DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.12.006

改性磷酸盐无机粘结剂的性能研究

黄建波[1],张留伟[2]

(1. 湖北工程职业学院,湖北 黄石 435003;2. 台州科技职业学院,浙江 台州 318020)

摘　要:为了探讨改性磷酸盐无机粘结剂在铸造生产中的性能优劣,采用改性磷酸盐无机粘结剂配制自硬砂,分别测试自硬砂的抗拉强度、存放稳定性、可使用时间、发气性、溃散性等性能,并与水玻璃、呋喃树脂等传统粘结剂性能进行比较。通过生产实验验证,发现改性磷酸盐无机粘结剂能用于铸铁、铸钢及低熔点合金的铸造,其用于代替水玻璃应用于高温金属铸造,及代替有机树脂应用于有色合金铸造时,完全可克服砂型溃散性差的问题。改性磷酸盐无机粘结剂自硬砂性能优越。

关键词:磷酸盐无机粘结剂;抗拉强度;存放稳定性;发气性;溃散性

中图分类号:TG221　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)12-1131-03

Study on Properties of Modified Phosphate Inorganic Binder

HUANG Jianbo[1], ZHANG Liuwei[2]

(1. Hubei Engineering Vocational College, Huangshi 435003, China; 2. Taizhou Vocational College of Science & Technology, Taizhou 318020, China)

Abstract: In order to adopt the process and the modified phosphate inorganic binder, respectively, test process and the stability of the tensile strength and storage, can use time, gas generating, collapsibility, such as performance, and compared with sodium silicate, furan resins such as traditional adhesive performance comparison, in order to investigate modified phosphate inorganic binder in foundry production performance. The results show that the modified phosphate inorganic binder can be used in casting of cast iron, cast steel and low melting point alloy, and it can be used in high temperature metal casting instead of sodium silicate. Instead of organic resin used in non-ferrous alloy casting, it can completely overcome the problem of sand mold failure. The self-hardening properties of modified phosphate inorganic binder are superior.

Key words: phosphate inorganic binder; tensile strength; storage stability; gas generation; collapsibility

在铸造生产过程中,相比粘土砂和水玻璃砂来说,有机树脂砂一直占有举足轻重的地位,但是对环境造成的污染较为严重[1];粘土湿型砂铸造,其砂型、芯强度比较低,容易形成粘砂、夹砂、结疤、鼠尾、气孔、砂眼以及胀砂等铸造缺陷,铸件表面质量不高[2];粘土干型砂铸型强度高,但是需要烘干、消耗能源、制造周期较长、退让性和溃散性较差,目前已经遭淘汰;水玻璃砂溃散性差、旧砂难以回用;有机树脂砂在用于低熔点合金铸造时,也存在型砂溃散性差的问题,已引起广大铸造工作者和用户的重视。通过引入有机物对磷酸盐无机粘结剂进行改性,制得的改性磷酸盐无机粘结剂不仅环保,而且性能达到工业应用要求,已成功地用于铸铁、铸钢件的铸造,根据硬化方法不同可分为自硬成型和热硬成型两种[3],发展前景良好。

收稿日期:2020-02-21

作者简介:黄建波(1986-),湖北红安人,硕士.研究方向:铸造涂料,铸造新材料.电话:18062948080,
E-mail:hongan1986@126.com

1　磷酸盐无机粘结剂自硬砂的性能

1.1　硬化强度

利用“8”字型木模,制备标准抗压强度试样,每5个试样为一组,硬化24 h后,分别测量其抗拉强度,5个实验数据在去掉一个最大值和一个最小值后,剩余3个值取平均值作为磷酸盐自硬砂的最终抗拉强度值。

试验同时还测试了酯硬化酚醛树脂自硬砂(树脂加入量为原砂质量的2%)的抗拉强度为0.5~0.6 MPa,酸硬化呋喃树脂砂(树脂加入量为原砂质量的2%)的强度为0.68~0.86 MPa。可见,当改性磷酸盐无机粘结剂的加入量为2%(占原砂质量的百分比)时,自硬砂达到了酚醛树脂砂强度,无论在经济性上,还是成本上考虑,都可以完全代替有机树脂使用[4]。

1.2　存放稳定性

将做好的“8”字型试样在空气中自然存放,在存

放过程中，“8”字型试样由于吸收空气中的水分而使强度逐渐降低。表1中实验数据表明：采用改性磷酸盐无机粘结剂制作的自硬砂存放稳定性良好。

表1 自硬砂的存放稳定性
Tab.1 Storage stability of self hardening sand

放置时间/天	1	3	5	7	9
抗拉强度值/MPa	0.94	0.64	0.51	0.36	0.25
降低率(%)	0	31.9	45.7	61.7	73.4

1.3 可使用时间

将混好的型砂放入密封容器中存放，每隔10 min制备一组“8”字型抗拉强度试样(每组5个)，直至型砂不能做试样为止，待试样硬化24 h后，分别测量各组试样抗拉强度值，并与型砂出碾后制作并硬化24 h后的抗拉强度值进行比较，以强度下降30%的试样制作时间为型砂的可使用时间，如表2所示，由表2可知，该磷酸盐自硬砂可使用时间为30 min左右。

