

整形石英砂在树脂砂中的应用

钟飞升¹, 张雅丹¹, 常成¹, 张希兴¹, 李家波¹, 冀运东²

(1. 彰武县联信铸造硅砂有限公司, 辽宁阜新 123200; 2. 武汉理工大学材料科学与工程学院, 湖北武汉 430070)

摘要: SiO₂含量≥97%的石英矿石破碎筛分后是非常理想的铸造用原砂, 但破碎过程中砂产生很多尖角、粉尘, 导致其砂芯强度低, 堆积不密实, 容易造成粘砂和断芯等缺陷。通过对石英砂进行整形处理, 减少了砂表面的尖角和粉尘含量。结果表明: 经过整形2次处理的石英砂与未处理的相比, 角型系数从1.46降低至1.3, 堆积密度提高10.27%。应用在覆膜砂中常温抗折强度比未整形的石英砂提高了73.41%, 常温抗拉强度提高了24.44%, 热态抗拉强度提高了14.78%, “8”字块砂芯总重量提高了7.82%, 可以应用在铸钢件生产上。应用在冷芯工艺中初始强度和24 h终强度分别提高了30.49%和43.69%, 具有很好的应用前景。

关键词: 石英砂; 整形处理; 堆积密度; 角型系数

石英砂是重要的铸造原辅材料, 根据统计, 每吨砂型铸件平均消耗1 t新砂, 每吨不锈钢铸件消耗1.5 t新砂, 在我国甚至于世界范围内应用砂型生产铸件占采用各种铸型生产铸件的80%以上。目前国内铸铁生产使用的硅砂, SiO₂含量在90%~93%, 主要铸铁用砂的产地为内蒙古通辽至辽宁彰武沿线和河北围场一带。该地区的硅砂具有含硅量适中、粒形圆整、含泥量低的特点。铸钢生产使用的硅砂, 要求耐火度高, 一般多采用福建地区的海砂和海南地区的海砂。目前也有使用人工破碎的石英砂用于铸造生产的, 但由于人造硅砂为尖角, 形状差, 易破碎, 铸造使用有一定的弊端。体现在做砂型/芯时强度低。砂芯堆积不密实, 砂芯重量比天然硅砂轻, 导致金属液容易钻入砂芯中。针对石英砂形状进行处理, 目前国内进行这方面的研究还比较少, 吕德志、张明臣、周静一等人曾经采用机械方式对石英砂进行整形^[1-2], 通过研磨的方法能达到一定的处理效果。

本研究针对破碎石英砂在铸造中使用效果差的现状, 通过自制的整形机对人工破碎的石英砂进行整形处理, 减少破碎石英砂表面的尖角, 提高其在树脂砂中的强度, 提高砂芯的致密度。使破碎石英砂能满足铸造使用。这对扩大破碎石英砂在铸造中的应用有重大的意义。

1 试验材料与方法

本试验研究采用自制的整形设备, 探究了不同处理次数、不同处理频率对石英砂整形效果的影响。

1.1 试验材料

破碎石英砂、海南砂、冷芯盒树脂、三乙胺、热塑性酚醛树脂(SQ1904)、乌洛托品、工业级硬质酸钙。

1.2 试验设备

树脂砂混砂机、WYS液压万能强度试验机、筛砂机、涡式洗砂机、冷芯制芯机、石英砂整形设备: 自制覆膜砂混砂机、角型系数测试仪。

作者简介:

钟飞升(1988-), 男, 学士, 研究方向为铸造用硅砂表面处理, 特种覆膜砂制造及铸造废砂再生工艺。电话: 13065343977, E-mail: 360058065@qq.com

中图分类号: TG221

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2021)

04-0465-04

收稿日期:

2020-08-03 收到初稿,

2020-09-13 收到修订稿。

1.3 试验步骤

称取100 kg的破碎石英砂，按固定流速流经到自制的整形设备，取样留够检测。剩余砂样再按以上步骤进行处理，共处理4次，得到不同整形次数的试验砂。最后对整形后的石英砂进行除尘处理，降低含泥量。改变整形机的频率，重复以上试验，验证频率对整形效果的影响。

