

## ● 工艺技术 Technology ●

DOI: 10.16410/j.issn1000-8365.2019.01.007

## 微波加热硬化磷酸盐无机铸造粘结剂砂改性研究

刘 栋,张友寿,夏 露,周 磊

(湖北工业大学绿色轻工材料湖北省重点实验室,湖北武汉 430068)

**摘要:**通过添加氧化物、硫酸盐类和高分子材料,以及调整粘结剂的中和度来提升磷酸盐粘结剂的性能,对现有的磷酸盐粘结剂进行改性研究。结果表明,通过加入上述 3 种材料后,砂型强度最高可达 2.6 MPa。对于粘结剂中和度的调整,使砂型的抗吸湿性能提高,硬化时间缩短。

**关键词:**磷酸盐粘结剂;氧化物;硫酸盐;高分子材料;中和度;抗吸湿性

中图分类号: TG221

文献标识码: A

文章编号: 1000-8365(2019)01-0030-04

### Study on Modification of Microwave-hardened Inorganic Phosphate Binder Foundry Sand

LIU Dong, ZHANG Youshou, XIA Lu, ZHOU Lei

(Hubei Key Laboratory of Green Light Industrial Materials, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

**Abstract:** The properties of phosphate binders were improved by adding oxides, sulfates and macromolecular materials and adjusting the neutralization degree of binders. The results show that the maximum strength of the sand mold can reach 2.6 MPa by adding the above three materials. The adjustment of the neutralization degree of the binder can improve the moisture absorption resistance and shorten the hardening time of the sand mold.

**Key words:** phosphate binder; oxide, sulfate; polymer material; neutrality degree; moisture resistance

对于铸造行业来说,在浇铸过程中因有机树脂受热产生的刺激有毒气体造成环境的污染一直是严重的问题<sup>[1-5]</sup>。而磷酸盐粘结剂作为一种绿色环保的铸造无机粘结剂,具有强度高,溃散性好,尤其是其无色、无味的特点大大改善了生产一线工人的工作环境,也减少了有害物质向大气的排放,是一种很具前景的新型铸造材料。

本文用微波加热硬化方法对磷酸盐无机粘结剂砂进行改性研究,从粘结剂强度、抗吸湿性能、以及制作砂型时的硬化时间出发,加入氧化物、硫酸盐化合物和高分子材料进行改性以及这 3 种材料的复合改性<sup>[6]</sup>,通过试验来考察上述材料对粘结剂强度以及抗吸湿性的影响。并且通过调整粘结剂中和度的方式来探索其对粘结剂的抗吸湿性能、砂型的硬化时间的影响。

## 1 试验仪器与材料

### 1.1 试验仪器

DZTW 型调温电热套式加热三口反应釜、EX-TECH RH390 精密温湿度仪、DWIM-2M0 工业微波炉、CF3.8BDE 工业除湿机、SYX 砂型硬度计、聚四氟乙烯“8”字形试样模、SHY 混砂机、杠杆式砂强度测试仪。

### 1.2 试验材料

自合成磷酸盐粘结剂,内蒙古大林产标准砂,其他改性用物质等。

### 1.3 改性磷酸盐粘结剂的制备

将磷酸、氢氧化铝粉末、氧化镁粉末、硅酸和水以及其他改性材料加入三口反应釜内,加热搅拌直至反应釜内各物质间反应完毕,溶液呈透明澄清状时倒出,即制得磷酸盐无机粘结剂。

考虑到粘结剂成分较复杂且各组分加入量各不相同,故用数字配合英文字母的形式来表示和区分试验中不同方案的粘结剂。其中英文字母为某种物质的代号,每个字母后的数字表示该物质的加入量,而代号的前两位数字表示氢氧化铝与磷酸的摩尔质量比,即中和度。如粘结剂 30B6M4S2,30 表示氢氧化铝与磷酸的摩尔质量比为 30%,B6 表示 B 物质

收稿日期: 2018-08-27

基金项目: 湖北省自然科学基金资助项目(2014CFB582)

作者简介: 刘 栋(1993-),安徽安庆人,硕士生。研究方向: 铸造材料新工艺。电话: 13006155360,

E-mail: 1065534535@qq.com

及其加入量,M3表示M物质及其加入量,S2表示S物质及其加入量,如果有更多的改性物质,依此类推。

### 1.4 微波热硬砂试样制备

先称取适量的标准砂备用,再称取磷酸盐无机粘结剂。其中粘结剂的加入量为称取好的标准砂重的2.5%。将粘结剂与砂倒入混砂机内,开启混砂机混砂60s。然后将混好的砂粒填入“8”试样模具,按压紧实后连同模具放入工业微波炉内。开启微波炉微波加热一定时间后硬化制得试样。