表2 自硬砂的可使用时间
Tab.2 Available time of self hardening sand

放置时间/min	10	20	30	40	50	60
抗拉强度值/MPa	0.76	0.62	0.55	0.47	0.39	0.24
降低率(%)	0	18.4	27.6	38.2	48.7	68.4

1.4 发气性

首先将制作试样用的磷酸盐自硬砂在恒温干燥箱(温度设定为50 ℃)中烘干、再用精密天平称取5个质量均为(1±0.01) g的样品，依次在SFL型记录式发气试验仪上测量发气值，5个测量值在去掉最高值和最小值后剩余3个测量数据取平均值作为最终测试结果。

试验还选取了水玻璃砂和呋喃树脂砂，分别测量它们的发气量值，结果发现：磷酸盐自硬砂试样发气量为6.3 mL/g、水玻璃砂试样发气量为8.5 mL/g、呋喃树脂砂的发气量为12.7 mL/g，磷酸盐自硬砂的发气量大大低于呋喃树脂自硬砂的发气量，因此采用磷酸盐自硬砂作为造型、制芯材料，可以大大降低铸件产生气体缺陷的可能性。

1.5 溃散性

采用磷酸盐粘结剂，制备3组(每组10个)ϕ 30 mm×30 mm抗压强度试样，分别在400、600和800 ℃温度下保温0.5 h，采用出炉冷却和随炉冷却两种不同冷却方式，待试样冷却至室温后，将其放入到振动筛中振动15 s，分别称量其筛前质量和筛后质量，计算试样的质量损失率，其试验结果如表3所示。溃散性试验结果表明，3组磷酸盐自硬砂试样在不同温度下保温加热，其溃散性均表现良好。说明冷却方式对磷酸盐自硬砂的溃散性基本无影响。

表3 砂型的溃散性(试样过筛前后质量损失率(%))
Tab.3 Collapsibility of sand(sample sieving before and after the mass loss rate(%))

加热温度/℃	出炉冷却			随炉冷却		
	筛前重/g	筛后重/g	损失率(%)	筛前重/g	筛后重/g	损失率(%)
400	34.6	12.5	63.8	34.7	12.3	64.6
600	34.2	5.6	83.6	33.9	4.9	85.6
800	33.8	0	100	34.0	0	100

磷酸盐自硬砂这一特性无论是其代替水玻璃砂应用于浇注铸钢、铸铁件，还是代替有机树脂砂用于浇注低熔点合金都具有积极意义，水玻璃砂因为其溃散性差的问题，一直是铸造界难以解决的问题；而有机树脂砂在用于有色合金铸造时，由于浇注温度过低，除了靠近铸件部分的溃散性较好外，其余部分溃散性很差，而且伴随着严重的环境污染问题。

1.6 自硬砂溃散性机理分析

现采用电镜观察法对高温作用前后的砂样粘结膜进行比较，结果发现，经过高温作用后，砂样粘结膜出现大量的裂纹，如图1、2所示，出现此种现象的主要原因是磷酸盐粘结膜为陶瓷结构，具有陶瓷材料的一般性质，抗热震性差、脆性大，在热作用下极易因温度的变化产生裂纹而失去强度。其次，硬化后的粘结膜含有结构水，在热作用下，水分的迁移使粘结膜发生收缩，产生应力，使粘结膜发生破坏，因此磷酸盐粘结剂自硬砂具有极好的溃散性。

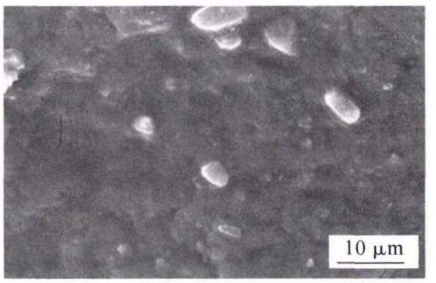


图1 未经高温处理砂样的粘结膜
Fig.1 Adhesive film without high temperature treatment

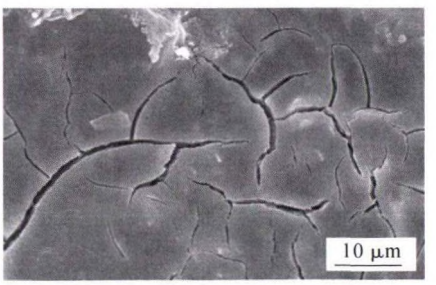


图2 经高温处理后的砂样的粘结膜
Fig.2 Adhesive film after high temperature treatment

为了保证试验条件相同，防止环境因素的波动对试验结果造成影响，所有试验方案混砂、造型、硬化均在同一天同一时段1 h内完成，试验采用70～

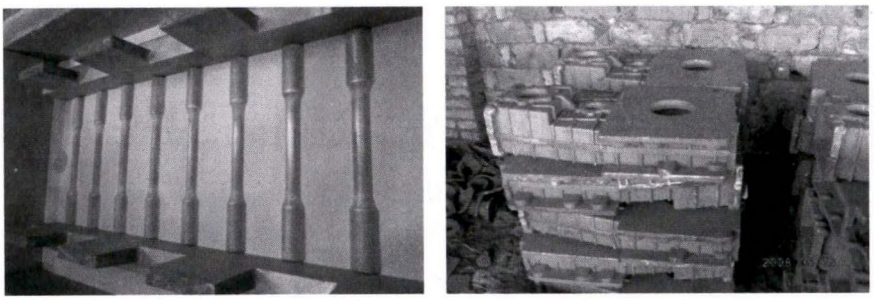


图 3 浇注铸铁件所用磷酸盐自硬砂铸型及浇注的铸件

Fig.3 Sand mold made by self-set sands bounded with modified phosphate inorganic bounder and poured castings

