

# 三乙胺冷芯盒树脂砂再生

张俊杰<sup>1</sup>, 谭建波<sup>2</sup>, 申发田<sup>1</sup>, 刘 静<sup>1</sup>

(1. 新兴铸管股份有限公司, 河北邯郸 056300; 2. 河北科技大学材料科学与工程学院, 河北石家庄 050018)

**摘要:** 介绍了三乙胺冷芯盒树脂砂再生的工艺、方法及每种方法的优缺点, 阐述了检测再生砂的质量性能指标。通过热法和干法结合对三乙胺冷芯盒树脂废旧砂进行再生试验, 检测再生后的砂子质量, 并将再生后的砂子进行现场生产制芯。结果表明, 再生砂的大部分质量性能指标优于原砂, 再生砂与原砂按照一定比例进行制芯, 能满足生产需求。

**关键词:** 三乙胺冷芯盒树脂砂; 砂再生; 性能; 热法

随着经济的不断发展, 社会的进步, 人民环保意识的提高, 绿色铸造理念在铸造行业中已深入人心, 在《铸造行业“十三五”发展规划中》, 绿色铸造理念贯穿铸造生产的全过程。我国是世界上最大的铸件生产国, 铸件生产主要的固体废弃物是废砂, 占其总量的70%以上, 每年约产生3 000多万吨废砂, 大部分被倾倒, 对环境造成污染, 同时也浪费资源。废旧砂的再生循环利用已经迫在眉睫。目前, 很多铸造厂家已经开始对废旧砂进行回收处理再利用, 而且废旧砂循环再利用的比例在不断提高<sup>[1-2]</sup>。

## 1 砂再生工艺

砂再生主要是利用物理或者化学的方法将废旧砂砂粒表面的杂质、树脂膜等进行剥离清除, 提高砂粒的圆整度, 使废旧砂的物理化学性能恢复到原砂的状态。一般砂再生工艺主要包括预处理、再生处理和后处理三个阶段<sup>[3-4]</sup>。

### 1.1 砂再生方法

砂再生方法主要包括湿法再生、干法再生、热法再生和化学再生<sup>[4-6]</sup>, 具体如表1所示。

由于每种再生方法都有优缺点, 所以为了更好地进行砂再生, 充分利用资源, 结合单一再生方法优点, 将两种或两种以上的再生方法结合起来进行再生。组合再生方法产生的设备, 使再生系统更简单紧凑, 再生效果更好。

我厂制芯工艺主要采用三乙胺冷芯盒制芯工艺, 废旧砂残留的树脂膜具有较大的结合强度, 只用单一干法进行砂再生, 再生效果不理想, 所以要用组合再生方法进行砂再生, 即机械再生和热法再生组合。

### 1.2 再生砂质量性能指标

对废旧砂进行再生的目的是为了使其再生砂可以达到三乙胺冷芯盒制芯的要求。参照国家和企业标准, 主要包括粒度分布、外形、耗酸值、含水量、含泥量、灼烧减量等<sup>[7-9]</sup>。

#### 1.2.1 粒度分布

芯砂的粒度采用铸造用试验筛进行分析, 粒度分布反应了砂粒的颗粒大小及分布状态。不同的粒度分布和配比, 直接影响到砂芯的透气性和强度等性能。按照国家和企业标准, 三筛筛上物之和的含量要 $\geq 75\%$ , 四筛筛上物之和的含量要 $\geq 85\%$ 。

作者简介:

张俊杰(1985-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为球墨铸铁管相关工艺。电话: 13373002058, E-mail: zjj128934@126.com

通讯作者:

谭建波, 男, 教授, 博士, 硕士研究生导师。电话: 13834468266, E-mail: tanjian1998@163.com

中图分类号: TG221

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)09-1001-04

收稿日期:

2019-02-28 收到初稿,  
2019-05-09 收到修订稿。

表1 砂再生方法及其优缺点

Table 1 Reclamation methods of used sand and their advantages and disadvantages

再生方法	内容	优点	缺点
湿法再生	将废旧砂通过多次水洗, 溶解去除树脂膜中的可溶性脂和杂质等	再生效果较好, 性能质量接近新砂	能源消耗大, 占地面积大, 一次性投资高, 污水处理麻烦
干法再生	将废旧砂通过压缩空气或机械, 相互碰撞摩擦, 脱去砂粒表面树脂膜和杂质	设备结构简单, 投资少, 无二次污染	不适合韧性树脂膜, 再生率低
热法再生	将废旧砂通过焙烧炉加热到一定温度, 分解烧掉废旧砂砂粒表面有机物	对废旧砂具有改性作用, 性能优于新砂	产生废气, 能耗大
化学再生	将废旧砂通过沸腾的碱液, 进行选择性的溶解, 去除树脂膜或杂质	成本低, 工艺简单	强度低于新砂