1.4 性能测试

(1) 砂性能检测：根据GB/T2684—2009进行，检测含泥量、角型系数、堆积密度。

(2) 冷芯强度测试：在SHY树脂混砂机中分别加入破碎石英砂、整形石英砂和冷芯盒树脂制备树脂砂，树脂中组分I与组分II的质量比为50：50，硅砂与树脂的质量比为100：1.4，然后混砂3 min。采用RLA1式冷芯制样机将树脂砂制成标准“8”字型试块，采用WYS液压万能强度试验机测定标准“8”字型试块0、24 h的抗拉强度值，每次测定以3个试块为一组，然后求平均值分别记为 σ_{0h} 和 σ_{24h} 。

(3) 覆膜砂强度检测：将破碎石英砂（或整形石英砂、海南砂）加热到设定温度，然后加入到覆膜砂混砂机中，再加入设计重量的热塑性酚醛树脂，搅拌60 s后加入固化剂水溶液，搅拌60 s后，加入钙粉搅拌20 s，将砂排出设备冷却获得覆膜砂。按标准检测覆膜砂热态强度和常温强度、抗折强度、砂块重量。

含泥量的变化，整形机的转速1 500 r/min。从表中可以看出，破碎石英砂经过整形处理后，砂粒度变细了。整形机的原理是通过设备对砂进行磨擦，砂与砂进行相互碰撞，这样反复进行将砂的尖角和表面一部分去除掉，达到硅砂整形的效果。因此经过磨擦处理之后会造成粒度变细，砂中粉尘增加。

对整后的石英砂进行除尘处理，并检测砂的堆积密度，结果见表2，光学显微镜观察砂的表面形貌，结果见图1-3，通过角型系数测试仪，测试角型系数测试原理：角型系数 $E=S_w/S_n$ ，其中， S_w 为实际比表面积（ cm^2/g ）， S_n 为理论比表面积（ cm^2/g ）。理论比表面积采用平均筛孔法进行计算，实际比表面积测试原理采用钟罩式比表面测定装置^[3]。

从表2中可看出，经过整形处理的石英砂堆积密度呈上升趋势。经过1~4次整形后，石英砂的堆积密度分别提高了：7.51%、9.9%、9.22%、10.58%。砂之间堆积密实了，在铸造中使用能有效防止粘砂。从图2和图3中对比可以看出，经过整形处理的石英砂在某些尖角部位已经处理掉，表面变得圆润；通过角型系数的对比，经过4次整形后，石英砂角型系数从1.46降低到了1.30，达到了对石英砂进行整形处理的目的。从处理次数上分析，经过2次整形处理后，石英砂的堆积密度和角型系数已经没有明显的提升，说明再增加处理次数已经不能再改善石英砂的粒型。在实际生产中建议整形2次，可以减少能耗，提高效率。

2 试验结果与分析

2.1 整形前后石英砂性能对比

表1为破碎石英砂经过不同整形次数后砂粒度变和

2.2 整形机转速对处理效果的影响

表3为以不同转速的整形机处理破碎石英砂的结果。通过对比能看出，整形的效果与转速有较大的关

表1 整形次数与石英砂粒度及含泥量的关系

Table 1 Relationships between sand fineness, dust content and shaping treatment times

整形次数	石英砂粒度						总和	AFS	含泥量/%
	40	50	70	100	140	200			
0	5.8	17.3	15.9	4.9	2.2	3.9	50.00	58.6	0.233
1	4.76	15.55	15.7	5.85	2.71	5.52	50.09	59.95	0.313
2	4.34	14.77	16.02	6.22	3.17	5.79	50.31	61.32	0.334
3	3.36	13.01	16.57	7.93	3.63	5.58	50.08	62.88	0.335
4	4.35	14.25	15.71	7.24	3.74	4.9	50.19	60.82	0.352