每次制取“8”砂型试样5个,去除最高与最低取剩余3的个平均值。

## 2 试验内容及结果

### 2.1 氧化物对磷酸盐无机粘结剂性能的影响

选用代号为C的氧化物来对磷酸盐无机粘结剂进行改性,研究其对磷酸盐无机粘结剂砂性能的影响。并采用不同加入量试验来考察该氧化物的较优加入量。

以30B6M4S2型号的粘结剂为基础,通过试验在合成粘结剂时分别加入C0.0625、0.1250、0.2500、0.5000g,得出不同C加入量的粘结剂。利用微波加热制作砂型试样,其不同方案粘结剂制出砂型试样的即时抗拉强度(试样冷却即测)与8H抗拉强度(40%湿度恒湿房放置8h后测)如图1。

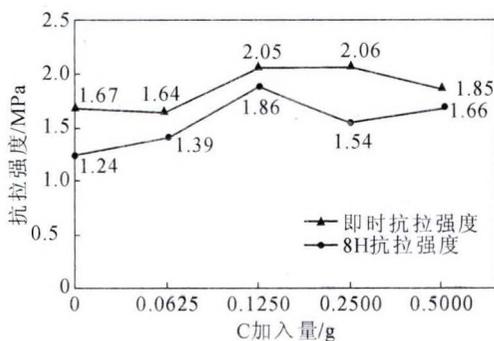


图1 氧化物C不同加入量对粘结剂性能的影响  
Fig.1 Effect of different amount of oxide C on the properties of binder

由图1看出,氧化物C对于磷酸盐无机粘结剂的改性效果非常明显。其中砂型试样即时抗拉强度由1.67最高提升到2.06。而在抗吸湿试验中也有不错的表现,在未加入氧化物C改性时,其8h抗拉强度与即时强度相比,降幅超过25%。而加入C0.125g的粘结剂,其强度降幅降低到9%。通过综合考虑即时抗拉强度与8h抗拉强度数据指标,笔者认为在基础粘结剂中加入C0.1250g为最佳值。

### 2.2 硫酸盐化合物对磷酸盐无机粘结剂性能的影响

选用代号为F的硫酸盐化合物来对磷酸盐无机粘结剂进行改性,研究其对磷酸盐无机粘结剂砂性能的影响。并采用不同加入量试验来考察该硫酸盐化合物的较优加入量。

以30B6M4S2型号的粘结剂为基础,通过试验在合成粘结剂时分别加入F0.0625、0.1250、0.2500、0.5000g,得出不同F加入量的粘结剂。利用微波加热制作砂型试样,其不同方案粘结剂制出砂型试样的即时抗拉强度(试样冷却即测)与8h抗拉强度(40%湿度恒湿房放置8h后测)如图2。

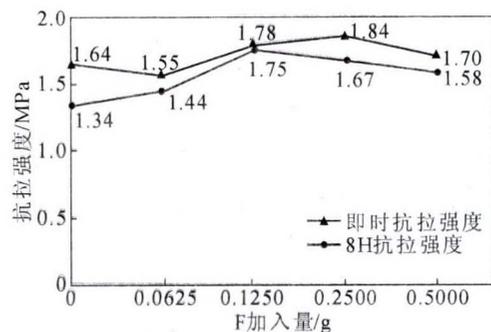


图2 硫酸盐类化合物F不同加入量对粘结剂性能的影响  
Fig.2 Effects of different addition amounts of sulphate compound F on the properties of binder

从图2中看出,改性材料F相比于前文中氧化物C在提高即时抗拉强度上要弱,但仍具有一定程度提高抗拉强度的效果。且可以更明显的看出对于抗吸湿方面表现更为出色。其中在F加入量为0.1250g时,其8h抗拉强度几乎与即时抗拉强度相差仅为0.03。可以说在8h内的恒湿房放置试验中,粘结剂30B6M4S2F0.125制出的砂型试样无吸湿现象。综合考虑硫酸盐化合物F改性加入量的最佳值为0.1250g。

### 2.3 多元复合改性试验

从前文中氧化物C与硫酸盐类化合物F都取得较好的改性结果,笔者想到通过同时加入这两种材料,并配合一种高分子材料P在溶液中形成一种结构更为复杂,更具稳定性的大分子型结构,从而获得更好地改性效果。