### 1.2.2 外形

对于芯砂砂粒, 要求为球形、无棱、接近圆形, 颗粒均匀。

### 1.2.3 耗酸值

耗酸值直接反映了芯砂中碱性物质的含量。耗酸值越高, 表明砂芯中碱性物质的含量越高, 制芯过程中酸性固化剂加入量越高, 芯砂固化速度降低。碱性物质会破坏树脂膜的连续性, 所以要选择耗酸值低的树脂砂。按照国家标准, 树脂砂耗酸值 $\leq 5\%$ 。

### 1.2.4 含水量

三乙胺冷芯盒树脂砂粘结剂对砂子中的水分非常敏感, 砂子的含水量严重影响树脂的固化强度和速度。按照国家和企业标准, 芯砂含水量 $< 0.2\%$ 。

### 1.2.5 含泥量

含泥量主要指的是芯砂中, 直径小于 $0.02\text{ mm}$ 的细小颗粒的质量百分含量。芯砂中含泥量高, 降低树脂砂的强度和表面稳定性, 增加粘结剂加入量, 增加再生砂的灼烧减量。按照国家和企业标准, 芯砂含泥量 $\leq 0.3\%$ 。

### 1.2.6 灼烧减量

灼烧减量是芯砂中有机物树脂和固化剂的残留量, 是再生砂残存的可燃物的含量。灼烧减量越高, 再生砂发气量越大; 灼烧减量越低, 再生砂粉尘量增加, 制芯中树脂加入量增加。一般灼烧减量要求控制在 $< 3\%$ 。

## 2 砂再生试验

### 2.1 再生过程

采用机械再生和热法再生组合, 再生过程如图1所示。

### 2.2 试验过程

#### 2.2.1 废旧砂

对我厂产生的废旧砂芯进行装袋运往再生厂家, 如图2所示, 主要是砂芯碎块, 需要进行破碎。

#### 2.2.2 破碎

将废旧砂芯放入落砂机中进行初步破碎, 如果破

碎不完全, 通过下一道工序筛分, 返回落砂机进行二次破碎, 直至粒度符合砂再生要求。

#### 2.2.3 磁选

将破碎筛分后的废旧砂进入到磁选工序, 进行磁选, 主要是为选出废旧砂中金属杂物等。

#### 2.2.4 机械摩擦

对磁选后的废旧砂进行机械摩擦, 初步去除废旧砂表面的树脂膜和杂质。

#### 2.2.5 焙烧

破碎筛分后的废旧砂进入焙烧炉中进行焙烧。理论上将焙烧炉中的废旧砂加热到 $650\sim 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。本次试验中, 废旧砂加热焙烧温度在 $670\sim 750\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### 2.2.6 冷却筛分

对焙烧后的再生砂进行冷却, 达到适宜温度, 冷却后进行筛分, 将粒度不符合制芯使用的再生砂筛分出来。

### 2.3 再生砂检测

对再生砂的粒度分布、外形、耗酸值、含水量、含泥量、灼烧减量等进行检测, 并与原砂进行对比。



图1 再生过程

Fig. 1 Reclamation process

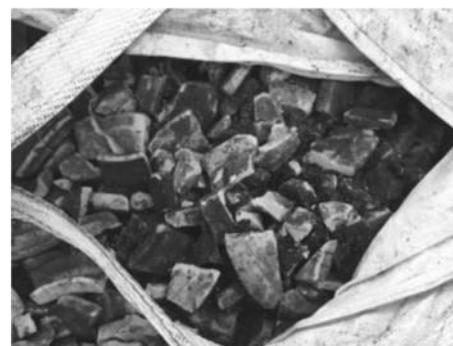


图2 废旧砂芯

Fig. 2 Used and broken sand cores

2.3.1 外观

对再生砂及原砂的宏观外观和微观进行对比,如图3所示。再生砂经过焙烧以后,颜色发红,无石墨残留。原砂粒形不好,有棱有角,颗粒不均匀,大小不一;再生砂棱角较少,粒形较好,趋于圆整。

2.3.2 粒度分布

对原砂及再生砂进行粒度筛分,如表2所示。由表2可知,再生砂50、70、100三筛筛上物之和比原砂增加,分别由75.6%增加到80%,68%到70.5%。第三方检测机构再生砂原砂粒度分布如图4所示。再生砂粒度分布整体向后移,即再生砂粒度小占比较原砂有所提高,整体变细。

