

新型酯硬化水玻璃砂在高锰钢铸造中的应用研究

刘加军, 姜延春, 尹绍奎, 宋照伟, 李延海, 于瑞龙, 谭 锐, 张海东

(沈阳铸造研究所有限公司, 高端装备轻合金铸造技术国家重点实验室, 辽宁沈阳 110022)

摘要: 分析了水玻璃作为无机粘结剂在高锰钢铸造生产过程中存在的问题, 提出了在水玻璃中加入有机粘结剂改性的方法, 以提高水玻璃砂的各项性能指标, 如强度、表面质量以及溃散性能等。通过对改性方法、活性碱、交联剂等试验因素的研究, 成功将碱性酚醛树脂融入水玻璃中, 完成了对水玻璃的改性, 提高了水玻璃体系的粘结强度及型砂的溃散性, 生产验证结果良好。

关键词: 酯硬化水玻璃; 酚醛树脂; 高锰钢

高锰钢是一种含锰量在13%左右的高合金钢, 由于其具有良好的加工硬化性能, 在冲击磨料磨损的工况条件下, 特别在强载荷冲击下使用中, 具有优异的耐磨性和良好的韧性, 故一直是世界各国通用的一种耐磨钢。它被广泛地用于冶金、矿山、电力机械、铁路运输、工程机械等方面。但在铸造过程中, 由于其高锰钢较特殊的成分配比, 导致使用普通硅砂在CO₂硬化以及有机硬化水玻璃造型浇注过程中极易发生粘砂^[1]。

1 原因分析与存在问题

在铸造过程中, 为防止高锰钢粘砂, 一般都应用非石英质的原砂, 其粘砂原因为: 由于含锰量高, 钢液中含有较多的碱性氧化物MnO, 它在高温情况下呈碱性, 极易与石英质的原砂(主要成分是酸性氧化物SiO₂)或是含有酸性耐火材料的涂料(如石英粉)发生化学反应^[2]: $MnO + SiO_2 = MnO \cdot SiO_2$ 。反应生成物(MnO · SiO₂)是一种熔点较低的化合物, 具有良好的流动性, 易渗入砂粒间隙中, 凝固时使砂粒牢牢地粘附于铸件表面, 形成化学粘砂。

目前, 国内外在生产高锰钢铸件时, 普遍应用的原砂为七零砂或镁橄榄石砂, 七零砂主要成分是石灰石, 由于其粒度难以控制, 粒度较大且灰分很高, 导致砂型表面质量极差, 难以获得高表面质量的高锰钢铸件。而高锰钢的加工硬化特性非常显著, 使其难以被加工(加工成本很高), 像铁路道岔等对表面质量要求较高的高锰钢铸件, 目前生产厂家均采用镁橄榄石砂造型^[3]。

镁橄榄石的主要成分为Mg₂SiO₄, 无游离的SiO₂, 一般使用的镁橄榄石砂耐火度为1 700 ℃左右, 具有耐高温抗浸蚀性, 没有石英砂那样的相变膨胀, 其化学性能相对稳定。目前, 镁橄榄石砂在国内所用的粘结剂主要是粘土, 这种镁橄榄石粘土砂由于强度等原因只能用于小型高锰钢铸件, 对于中大型铸件一般采用CO₂硬化或酯硬化水玻璃作粘结剂。但是, 镁橄榄石砂采用水玻璃作粘结剂时仍然存在如下问题: ①这种碱性钠水玻璃砂的强度很低, 特别是即时强度不高, 起模时间较长, 生产效率较低; ②由于这种碱性砂的强度很低, 为了满足生产对其强度的需要, 必须增加水玻璃加入量, 导致型芯砂溃散性太差, 铸件落砂清理十分困难; ③用水玻璃粘结剂混制镁橄榄石砂, 型砂表面质量较差, 使得高锰钢铸件表面质量不好, 难以获得高品质铸件。

作者简介:

刘加军(1983-), 男, 硕士, 从事铸造水玻璃、无机粘结剂相关的研发工作。E-mail: 13478316119@163.com

通讯作者:

姜延春, 男, 研究员, 博士生导师。E-mail: louych@chinasrif.com

中图分类号: TG221

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2020)12-1331-04

基金项目:

辽宁省“兴辽英才计划”项目(XLYC1802102); 辽宁省自然科学基金(20180550586)。

收稿日期:

2019-09-29 收到初稿,
2020-09-25 收到修订稿。

本试验提出新型改性酯硬化水玻璃砂，解决镁橄榄石砂造型制芯中遇到的上述问题。

2 试验材料与方法

2.1 原材料

水玻璃：模数2.3，含固量48%，粘度200~300 mPa·s。

碱性酚醛树脂：密度1.24 g/cm³，粘度120 mPa·s。
硼砂、活性碱、交联剂、三甘酯等。

2.2 试验方法

水玻璃改性试验方法：在水玻璃中加入适量活性碱、碱性酚醛树脂以及硼砂，搅拌，加热至95℃，95~105℃保温30 min，冷却至40℃以下，加入适量交联剂，搅拌5 min，完成改性。

水玻璃砂强度试验方法：取硅砂1 000 g，加入三醋酸甘油酯3 g，混砂1 min，加入改性水玻璃25 g，混砂1 min，混砂完成，制备“8”型试样，测量强度。

3 试验与分析

3.1 活性碱加入量对酚醛树脂在水玻璃中溶解度的影响

常规状态下，水玻璃与酚醛树脂是不能互溶的，在活性碱液的作用下，可使酚醛树脂一定量溶于水玻璃，活性碱的加入量对其溶解的影响如图1所示。

由图1可知，随着活性碱加入量的增加，水玻璃中酚醛树脂的溶解度变大，当活性碱加入量到达10%以后，酚醛树脂的溶解度维持在30%左右，以后树脂溶解度变化就不大了。

3.2 交联剂对改性水玻璃性能的影响

由于水玻璃与酚醛树脂固化时形成的粘结链有所不同，致使尽管两种粘结剂都可在三醋酸甘油酯等固化剂的作用下发生缩聚而固化，缩聚固化后其各自的粘结链并不能交联在一起。本试验通过选用水性硅烷

偶联剂对水玻璃和酚醛树脂进行交联，使其在硬化过程中能够使水玻璃与酚醛树脂可以相互作用，形成共有的粘结桥，并提高原水玻璃砂的强度。本试验选取了两种偶联剂对水玻璃体系进行改性，分别是辽宁盖州的A型号水性硅烷偶联剂，选取南京某厂的B型水性交联剂进行性能对比试验，C型为碱性酚醛树脂用硅烷偶联剂，试验4不加交联剂。试验数据如表1。

通过试验可得：交联剂选用A型水性硅烷偶联剂改性水玻璃后，其型砂强度性能最优。对A型交联剂进行进一步试验如图2。

通过试验可得，水玻璃砂强度随交联剂加入量增加而提高，交联剂加入量0.25%以上，强度增加不明显。通过试验可知，交联剂加入量为0.2%~0.25%可用。

3.3 碱性酚醛树脂对改性水玻璃砂的作用

水玻璃经过碱性酚醛树脂改性后，体系中增加有机成分后，可提高型砂的表面质量，浇注过程中可改变型砂的气氛。碱性酚醛树脂为型砂系统提供还原性气氛，控制粘砂，并在一定程度上可防止脉纹的发生，并大幅降低残留强度，降低了清砂的难度。图3为碱性酚醛树脂加入量对水玻璃砂性能的影响。

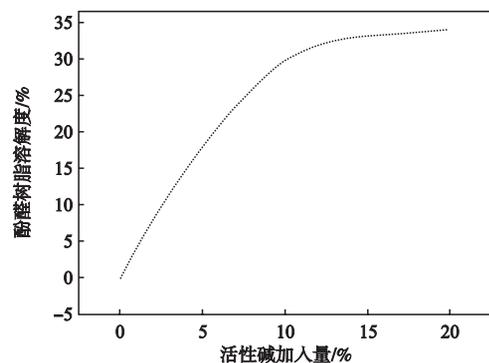


图1 活性碱加入量对酚醛树脂溶解度影响

Fig. 1 Effect of active base addition on solubility of phenolic resin

表1 不同水性交联剂对水玻璃砂性能影响

Table 1 Effect of different waterborne crosslinking agents on properties of sodium silicate sand

序号	改性交联剂种类	交联剂加入量/%	水玻璃砂可使用时间/min	2 h抗拉强度/MPa	4 h抗拉强度/MPa	24 h抗拉强度/MPa
1	A	0.2	40	0.36	0.81	1.33
2	B	0.2	40	0.29	0.65	1.03
3	C	0.2	35	0.32	0.68	0.95
4			40	0.27	0.59	0.89

注：粘结剂体系中酚醛树脂的加入量为20%，改性过程中交联剂加入量为水玻璃体系的0.2%，混砂过程中水玻璃加入量为2.5%（占砂量），固化剂为三醋酸甘油酯，固化剂加入量为0.3%（占砂量）。