从前文中两种材料改性的试验结果中,取每种材料最好的改性加入量值,即C0.1250g、F0.1250g在合成时一并加入到粘结剂中。同时在合成末尾时添加已配制好的高分子材料P的水溶液(P的有效含量为0.5g)。合成出型号为30B6M4S2C0.125F0.125P0.5的磷酸盐无机粘结剂,与前文两种材料改性的试验最优方案为30B6M4S2C0.125、30B6M4S2F0.125进行对比试验。利用微波加热制作砂型试样,其即时抗拉强度(试样冷却即测)与8h抗拉强度(40%湿度恒

湿房放置 8 h 后测) 如图 3 (为简便起见, 将 30B6M4S2C0.125、30B6M4S2F0.125、30B6M4S2C0.125F0125P0.5 分别用序号①、②、③表示)。

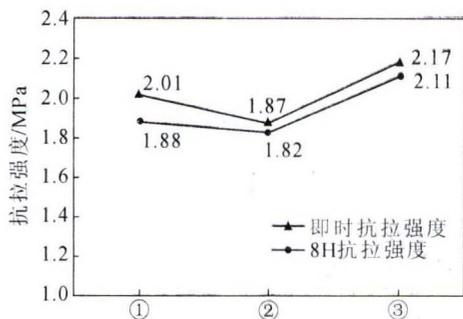


图 3 复合改性对粘结剂性能的影响

Fig.3 Effect of compound modification on the properties of binder

由图 3 可以得出, 复合改性的效果非常明显, 其抗拉强度在原有的改性基础上进一步提高。图 3 中的实验结果表示为平均数值, 而实际最高能达到 2.64 MPa。且在复合改性后保持了硫酸盐化合物 F 对粘结剂抗吸湿性能的提升, 依然保持较好的抗吸湿性能。

### 2.4 中和度对磷酸盐无机粘结剂砂性能的影响

前文中对于粘结剂的抗吸湿性能的检测手段为在 40%湿度的恒湿房内静置 8 h, 然而这种方法无法满足在工业实际生产中的技术要求, 为了满足能在更长时间内保持较好的性能, 从而采用提高中和度的方式来提升磷酸盐无机粘结剂砂长时间的存放稳定性(抗吸湿性能)。而中和度的提高使磷酸盐无机粘结剂溶液的酸碱值发生变化, 使粘结剂的沸点产生变化, 最终对磷酸盐无机粘结剂砂的硬化时间产生影响。

#### 2.4.1 中和度对硬化时间的影响

通过改变磷酸与氢氧化铝的配比, 获得中和度分别为 30B6M4S2、31B6M4S2、32B6M4S2、33B6M4S2、34B6M4S2 的磷酸盐无机粘结剂。在使用这 5 种中和度的粘结剂制作砂型试样时, 从微波加热 2 min 开始, 每个 0.5 min 使用砂型硬度计来测定试样的表面硬度, 当砂型式样的表面硬度达到 90H 时, 说明完全硬化, 即获得其硬化时间。不同中和度磷酸盐无机粘结剂砂的表面硬度与加热时间如表 1 (为简便起见, 将粘结剂 30B6M4S2、31B6M4S2、32B6M4S2、33B6M4S2、34B6M4S2 分别用数字 30、31、32、33、34 来代替)。

从表 1 看出, 33、34 中和度粘结剂制作出的砂型试样在 6.5 min 时已基本硬化完全。尤其是 34 中和度粘结剂制作的砂型试样在 6 min 时, 其表面硬度就已达 89H, 其硬化时间相比于前 3 种中和度

表 1 中和度对磷酸盐粘结剂砂硬化时表面强度的影响  
Tab.1 Effect of Neutralization Degree on Surface Hardness of Phosphate Binder Sand Hardening

时间 /min	粘结剂的种类				
	30	31	32	33	34
3.0	13	14	12	15	19
3.5	13	17	14	15	18
4.0	20	26	24	31	32
4.5	24	30	28	38	39
5.0	40	45	41	55	53
5.5	51	55	53	65	68
6.0	63	61	69	80	89
6.5	75	74	82	89	92
7.0	91	90	89	92	93

的粘结剂要缩短 1 min。故提高磷酸盐无机粘结剂中和度对砂型试样的硬化具有加速作用。

#### 2.4.2 中和度对抗吸湿性能的影响

选取中和度分别为 30、32、34 的磷酸盐无机粘结剂, 通过微波加热制作砂型试样。其即时抗拉强度与 24、48、72 h 抗拉强度 (存放于 40%湿度恒湿库内) 如图 4。