140 目大林标准砂，环境温度为 20～25 ℃，空气相对湿度 RH 为 55%~70%。

2 生产性验证

图 3 是在西安某铸造厂使用磷酸盐自硬砂制造铸型及浇注的铸铁件。结果表明，磷酸盐自硬砂强度高，能够满足使用要求，而且溃散性良好。浇注结果表明，相比水玻璃砂来说，磷酸盐自硬砂溃散性良好，完全能够用于实际生产。

3 结论

与有机树脂砂相比，改性磷酸盐无机粘结剂自硬砂的粘结强度已经达到或接近前者的水平，通过生产实验验证，改性磷酸盐无机粘结剂自硬砂能够很好地满足实际生产需要，其发气性较小，为 6.3 mL/g，不仅能够有效降低铸件的气孔缺陷，而且因为其优异的溃散性能，还可以代替水玻璃砂用于浇注铸钢、铸铁件，以及代替有机树脂砂用于浇注低熔点合金。

参考文献：

[1] 朱纯熙，何芝梅，卢晨. 铸造工作者应重视二恶英和呋喃的环境污染问题[J]. 铸造, 2002(8): 502-504.

[2] 张友寿，薛亦渝，黄晋，等. 新型改性铸造用磷酸盐无机树脂自硬砂性能的研究[J]. 铸造技术, 2005(4): 268-269.

[3] 杨凯，张景伟，陈明，等. 铸造材料伸缩尾翼气动载荷下接触问题的分析与研究[J]. 精密成形工程, 2011(1): 18-22.

[4] 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(12): 1504-1506.

（上接第 1116 页）

Pressing Technology, 2004, 152(3): 323-328.

[3] 王茂源. 铝合金化学成分的含量对其屈服极限的影响 [J]. 中国科技纵横, 2019, 000(002): 221-223.

[4] 张春莉. 汽车车轮用 A356.2 铝合金锭熔炼生产工艺研究[J]. 有色冶金节能, 2017, 33(003): 35-37.

[5] 王彦凤，杨正，邱常明，等. 基于响应面法的 A357 铝合金金属型铸造工艺优化[J]. 特种铸造及有色合金, 2019(10): 103-110.

[6] 王荣滨. 铸造铝合金缺陷分析与热处理工艺研究[J]. 铸造技术, 2008, 37(4): 10-12.

[7] 刘树红，凌缔成，黄丹丹，等. 多元铝合金相图热力学、热物性质数据库及其应用[J]. 中国材料进展, 2015, 34(4): 049-59.

[8] Wang Q G, Apelian D, Lados D A. Fatigue behavior of A356-T6 aluminum cast alloys. Part I. Effect of casting defects [J]. Journal of Light Metals, 2001, 1(1): 73-84.

[9] Lim S, Kim S, Lee C G, et al. Tensile behavior of friction-stir-welded A356-T6/Al 6061-T651 bi-alloy plate [J]. Metallurgical and Materials Transactions A (Physical Metallurgy and, Materials Science), 2004, 35(9): 2837-2843.

[10] Zhen-Zhong C, Chuan-Hao X, Cheng-Xiang Z. The effects of heat treatment on fatigue properties of A357 casting aluminum alloy [J]. Light Metals, 2010, 50(7): 58-61.

[11] Guo F B, Zhu B H, Jin L B, et al. Microstructure and mechanical properties of 7A56 aluminum alloy after solution treatment [J]. Rare Metals, 2017(7): 1-8.

[12] Jang J H, Nam D G, Park Y H, et al. Effect of solution treatment and artificial aging on microstructure and mechanical properties of Al-Cu alloy [J]. Transactions of Nonferrous Metals Siety of China, 2013, 23(3): 631-635.

[13] Manickaraj J, Liu G, Shankar S. Effect of Incubation Coupled with Artificial Aging in T6 Heat Treatment of A356.2 Aluminum Casting Alloy [J]. International journal of metal casting, 2011, 5(4): 17-34.

[14] Sadeler R, Totik Y, Gavgali M, et al. Improvements of fatigue behavior in 2014 Al alloy by solution heat treating and age-hardening [J]. Materials & Design, 2004, 25(5): 439-445.

[15] Alexopoulos N D, Pantelakis S G. Quality evaluation of A357 cast aluminum alloy specimens subjected to different artificial aging treatment [J]. Materials & Design, 2004, 25(5): 419-430.