

铸造混合型废砂的湿法再生及再生砂性能分析

戴伟平

我国每年实型铸造的铸件产量约为4000多万吨，已成为全球第一产量大国，铸造废砂的再生循环利用已刻不容缓。我国大量排放的铸造废砂中以混合型废砂为主，占总量的70%以上，主要构成为湿型砂和芯砂的混合物，主要成分为二氧化硅、煤粉、膨润土、少量涂料骨料及树脂残炭等。

近年，我国的混合型废砂的再生取得一些进展，最具代表性的工艺是热法焙烧结合机械再生的方法，但由于在机械再生过程中存在砂子粉化严重、粒径不断变小、酸耗值累积升高等不足，造成了砂子循环寿命短、再生砂回收率不高、砂芯强度下降，以及大量细粉二次应用开发难度大等不利因素，以致这种工艺方法的推广使用受到较大阻碍。

本文研究的混合型废砂的湿法再生工艺能较好避免以上存在的问题，并成功实现了玉柴铸造厂混合型废砂再生循环利用的产业化生产。

一、混合型废砂的湿法再生

混合型废砂再生循环利用工艺流程如图1所示。

该工艺对废砂中的杂质去除效果好，再生砂品质高，各项技术指标稳定，再生砂回收率高于95%；采用了水处理系统，擦洗用水经处理后符合工业用水要求，可直接循环回用；产生的污泥含有效煤粉及膨润土的比例较大，经压滤、烘干和粉碎可生产复合粉用于造型，废砂综合利用率达到了100%；由于采用了湿法作业，产生的扬尘小，前处理及干化过程的少量扬尘采用脉冲除尘器集中回收，可有效避免粉尘污染；整个工艺工序简洁，自动化程度高，可任意设计和建设不同处理量的生产线，而且均具有很高的生产效率。

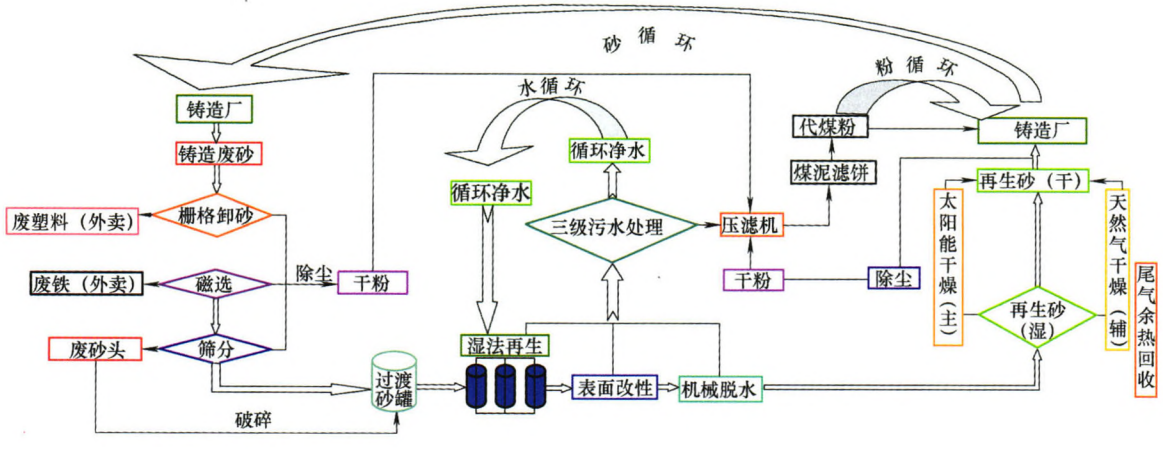


图1　混合型废砂再生循环利用工艺流程

二、分析结果与讨论

1. 常规性能数据统计分析

表1是对约7万t玉柴混合型废砂再生生产及1.2万t大林砂进货常规检测数据的结果进行统计分析。由于湿法再生是在水乳状下对旧砂进行柔性擦洗，所以虽然经过多次循环再生，再生砂的粒径与新砂一致，非常稳定，再生砂对砂含量的回收率平均也高达95%；采用多缸串联连续擦洗，擦洗停留时间达45～50min，杂质去除干净，砂子棱角得到打磨整形，因此其含泥量、角形系数、强度等性能指标好于新砂，灼烧减量也与大林新砂一致；在湿法再生的后端对砂子进行了表面改性和精处理，酸耗值、树脂砂可使用时间及砂子表面特性等性能指标也优于新砂。

