

文章编号:1673-0062(2013)04-0028-04

低活性炼铅炉渣胶凝材料应用于全尾砂膏体充填

杨新华¹, 杨仕教^{1*}, 王洪武², 王 华³

(1. 南华大学 核资源工程学院, 湖南 衡阳 421001; 2. 湖南风格科技有限公司, 湖南 长沙 410012;
3. 云南驰宏锌锗股份有限公司, 云南 曲靖 655000)

摘 要: 实验采用某矿山低活性炼铅炉渣开发探索胶凝材料. 将炉渣材料研磨至一定的细度后, 采用三种不同复合激发剂激发炉渣材料潜在活性. 将配置好的炉渣胶凝材料替代部分或全部水泥进行全尾砂膏体实验. 经膏体试块强度性能的检测表明: 炼铅炉渣胶凝材料可以产生较好的胶凝活性; 炉渣胶凝材料可大量替代水泥应用于该矿山全尾砂膏体充填, 减少矿企的充填成本.

关键词: 炼铅炉渣; 充填; 活性激发剂; 膏体; 抗压强度

中图分类号: TD853 **文献标识码:** B

Low Activity of Lead Smelting Slag Cementitious Materials Used in All Tailings Paste Filling

YANG Xin-hua¹, YANG Shi-jiao^{1*}, WANG Hong-wu², WANG Hua³

(1. School of Nuclear Resources Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China;
2. Hunan Style Technology Co., LTD, Changsha, Hunan 410012, China;
3. Yunnan Chihong Zinc Germanium Co., LTD, Qujing, Yunnan 655000, China.)

Abstract: The low activity lead refinery slag of a mine was used to develop gelled material in experiment. The slag was grinded for a certain fineness, then three different compound excitation agents were taken to excite the slag material potential excitation. The slag cementing material replaces some or all of the cement for the full tailing paste filling experiment. It is shown by the paste block strength detection results that the slag cementing material can produce a better cementitious activity, and it is feasible to use lead refinery slag as mass-substitute for cement in the full tailing paste filling, as a result it will reduce the filling cost in mining company.

key words: lead refinery slag; filling; active excitation agent; paste; compressive strength

收稿日期: 2013-07-01

作者简介: 杨新华(1988-), 男, 湖北襄阳人, 南华大学核资源工程学院硕士研究生. 主要研究方向: 金属矿山充填技术. * 通讯作者.

某矿山采用全尾砂膏体充填方法,是我国绿色环保矿山的典范,但高昂的充填成本,特别是胶结料水泥成本居高不下,严重压缩了矿企利润^[1-3]。相比分级尾砂充填方法,全尾砂膏体井下料浆脱水速度较缓,不利于料浆的固结;尾砂粒级更细,相同体积充填体所需胶结料更多,充填胶结料成本较高。寻求低廉的充填胶凝材料是推广全尾砂膏体充填采矿方法必然趋势。该矿山冶炼厂常年露天堆置的炼铅炉渣已累计60余万吨,不仅占用大面积土地,并对周围环境造成一定的污染。如今矿企对炉渣进行了深入研究,提出了将炼铅炉渣作为胶凝材料应用于矿山膏体充填,如果成功实现不仅可以节约充填成本,又可解决炉渣堆置造成的一系列问题。本实验开展前,进行了大量炼铅炉渣活性激发剂的探索实验,取得了在活性激发剂作用下炉渣材料的净浆强度。本实验是选取其中的三组活性激发剂进行掺合全尾砂的膏体实验,通过强度指标验证低活性炼铅炉渣应用于全尾砂膏体充填的可行性。

1 炼铅炉渣综合利用进展

澳大利亚 Mount Isa 矿在上个世纪80年末进行了铅渣作为胶凝材料的研究,指出铅渣作为胶凝材料必须满足的条件^[4]。本世纪初北京矿冶研究总院和凡口设计研究所对韶关冶炼厂炼铅炉应用进行,研究结果表明炼铅炉渣可大量替代水泥进行胶结充填^[5]。近年来张德明、王莉、赵彬等人对康家湾铅锌矿进行了全尾砂胶结充填配比实验证实,在特定条件下炼铅炉渣可以用于胶结充填替代部分水泥^[6]。但对于炼铅炉渣胶凝材料应用于全尾砂膏体充填的研究较少。

