaO和Ca(OH)₂的含量。当温度由400℃升高至550℃的过程中,Ca(OH)₂会发生分解失去结合水,所以可以利用差热-热重分析的方法来计算钢渣中Ca(OH)₂的含量,进而得出实际游离氧化钙的含量^[3-5]。蒸压处理前后游离氧化钙含量结果见表3。

表3 检测转炉钢渣稳定化处理前后实际的游离氧化钙含量

Table 3 Practical free calcium oxide of converter steel slag before and after stable processing		
名称	压蒸前转炉钢渣/%	压蒸后转炉钢渣/%
游离总钙	9.88	6.69
Ca(OH) ₂	4.34	5.31
实际f·CaO	5.54	1.38

由表3可知,经过乙二醇法检测转炉钢渣压蒸前后的游离总钙分别为9.88%和6.69%,利用差热分析法测得在400~550℃温度区间内,钢渣压蒸处理前后样品失水质量分别为0.19mg和0.28mg,因此可以计算出氢氧化钙含量分别为4.34%和5.31%,从而得出转炉钢渣压蒸前后的实际游离氧化钙含量分别为5.54%和1.38%,经过压蒸稳定化处理后转炉钢渣游离氧化钙含量实际降低了4.16%。

2.2 钢渣中游离氧化镁存在的分析

钢渣中游离氧化镁遇水后进行水化作用。f-MgO水化生成Mg(OH)₂,体积膨胀148%,是造成钢渣不稳定的又一因素。f-MgO在转炉渣中含量不高,但体积膨胀率极高。该反应过程缓慢,根据外界条件不同,有时可长达20余年仍会影响稳定性^[6]。

当转炉钢渣经过压蒸稳定化处理后,其中会出现白色粉末,见图2,其XRD分析见图3。



图2 转炉钢渣压蒸后生成的白色粉末
Fig.2 The figure of white powder products after autoclaved

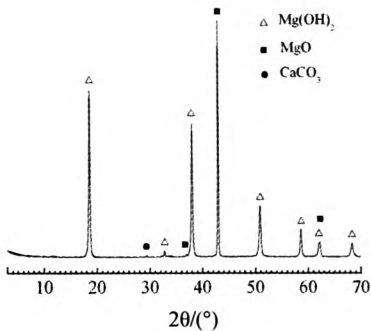


图3 白色粉末的XRD分析图谱
Fig.3 XRD analysis of white powder products after autoclaved

经过XRD物相分析可以看出,转炉钢渣经过压蒸后产生的白色粉末主要是以氢氧化镁为主。由此表明,影响钢渣稳定性的另一因素游离氧化镁,经过压蒸处理过程与水反应生成了氢氧化镁,提高了钢渣的安定性。

2.3 钢渣经过处理后颗粒级配分析

对粒径为6~20mm的钢渣,压蒸处理后颗粒级配分析结果见表4。

表4 钢渣压蒸处理后颗粒粒径级配

Table 4 Particle size distribution of steel slag before and after autoclaved from 6 to 20 mm				
粒径/mm	0-0.8	0.8-3	3-6	6-20
钢渣含量/%	24.08	15.81	22.86	37.25

表4可以看出,粒径为6~20mm的转炉钢渣经过稳定化处理后,6~20mm的颗粒含量变为了37.25%,表明经过高温高压处理后的钢渣发生了膨胀破裂,颗粒的粒径变小。

2.4 钢渣处理后的安定性分析

经过查阅资料发现^[7-9],影响钢渣稳定性的因

素很多,不能简单的从游离氧化钙和游离氧化镁的多少来判定钢渣的稳定性,下面通过压蒸釜压蒸钢渣混凝土砌块的方法来判断钢渣的安定性。



图4 转炉钢渣混凝土砌块养护 28d 后的安定性情况

Fig. 4 Stability after maintain for 28days of converter slag concrete blocks

(左为原料未压蒸,右为原料压蒸后)