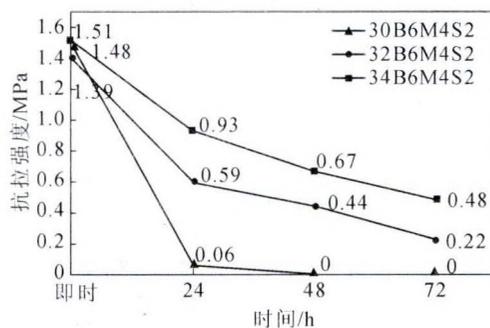


图 4 中和度对长时间存放的磷酸盐粘结剂砂抗拉强度的影响

Fig.4 Effect of neutralization degree on tensile strength of phosphate binder sand stored for a long time

从图 4 中得出两个结论: ①从折线的下滑趋势来看, 随着中和度的提高, 折线斜率越低, 试样的抗拉强度下滑幅度越小。这表明高中和度对于磷酸盐无机粘结剂砂的抗吸湿是有促进作用; ②随着放置时间的延长, 砂型试样的抗拉强度出现明显的下降, 到放置 72 h 时, 抗吸湿效果最好的 34B6M4S2 制作的砂型试样抗拉强度也仅有即时的 1/3。这说明在抗吸湿改进方面还需做更多的工作。

## 3 结论

在对磷酸盐无机粘结剂砂的改性研究取得一定的效果。从单一的氧化物和硫酸盐类化合物改性到将这两种材料与高分子材料复合改性, 均提升了磷酸盐无机粘结剂砂的抗拉强度与抗吸湿性能。在对不同中和度粘结剂砂的试验中, 发现中和度的

提高有利于加速砂型试样的硬化和改善抗吸湿性能。

但通过进行更长时间的抗吸湿性试验后发现,目前的磷酸盐无机粘结剂砂的抗吸湿性能仍需要改进提升。而提高粘结剂中和度并使用多种材料对粘结剂进行复合改性,能否取得更好的磷酸盐无机粘结剂砂的性能,将是笔者后续研究工作的重点。

- [2] M Adamovits. New Inorganic Nobake Binder System [J]. A FS Trans, 1993, 110: 485-490.
- [3] Zhou Jian. Plans and measures for avoiding casting air pollution [J]. Int J Plant Eng Manage, 2003, 8(3): 190.
- [4] 朋根发. 铸造厂的环境保护和治理 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4(1): 66.
- [5] 张友寿, 黄晋, 夏露, 等. 新型改性磷酸盐无机铸造粘结剂的优越性[J]. 铸造技术, 2009, 30 (12): 1504-1506.
- [6] 商宏飞, 张友寿, 夏露, 等. 弱酸改性磷酸盐粘结剂研究[J]. 铸造, 2010, 59(3): 318-319.

#### 参考文献:

- [1] 马永杰. 铸造生产节能与环保 [J]. 铸造设备研究, 2003(6): 46.

## T&FA 便携式非接触红外测温仪

### 铸造测温的跨越



采用德国技术, 激光/望远镜瞄准, 只要扣动按键, 炉内熔化温度、出炉温度、浇包温度、浇注开始与终了温度、冒口溢流温度就会瞬间显示。全程检测, 快速、准确、方便。4米内目标不受距离影响。测温范围: 1000~2000℃, 铸铁、铸钢、铝铜不同合金发射率可调。

#### 产品特点及技术参数

- ◎ 瞄准方式: 激光/望远镜瞄准
- ◎ 目标距离: 4 m 内测量与距离无关
- ◎ 激光聚焦: 3600 mm 距离激光聚焦为 24 mm 光斑
- ◎ 测量模式: 最大值/最小值显示/记忆功能
- ◎ 扫描功能: 对测量目标快速扫描并显示出测量的最大值
- ◎ 报警方式: 高低温声光报警
- ◎ 存储功能: 2000 个数据点

纳米级短波精确测量物体温度, 特别是熔融金属液态温度; 带USB接口及软件, 可设定仪器参数、存取数据可下载、连接计算机可以显示实时温度及温度曲线, 对合金熔化及浇注温度的控制提供可靠的适时测量。

## 西安唐盛电子有限责任公司

地址: 西安市雁翔路132号开元新村4单元201室  
 电话: 029-83290862 传真: 029-88473613  
 Email: xatomson@163.com QQ: 517221382