2 炼铅炉渣的理化性质

炼铅炉渣荧光半定量(XRF)分析结果表1所示,其主要化学元素为O、Fe、Si、Ca、Al、Zn,其次为Mg、S、P。

表1 炼铅炉渣荧光半定量分析结果一览表

Table 1 Lead smelting slag fluorescent half quantitative analysis result list

元素	O	Fe	Si	Ca	Al
含量/%	35.70	18.32	15.82	12.91	5.76
元素	Mg	Zn	S	P	
含量/%	2.29	4.51	1.99	0.06	

为了研究铅基材料胶凝性能,对铅基材料中的Tfe、FeO、Fe₂O₃、FeO、SiO₂、Al₂O₃、CaO、MgO、MnO进行了测试,测试结果如表2。

表2 炼铅炉渣化学成分分析

Table 2 Lead smelting slag chemical composition analysis

成份	TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
含量/%	22.51	6.50	16.74	5.75	34.44	9.24
成份	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O
含量/%	17.07	3.80	1.00	0.57	0.48	0.16
成份	P ₂ O ₅	Cu	Zn	S	烧失量	
含量/%	0.17	0.074	2.30	0.43	1.37	

从表2中的化学成分数据分析中可知会泽冶炼厂产出的炼铅炉渣,从质量指数的角度上来看,该冶炼厂铅渣K值为0.84远小于1.2,因此矿渣的胶结性能较弱。矿渣碱性系数Mo值为0.47,该铅渣为酸性矿渣,活性较低。因此较其他活性较高的炼铁炉渣,钛炉渣或粉煤灰等水泥替代品,铅渣作为胶凝材料的研究较少,开发利用较晚^[7-9]。

3 矿渣胶凝材料的活化机理

矿渣的活性是潜在的,但必须经过一定条件的激发才能够发挥出来,矿渣活性激发是研究矿渣综合利用必须要解决的一个重要课题和前提条件。矿渣作为胶凝材料时,影响矿渣水化特性的主要因素1)有玻璃体含量,主要由矿渣冷却速度控制;2)矿渣加工后的细度;3)化学组成成分;4)水化过程中的外部环境^[10-11]。

高能研磨能够使矿渣迅速细化,提高矿渣的比表面积,增大了水化反应的界面^[12-13]。本次实验采用立式球磨机,铅渣研磨细度为比表面积550 m²/kg,炉渣的细度对胶凝活性也有重要影响^[14]。

实验采用的炉渣胶凝材料配比及炉渣净浆强度见下表3。

表3 炉渣胶凝材料配比表

Table 3 Lead smelting slag gelled material matching table

炉渣胶凝材料代码	炉渣材料配比	净浆强度
A-MC	79% 炉渣 + 15% M + 6.0% C1	35 MPa
B-MC	79% 炉渣 + 15% M + 6.0% C2	35 MPa
C-MC	82% 炉渣 + 15% M + 3.0% C4	35 MPa

备注:A、B、C代表三种不同的配比的炉渣胶凝材料;MC中M代表一种矿物性激发剂,C代表某种特定化学性激发剂;炉渣为铅渣微粉。净浆强度为炉渣胶凝材料在水灰比为1:4条件下70.7 mm×70.7 mm×70.7 mm的膏体试块28 d强度,探寻激发剂对炉渣的活性激发效果。

4 尾砂的理化性质

1) 尾砂取至该矿山尾矿库, 尾砂烘干处理后的物理性质: 密度 3.13 t/m^3 , 容重 1.63 t/m^3 , 孔隙率 47.92%.

2) 尾砂的粒度分配, 见表 4.

表 4 尾砂粒度分布

Table 4 Graded distribution of CPB

粒度/ μm	+150	-150	-110	-71	-50	-30	-20
累计/%	17.1	25.7	30.7	47.21	52.1	61.87	66.07
粒度/ μm	-15	-10	-7.5	-4.0	-2.0	-0.5	-0.04
累计/%	71.77	75.2	77.67	84.65	93.91	99.97	100

5 实验设计及结果分析

5.1 实验方案设计

实验设计灰砂比 1:4; 浓度 81%; 水泥替代比 (膏体胶凝材料中炉渣胶凝材料与水泥比例) 为 100:0、75:25、50:50.

根据设计的实验条件进行膏体实验, 将搅拌好的膏体料浆先进行坍落度指标测试, 而后收集料浆在容器内搅拌均匀后注入 $70.7 \text{ mm} \times 70.7 \text{ mm} \times 70.7 \text{ mm}$ 的三联试模中, 刮模, 放置在恒温恒湿的养护箱内进行养护, 分别测试养护 7 d、14 d、28 d 后的抗压强度. 当水泥替代比为 50:50 条件下并进行 35 d 抗压强度的测试.