以未经过稳定化处理的转炉钢渣为原料制备的混凝土砌块(左为原料未压蒸,右为原料压蒸后),经过标准养护 28d 后,利用压蒸釜检测其安定性,发现砌块出现了粉碎现象,见图 4。这是由于以钢渣为骨料的混凝土经过成型养护之后,具有一定的力学强度,但是包裹在钢渣里面的游离氧化钙是经过高温处理后形成的死烧状态,其水化过程十分缓慢。当在高温高压环境下,会加快死烧游离氧化钙的水化过程,发生体积膨胀,产生一定的膨胀力,当超过混凝土所能承受的最大极限值时,就会发生破裂。因此,未经过处理的转炉钢渣作为混凝土骨料使用时是十分不稳定的。

以蒸压砌块砖厂的蒸压设备处理转炉钢渣,然后以处理后的钢渣为原料制备混凝土砌块,经过标准养护 28d 后,再利用压蒸釜检测其安定性,发现砌块没有发生破损。这是由于钢渣骨料经过前期稳定

化预处理,使包裹在其中的游离氧化钙等有害因素提前发生水化反应,避免混凝土成型后体积膨胀。因此,转炉钢渣经过处理后,稳定性得到了提高。

3 结 论

(1) 经过蒸压砌块用蒸汽加压设备处理后的钢渣,根据 YB/T 140-2009《钢渣化学分析方法》和差热法检测的实际游离氧化钙的含量明显降低。

(2) 经过压蒸处理过程钢渣中的游离氧化镁与水反应生成了氢氧化镁,提高了钢渣的安定性。

(3) 含有游离氧化钙的钢渣经过稳定化处理,其颗粒发生膨胀破裂,粒径变小。

(4) 通过压蒸釜对钢渣混凝土砌块进行安定性检验,证明稳定化处理钢渣的安定性得到提高。

参考文献:

- [1] 金强,徐锦引. 宝钢新型渣处理工艺及其资源化利用技术[J]. 宝钢技术,2005(3):12-15.
- [2] 孟华栋. 钢渣稳定化处理技术现状及展望[J]. 炼钢,2009,25(6):74-78.
- [3] 树振. 钢渣在炼钢领域中的应用[J]. 炼钢,1998(6):54-59.
- [4] 李永鑫. 含钢渣粉掺和料的水泥混凝土组成、结构与性能的研究[D]. 北京:中国建筑材料科学研究,2003.
- [5] 王博. 钢渣中游离氧化钙、游离氧化镁的测定及其安定性研究[D]. 北京:北京化工大学,2007.
- [6] 唐明述,袁美栖,韩苏芬,等. 钢渣中 MgO , FeO , MnO 的结晶状态与钢渣的体积安定性[J]. 硅酸盐学报,1979,7(1):35-46.
- [7] Rustu S. Kalyoneu. Iron and Steelslag [J]. U. S. Geological Survey, Mineral Commodity Statistics January, 2003, 5:92-93.
- [8] 钱强. 加速消解转炉钢渣中 $f \cdot CaO$ 的试验研究[J]. 水泥,2011(5):4-5.
- [9] 徐国涛,王悦,张洪雷. 钢渣安定性处理技术与工艺的探讨[J]. 钢铁研究,2009(2):54-56.

Research on Autoclaved Stabilization Pretreatment Technology of Steel Slag

HAN Jia-xing, YANG Gang, LIU Guo-wei, WU Chuan-jin, WANG Hai-long, JIN Qiang

(MCC Baosteel Technology Services Co., Ltd., Baoshan, Shanghai, China)

Abstract: The difficulty in the exploitation and utilization of the steel slag resource is caused by its poor stability. A large quantity of recycling for steel slag cannot be carried out similar to mine refuse and fly ash. There is an evident reduction of free calcium oxide in the steel slag processed by autoclave equipment. The stability test of steel slag concrete blocks was conducted by autoclave. It was proved that the stability of steel slag processed by stabilizing treatment has been improved.

Key words: Steel slag; Stability; Free calcium oxide; Processed by autoclave