表2 整形次数与砂性能关系

Table 2 Relationship between shaping treatment times and sand properties

整形次数	堆积密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	角型系数
0	1.46	1.46
1	1.57	1.37
2	1.61	1.31
3	1.60	1.29
4	1.62	1.30

系, 转速为1 200 r/min时处理效果好。整形机的原理是通过砂与旋转的研磨棒接触, 在切削作用下将砂尖角等脆弱的位置处理掉, 同时砂与砂之间的运动摩擦也会将尖角打磨掉。转速太高时, 一方面对设备的稳定性、平衡性要求较高, 另一方面转速高之后对砂有破坏作用, 导致砂重新被打碎。综合处理效果和设备的平衡性要求, 可以选1 200 r/min的转速, 共处理4次的方式对破碎石英砂整形, 可获得较理想的效果。

2.3 整形石英砂在覆膜砂中的应用效果

分别取20 kg规格为50/100的破碎石英砂、整形石英、海南砂分别按表4的条件混制覆膜砂, 对比性能指标, 检测结果见表5。从表中对比可以看出, 经过整形处理的石英砂做覆膜砂后, 常温强度有明显的提高, 整形石英砂的常温抗折强度比石英砂提高了73.41%, 常温抗拉强度提高了24.44%, 热态抗拉强度提高了14.78%。“8”字块砂芯总量提高了7.82%。整形后强度提高, 是由于经过整形处理后, 角型系数降低, 覆膜砂堆积变密实了, 因此强度、砂芯重量均上升了。通常用树脂砂工艺生产铸钢件时, 必须采用硅含量 $\geq 95\%$ 耐火度高的海砂。石英砂虽然硅含量较高(经过检测硅含量达98%), 但粒形差, 导致强度低, 树脂加入量高。经过整形处理之后能很好解决石英砂强度低的问题。

2.4 整形石英砂在三乙胺冷芯盒工艺中的应用效果

分别取2 kg的破碎石英砂、整形石英砂、海南砂。按冷芯强度测试条件, 检测以上2种砂的抗拉强度。结果如表5, 经过整形处理的石英砂与石英砂对比, σ_{0h} 和 σ_{24h} 分别提高了30.49%和43.69%。砂芯重量提高了6.73%。经过整形处理的石英砂, 强度与海南砂接近。冷芯盒砂强度提高的原因, 是由于经过整形处理去除尖角后, 堆积密度增加, 砂粒与砂粒之间的连接点增加, 因此提高了砂芯的强度。

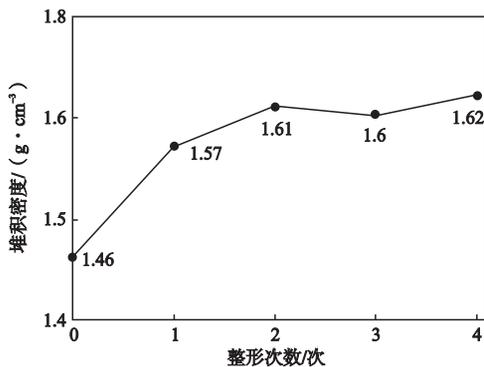


图1 整形次数与堆积密度关系

Fig. 1 Relationship between shaping treatment times and packing density

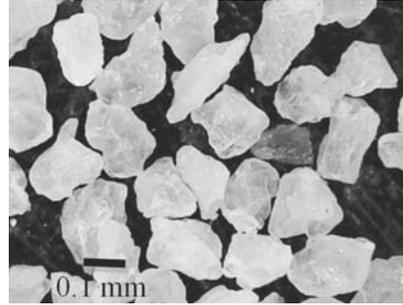


图2 石英砂

Fig. 2 Quartz sand

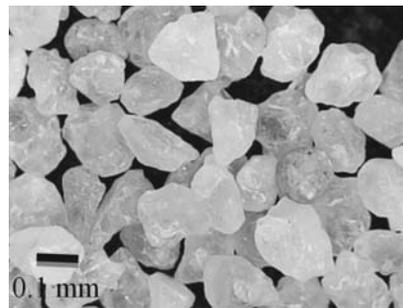


图3 整形4次石英砂

Fig. 3 Quartz sand after shaping treatment for 4 times

表3 整形机转速与处理效果

Table 3 Speed and treatment effect of shaping machine

整形机转速/(r·min ⁻¹)	堆积密度/(g·cm ⁻³)	角型系数
0 (原砂)	1.46	1.46
900	1.50	1.40
1 200	1.62	1.30
1 500	1.50	1.43