5.2 数据结果汇总

测试数据汇总见表 5.

表 5 实验数据汇总表

Table 5 the experimental data summary table

实验 编号	水泥 替代比	不同龄期强度/MPa				坍落度/cm
		7 d	14 d	28 d	35 d	
A-1	0.8	1.5	2.5	/	13.9	
B-1	100:0	1.5	2.4	4.1	/	24.3
C-1	0.5	1.1	1.7	/	18.5	
A-2	1.5	2.3	3.4	/	13.2	
B-2	75:25	2.7	3.4	6.3	/	22.5
C-2	1.2	2.1	3.8	/	15.6	
A-3	1.7	3.3	5.6	6.7	11.5	
B-3	50:50	0.5	4.7	7.6	10.5	17.4
C-3	1.5	2.7	5.6	6.0	12.3	
D	0:100	3.2	4.3	5.5	6.2	11.3

5.3 实验数据的整理分析

1) 从测试数据可以看出料浆的坍落度在膏

体料浆允许范围内^[2].

2) 三组数据不同养护龄期强度进行对比, 直观图见下图 1 ~ 图 4.

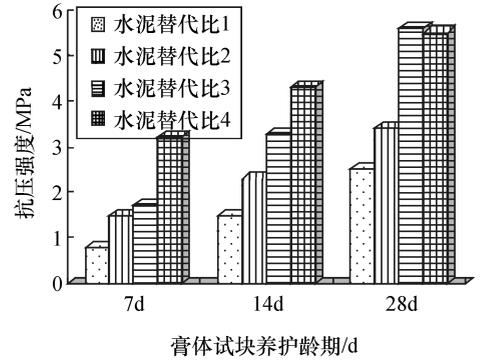


图 1 采用 A-MC 炉渣胶凝材料膏体试块强度对比图
Fig. 1 Paste blocks using A-MC slag gelled material strength contrast figure

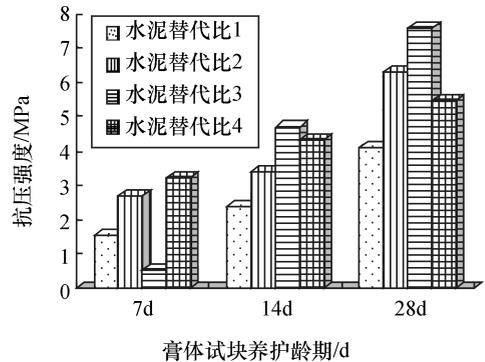


图 2 采用 B-MC 炉渣胶凝材料膏体试块强度对比图
Fig. 2 Paste blocks using B-MC slag gelled material strength contrast figure

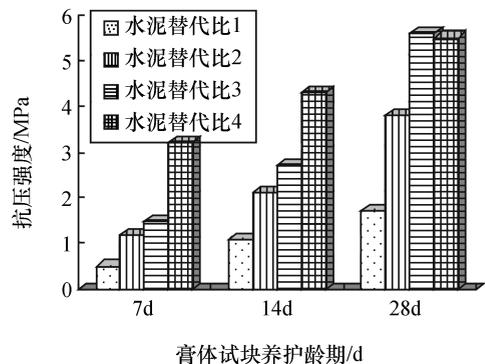


图 3 采用 C-MC 炉渣胶凝材料膏体试块强度对比图
Fig. 3 Paste blocks using C-MC slag gelled material strength contrast figure

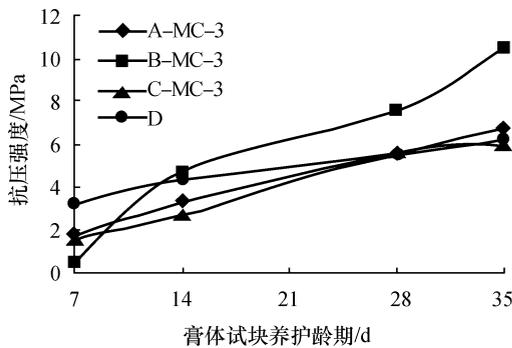


图4 不同炉渣胶凝材料不同龄期强度对比图

Fig. 4 Different rubber slag cementitious materials blocks, different age strength contrast figure

从上述三个图表分析中可以发现:

1) 在特定的水泥替代比中水泥成分含量越高,膏体试块的强度越大。

2) 随着养护期龄的增长,膏体试块的强度也随之增大。

3) 当膏体胶凝材料为全水泥时,7 d、14 d 强度均高于其它条件的膏体试块强度,在 28 d 的强度,低于水泥替代比为 50:50 条件下膏体试块强度,在替代比为 50:50 条件下采用炉渣胶凝材料膏体后期强度较高。