2.3.3 灼烧减量、耗酸值、含泥量

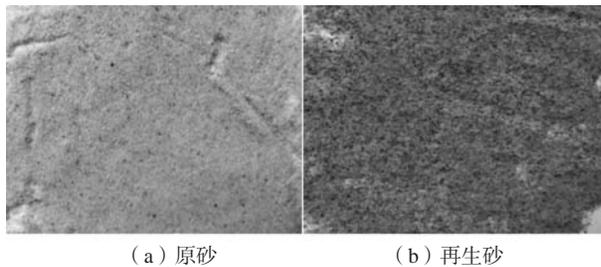
第三方检测机构分别对原砂和再生砂的灼烧减量、耗酸值、含泥量进行检测,结果如表3所示。由表3可知,再生砂灼烧减量减少,酸耗值增加,含泥量不变。《硅砂物化性能对树脂砂综合性能的影响》中提到,泥分和微粉主要是由石英和其他矿物的细粉组成,矿物细粉中还有很大比例的粘土和其他碱性氧化物,这些氧化物使耗酸值增多。圣泉检测的砂子,再生砂微粉含量都有所增加,即酸耗值增加<sup>[10]</sup>。酸耗值符合GB/T 9442—2010《铸造用硅砂》标准,≤5.0 mL。

2.3.4 抗拉强度

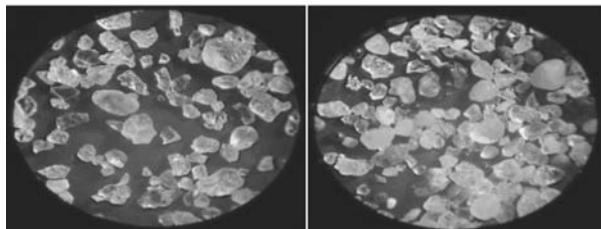
第三方检测机构分别对原砂和再生砂的抗拉强度进行检测,结果如表4所示。由表4可知,再生砂的即时、1 h、24 h抗拉强度都高于原砂。

2.4 再生砂应用

对试验的再生砂进行制芯应用,按照不同的比例



(a) 原砂 (b) 再生砂



(c) 原砂微观 (d) 再生砂微观

图3 成品再生砂及原砂宏观外观和微观

Fig. 3 Macrostructure and microscopic structure of reclaimed sand and original sand

原砂再生砂配比进行制芯,具体配比为,原砂:再生砂=15:85。树脂加入量按照正常生产加入量1.7%~2.0%,砂芯如图5所示。砂芯表面光滑,致密度高,无缺损,使用正常,浇注过程中无碎芯粘砂情况。

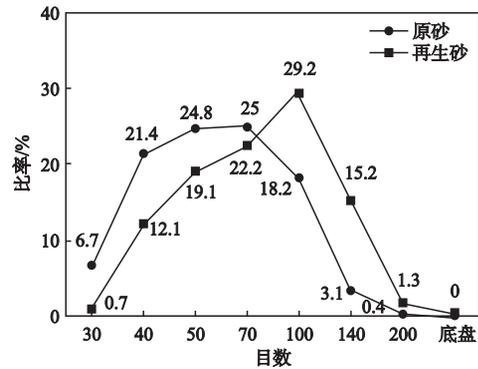


图4 原砂再生砂粒度分布

Fig. 4 Particle size distribution of reclaimed sand and original sand

表2 原砂及再生砂粒度

Table 2 Particle size of reclaimed sand and original sand

目数	筛孔残留/%			
	原砂		再生砂	
30	0.1	6.7	1.2	0.7
40	2.2	21.4	10.7	12.1
50	19.0	24.8	24.0	19.1
70	32.7	25.0	24.2	22.2
100	23.9	18.2	31.8	29.2
140	11.9	3.1	6.2	15.2
200	7.2	0.4	1.7	1.3
底盘	3.2	0.0	0.2	0.0

注:原砂第1列、再生砂第1列为本厂自己检测;原砂第2列、再生砂第2列为第三方检测机构检测。

表3 原砂再生砂性能

Table 3 Performance of reclaimed sand and original sand

砂	灼烧减量/%	酸耗值/mL	含泥量/%
原砂	0.28	1.42	0.2
再生砂	0.14	1.93	0.2

表4 标准砂、原砂和再生砂的抗拉强度

Table 4 Tensile strengths of of standard sand, original sand and reclaimed sand

砂	树脂加入量/%	温度/°C/ 湿度/%RH	抗拉强度/MPa			
			5 s即时	1 h	24 h室温	24 h高湿
标准砂			0.74	1.41	1.81	1.06
原砂	1.6% 1:1	16.6/20	0.52	0.93	1.42	1.01
再生砂			0.72	1.18	1.71	1.20