表4 覆膜砂混砂工艺条件

Table 4 Precoated sand mixing process conditions

砂类型	树脂量/g	固化剂/g	清水量/g	钙粉/g
石英砂				
海南砂	460	69	220	24
整形石英砂				

表5 覆膜砂性能

Table 5 Properties of precoated sand

砂类型	抗折强度/kPa	热抗拉强度/MPa	常温抗拉强度/MPa	8字块重量/g
石英砂	0.32	1.15	2.7	28.63
海南砂	0.50	1.20	3.26	30.01
整形石英砂	0.56	1.32	3.36	30.87

表6 冷芯砂性能

Table 6 properties of cold core box sand

砂类型	σ_{0h} /MPa	σ_{24h} /MPa	砂芯总量/g
石英砂	0.610	0.634	56.78
整形石英砂	0.796	0.911	60.60
海南砂	0.820	0.950	60.25

3 结论

(1) 整形机的转速对处理效果有影响。采用1 200 r/min的转速对石英砂进行处理, 能达到理想的处理效果。转速太高, 石英砂容易被重新打碎。从能耗和效率角度考虑, 经过2次整形后, 再增加处理次数, 处理效果已经不明显。经过2次整形的石英砂与未整形相比, 堆积密度提高了10.27%, 角型系数从1.46降低到了1.31。

(2) 经过整形处理的石英砂用在覆膜砂工艺中, 能提高砂芯的强度。常温抗折强度比未整形的石英砂提高了73.41%, 常温抗拉强度提高了24.44%, 热态抗拉强度提高了14.78%。“8”字块砂芯总量提高了7.82%。

(3) 经过整形处理的石英砂用在冷芯盒工艺中初始强度和24 h终强度分别提高了30.49%和43.69%。

参考文献:

- [1] 吕德志, 张明臣, 周静一, 等. 整形硅砂生产线设计 [J]. 铸造设备研究, 1993 (6): 29-47.
- [2] 张明臣, 吕德志, 周静一, 等. 硅砂整形工艺及设备研究 [J]. 中国铸机, 1991 (20): 13-16.
- [3] 熊振茵, 赵再希, 何元祥. 铸造用砂比表面和角形系数的测定方法 [J]. 实验室研究与探索, 1992 (3): 73-77.

Application of Shaped Quartz Sand to Precoated Sand

ZHONG Fei-sheng¹, ZHANG Ya-dan¹, CHANG Cheng¹, ZHANG Xi-xing¹, LI Jia-bo¹, JI Yun-dong²

(1. Zhangwu Lian Xin Foundry Material Co., Ltd., Fuxin 123200, Liaoning, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, Hubei, China)

Abstract:

Quartz ore with more than 97% SiO₂ is an ideal raw sand for casting after crushing and screening. However, many sharp corners and dust are produced in the process of crushing, which leads to low strength of sand core, loose accumulation and easy to cause burning-on and core breaking. The dust content in the sand and sharp corners could be reduced by the surface treatment of quartz sand. Compared with untreated quartz sand, the angle coefficient of quartz sand with twice surface shaping treatment was reduced from 1.46 to 1.3, and the bulk density was increased by 10.27%. The flexural strength at room temperature was increased by 73.41%, the tensile strength at room temperature was increased by 24.44%, the tensile strength at hot state was increased by 14.78%, and the total weight of sand core of "8" block was increased by 7.82%. Therefore, the treated quartz sand can be used in the production of steel castings. In the cold core process, the initial strength and 24 h final strength were increased by 30.49% and 43.69%, respectively. These results demonstrate that the shaped quartz sand has a good application prospect.

Key words:

quartz sand; shaping; packing density; angle coefficient