本次试验中水玻璃加入量为2.5%（占砂量），固化剂选用三醋酸甘油酯，加入量为0.3%（占砂量），其中，残留抗压强度为制备 $\Phi 50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 的圆柱试样，在1 000 °C下焙烧30 min后测得，加入碱性酚醛树脂后，常温强度性能指标均有提升，残留强度随碱性酚醛树脂加入量的增加而降低，可降低至0.3 MPa以下，大大提高了水玻璃砂的溃散性。

4 生产应用

该工艺在山海关某桥梁厂进行了实际生产使用，采用连续混砂机进行混砂、造型，经过近一年的生产使用，铸造过程中砂型成形良好，砂型强度较高，吊装、翻转、涂刷涂料、合箱浇注均正常，且铸件表面光洁，铸件清砂容易，与原工艺相比较，极大降低了后续清砂工作的难度（图4），厂家使用情况良好。

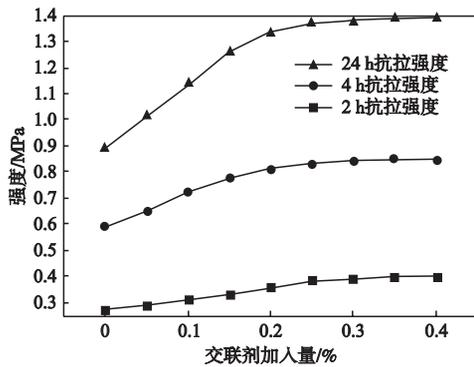


图2 交联剂加入量对水玻璃砂性能的影响
Fig. 2 Effect of crosslinking agent content on properties of sodium silicate sand

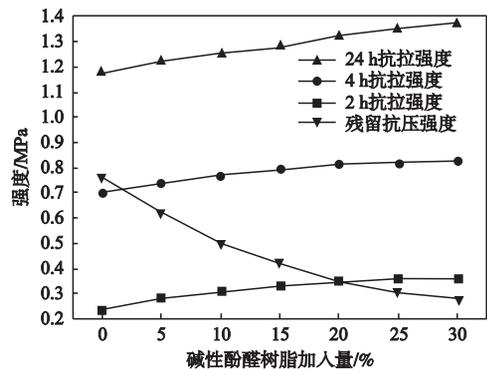


图3 碱性酚醛树脂加入量对水玻璃砂性能的影响
Fig. 3 Effect of basic phenolic resin content on properties of sodium silicate sand



图4 实际浇注验证结果照片
Fig. 4 Verification results in actual casting production

5 结束语

针对高锰钢铸件使用镁橄榄石砂利用水玻璃在造型制芯过程中的特性,提出在无机水玻璃中加入碱性酚醛树脂的方法解决其固有的缺点,使此种粘结剂体系中同时具有了有机粘结剂和无机粘结剂各自的优点:无机粘结剂成本较低、环保性强;有机粘结剂使型砂表面质量高,型砂表面稳定性好。由于加入了有机成分,大幅降低了型砂的残留强度,解决水玻璃砂溃散性差的问题。本试验解决了以水玻璃作为粘结剂,在镁橄榄石砂等碱性砂的造型及清砂过程的各种问题,对提高高锰钢铸件产品质量、生产效率等方面都起了积极的作用。

参考文献:

- [1] 王开松,赵韩. 辙叉的水玻璃砂铸造工艺[J]. 铸造, 2006(5): 519-524.
- [2] 张竣明,白正华. 镁橄榄石砂在大型铸钢件中的应用[J]. 科技创新与生产力, 2011(8): 97-98.
- [3] 解效民,张晓波. 镁橄榄石砂在高锰钢铸件上的应用[J]. 铸造设备研究, 2004(6): 39-41.

Application of Modified Ester Cured Sodium Silicate Sand to High Manganese Steel Casting

LIU Jia-jun, LOU Yan-chun, YIN Shao-kui, SONG Zhao-wei, LI Yan-hai, YU Rui-long, TAN Rui, ZHANG Hai-dong

(Shenyang Research Institute of Foundry Co., Ltd., State Key Laboratory of Light Alloy Casting Technology for High-End Equipment, Shenyang 110022, Liaoning, China)

Abstract:

The existing problems of sodium silicate used as inorganic binder in the production of high manganese steel castings were analyzed. The method of adding organic binder to sodium silicate was put forward. The aim was to improve the properties of sodium silicate sand, such as strength, surface quality and collapsibility. Tests were made to study the effects of modification method, active base, crosslinking agent and other experimental factors on the properties of sodium silicate sand. Results indicate that the basic phenolic resin can be successfully blended into sodium silicate, and the modification of sodium silicate by phenolic resin with the addition of active base and crosslinking agent is feasible, which improved the bonding strength and collapsibility of the sodium silicate molding sand, and obtained good production verification results.

Key words:

ester hardening sodium silicate; phenolic resin; high manganese steel