注:表4结果是纯原砂和纯再生砂的抗拉强度,未进行配比混制,原砂为破碎砂。

### 3 结论

(1) 再生砂宏观颜色发红,但在微观放大100倍下,颗粒比较干净,与原砂区别不明显,无石墨残留,含泥量不变。

(2) 在一定范围内,随着砂子粒度的变细,砂子抗拉强度增加。

(3) 再生砂灼烧减量比原砂减少,说明焙烧效果较好,符合预期。

(4) 再生砂耗酸值比原砂增多,主要是由于再生砂微粉含量有一定的增加,微粉中的矿物细粉含有很大比例的粘土和其他碱性氧化物,这些氧化物使耗酸值增多,但是酸耗值 $\leq 5.0$  mL,符合GB/T 9442—2010《铸造用硅砂》标准;在 $\leq 5.0$  mL这个范围内,酸耗值的增多对树脂加入量的影响需要后续试验进行验证。

(5) 再生砂与原砂按照一定比例配比进行制芯,砂芯外表光滑、致密,浇注过程中无碎芯粘砂情况。

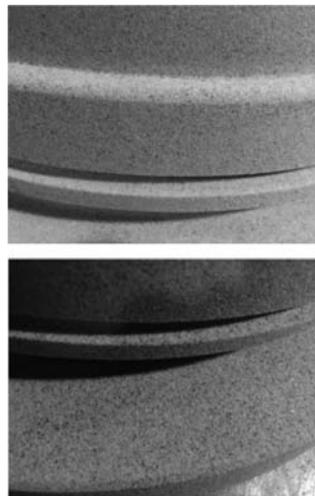


图5 原砂、再生砂按照一定配比生产的砂芯  
Fig. 5 Sand core produced by original sand and reclaimed sand with a ratio of 15 : 85

#### 参考文献:

- [1] 熊鹰,孙伟民. 铸造砂再生技术及应用 [C]// 中国机械工程学会铸造分会. 2008中国铸造活动周论文集. 2008: 56-64.
- [2] 鲁永杰. 铸造废砂再生处理与节能技术的应用 [J]. 铸造, 2008, 157 (8): 830-833.
- [3] 孙学忠,刘树藩. 砂再生概述 [J]. 铸造设备研究, 1997 (5): 17-21.
- [4] 许荣福. 含冷(热)芯盒砂粘土旧砂的再生应用 [D]. 济南: 山东建筑大学, 2010: 8-10.
- [5] 邢婉婷,刘越,刘蕾,等. 铸造旧砂再生的研究进展与应用 [J]. 铸造, 2015, 64 (8): 735-739.
- [6] 齐亚平,李克强,刘婧,等. 旧砂再生工艺探索与应用 [J]. 中国铸造装备与技术, 2017 (2): 73-74.
- [7] 新兴铸管股份有限公司质量部. 铸造用芯砂: Q/XPB 04066-2014 [S]. 邯郸: 新兴铸管, 2014.
- [8] 全国铸造标准化技术委员会. 铸造用硅砂: GB/T 9442-2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [9] 孙清洲,孙学忠,庄云海. 热法再生覆膜砂的特点与应用 [J]. 铸造, 2002, 51 (7): 450-452.
- [10] 金桂芹,闫涛,陈翠凤. 硅砂物化性能对树脂砂综合性能的影响 [J]. 铸造技术, 2015, 36 (1): 180-181.

## Reclamation of Tri-Ethylamine Cold Box Resin Bonded Sand

ZHANG Jun-jie<sup>1</sup>, TAN Jian-bo<sup>2</sup>, SHEN Fa-tian<sup>1</sup>, LIU Jing<sup>1</sup>

(1. Xinxing Ductile Iron Pipe Co., Ltd., Handan 056300, Hebei, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, Hebei, China)

#### Abstract:

The reclamation process and methods of tri-ethylamine cold box resin bonded sand and the advantages and disadvantages of each method are introduced. The quality performance indexes of reclaimed sand are expounded. The reclamation experiment of tri-ethylamine cold box resin bonded used sand was carried out by a combination of thermal method and dry method, and the quality of the reclaimed sand was tested, and the cores were produced with reclaimed sand. The results show that the most of quality performance indexes of reclaimed sand are better than that of original sand, and sand cores produced by reclaimed sand and original sand in a certain ratio can meet the production requirements.

#### Key words:

tri-ethylamine cold box resin sand; sand reclamation; performance; thermal method