2. 再生砂与大林新砂的红外比对分析

图2结果显示，再生砂与大林新砂具有比较相似的红外吸收曲线谱图，说明再生砂基本成分与大林新砂一致，湿法再生过程对杂质的去除效果比较好；再生砂的曲线在约817cm^{-1}附近产生一吸收峰，对照标准图库和参考相关文献后，发现其与碳化硅吸收峰相似。

3. 表面微观形貌

采用体视显微镜观察，其微观形貌如图3所示，结果见表2。

观察结果显示，再生砂表面已无明显煤粉和膨润土等杂质，部分砂子白色，呈较透明状，外观与大林新砂一致；部分砂子表面有较薄的灰色带光泽物质，呈半透明状，搓擦时发现其强度很高，难于剥落，如该物质是粘土膜等杂质，那么按常识用它制作“8”字块的树脂砂强度、再生砂的烧结点肯定要远低于新砂，如不是粘土膜，那就只有一种可能，即砂子表面在铸造浇注过程可能产生了一种新的物质，根据再生砂红外谱图在817cm^{-1}附近出现的与碳化硅相似的吸收峰，结合相关文献，本文对这种物质做出如下推断。

根据相关文献研究的结果，

表1　常规检测数据结果

项目		再生砂	大林砂
废砂处理量/t		70000	—
废砂中含砂量/t		59640	—
再生砂产量/t		56630	12300
再生砂回收率（%）		95	—
AFS值		50～55	50～55
1000℃灼烧减量（%）		≤0.35	≤0.35
含泥量（%）		≤0.15	≤0.20
含水量（%）		≤0.10	≤0.20
角形系数		≤1.30	≤1.35
烧结点/℃		约1420	约1400
酸耗值/mL		4～5	6～7
树脂砂可使用时间/h		3～3.5	2～2.5
冷芯强度	即拉均值/MPa	1.45	1.40
	终强度均值/MPa	1.82	1.51

注：强度检测采用玉柴化工YC201、YC202冷芯盒树脂，加入量为1.5%。

表2　微观形貌观察结果

砂样	颜色、粒状、形貌
废砂	表面黏着煤粉和膨润土等杂质，黑色，有光泽，粒状杂乱不规整。砂样表面有凹坑存在，但被煤粉和膨润土覆盖
再生砂	表面无明显煤粉和膨润土等杂质，粒状均杂乱不规整，砂样表面均有凹坑存在；部分砂子白色，呈较透明状；部分砂子灰色，有光泽，呈半透明状
大林新砂	表面无杂物，白色，呈较透明状，粒状杂乱不规整，砂样表面有凹坑存在