4) 根据矿山采矿方法对充填体强度要求,上向水平分层充填法,机械化盘区上向进路充填法一般充填体强度要求为 1 MPa 左右;机械化盘区下向进路充填法充填体强度为 3~4 MPa;进路上部充填体强度要求为 1 MPa 左右;出矿底板充填体强度要求 3~4 MPa。实验中大部分配比条件的膏体试块强度能够满足强度要求。生产中可以根据实际工程需求采用不同的炉渣胶凝材料及不同的水泥替代比。

从图中分析可以得出,在炉渣胶凝材料:水泥 = 50:50 时,7 d 养护期龄内采用炉渣胶凝材料的膏体试块强度低于水泥对比组;在 14 d 养护期龄内,采用 A-MC、C-MC 胶凝材料膏体试块强度低于水泥对比组,而采用 B-MC 胶凝材料膏体试块已高于水泥对比组;在 28 d 及 35 d 的养护期龄内,采用 A-MC、C-MC 胶凝材料与水泥对比组膏体试块在一个强度水平,在 28 d 至 35 d 的养护阶段内强度增长缓慢,而采用 B-MC 胶凝材料膏体试块还有较高增长空间,且强度远高于其它组胶凝材料及水泥对比组膏体试块强度。

6 结论

1) 选用三组炉渣胶凝材料膏体充填应用中

对全尾砂有很好的作用,可产生较好的胶凝效果。

2) 经实验数据的对比和分析,低活性炼铅炉渣胶凝材料可以作为水泥替代品应用于矿山充填。

3) 可根据矿山实际的工程需要,对充填体产生强度要求的不同选择不同的炼铅炉渣胶凝材料及不同的水泥替代比。

4) 实验选用的三组炼铅炉渣胶凝材料都具有很好的胶凝效果,与水泥对比组强度对比说明,当采用合适的水泥替代比,炉渣胶凝材料与水泥的复合胶结料胶凝效果可以优于水泥单一胶凝效果。

5) 实验的不足之处对膏体的流变性,可泵性研究展开较少,下一步实验可针对选用的炼铅炉渣材料从膏体的流变性展开深入的研究。

参考文献:

- [1] 周爱民. 中国充填技术概述[C]//第八届国际充填采矿会议论文集. 北京:中国有色金属学会,2004:1-7.
- [2] 刘同有. 充填采矿技术与应用[M]. 北京:冶金工业出版社,2011:134,273.
- [3] 李炜,周旭,廖美权,等. 胶结充填替代材料的研究与实践[J]. 采矿技术,2011,11(3):19-21.
- [4] 肖永福. 合理利用铜镍矿水淬炉渣的途径[J]. 新疆有色金属,1991(3):15-17.
- [5] 谢源,付毅,黄沛生,等. 炼铅炉渣胶结充填的试验研究[J]. 矿产保护与利用,2001(4):47-50.
- [6] 张德明,王莉,赵彬. 基于活性材料的全尾砂胶结充填技术[J]. 中国矿山工程,2010,39(2):6-10.
- [7] 胡家国,古德生. 粉煤灰作为水泥替代品用于胶结充填的试验研究[J]. 矿业研究与开发,2002,22(5):5-7,14.
- [8] Fu X H, Hou W P, Yang C X, et al. Studies on Portland cement with large amount of slag[J]. Cement and Concrete Research,2000,30(4):645-649.
- [9] 付毅,王劫. 新一代矿山充填胶凝材料[J]. 有色金属(矿山部分),2012,64(1):51-54.
- [10] 杨思德. 废石尾砂胶结充填技术[J]. 矿业快报,2008,24(12):6-8.
- [11] Cayouette J. Optimization of the paste backfill plant at Louvicourt mine[J]. CIM Bulletin,2003,96(1075):51-57.
- [12] 蔡艳华,彭汝芳,马冬梅,等. 机械力化学应用研究进展[J]. 无机盐工业,2008,40(8):7-10.
- [13] Kumar S, Kumar R, Bandopadhyay A, et al. Mechanical activation of granulated blast furnace slag and its effect on the properties and structure of portland slag cement[J]. Cement and Concrete Composites,2008,30(8):679-685.
- [14] Öner M, Erdoğdu K, Günlü A. Effect of components fineness on strength of blast furnace slag cement[J]. Cement and Concrete Research,2003,33(4):463-469.