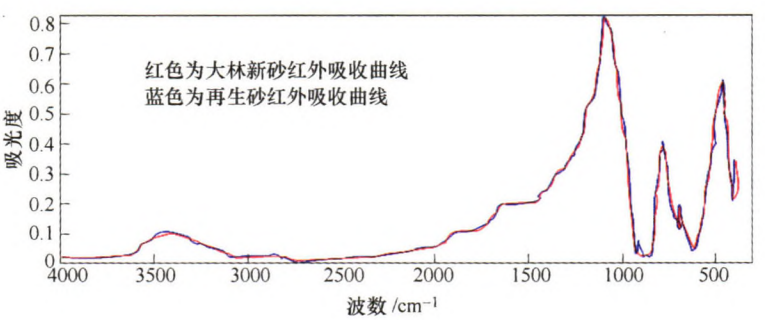


图2　再生砂与大林新砂的红外比对分析谱

在醇类或酯类、醚类等与二氧化硅同时存在的条件下，以镁、铝等为催化剂，在一定压力下，即使在较低温度下也可生成碳化硅。

高纯碳化硅为白色透明，但由于铁等杂质的存在，所以在体视显微镜的观察下表现为浅灰色半透明，常规目视观察为灰色。

4. 砂子表面SEM分析

大林新砂与再生砂的SEM分析如图4、图5所示。

从图4可以看出，大林新砂表面凹坑多而深，棱角大，有明显裂纹和碎片，比表面积比再生砂大，表面二氧化硅晶体结构明显，其他物质极少；图5显示再生砂表面比较平整，凹坑较浅，棱角小，无明显裂纹和碎片，比表面积小；表面二氧化硅晶体结构明显，间杂分布有碳化硅的晶须团筑，其他物质极少，这表明再生砂表面质量好于新砂。

5. 高温性能的测定

图6、图7为大林新砂和再生砂的高温性能测定对比。

从图6可以看出，再生砂的膨胀率比大林新砂膨胀率约低20%，再生砂膨胀阶段的曲线更为缓和，这对生产铸件减少脉纹缺陷有利；图7的结果显示，同等条件下，再生砂比大林新砂的耐热时间提高约10%，这对铸件减少烧结及粘砂缺陷有利。这都说明再生砂比新砂具有更好的耐高温性能。

6. 再生砂实际使用效果

玉柴铸造中心L3000机体主体芯分别使用再生砂与新砂制芯，再生砂生产的铸件质量完全能满足技术要求。与新砂生产的铸件相比，内腔无脉纹、烧结及粘砂，易清理。

三、结语

（1）湿法再生工艺是铸造混合型废砂再生循环利用非常有效的方法，再生砂的回收率高于95%，品质高，各项常温性能、高温性能和综合使用性能均优于其新砂，再生过程清洁环保，综合利用率达100%。玉柴铸造混合型废砂再生循环利用产业化的成功在铸造行业内具有推广示范意义。

（2）通过对再生砂表面进行SM、IR、SEM等多种手段的表征分析表明，再生效果优良，再生砂基本成分与新砂一致，经过浇注及再生处理后，再生砂表面较平整，凹坑浅，无明显裂纹及碎片，比表面积小，且再生砂表面在特定的条件下生成碳化硅，正是这些变化促使再生砂的常温性能及高温性能均优于新砂。



（a）废砂表面微观形貌　（b）再生砂表面微观形貌　（c）大林新砂表面微观形貌

图3　表面微观形貌

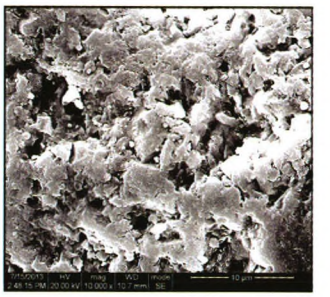
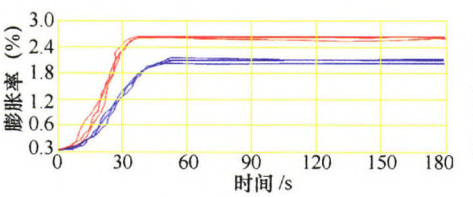


图4　大林新砂的SEM分析

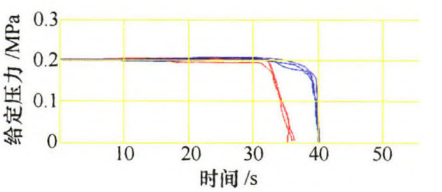


图5　再生砂的SEM分析



红色曲线为大林砂
蓝色曲线为再生砂

图6　高温膨胀率对比分析



红色曲线为大林砂
蓝色曲线为再生砂

图7　耐热时间对比分析

作者简介：戴伟平，广西玉林玉柴工业化工有限公司，董事长。

MW 20140407