

铸元素在铸造生产中的应用探析

庞超敏¹ 相士强² 李新峰¹ 任豹子¹ 赵新武¹

(1 西峡县内燃机进排气管有限责任公司, 河南 西峡 474500)

(2 山东旭光德瑞高新材料股份有限公司, 山东 临邑)

摘要:

湿型砂造型一直使用膨润土和煤粉作为湿型砂造型粘结剂和防粘砂材料, 铸元素^[1]是一种可替代膨润土和煤粉的造型材料; 是一项专利技术。它的加入量少, 工艺性能稳定, 在工艺相同的条件下铸件外观质量好, 掉砂、粘砂缺陷明显减少, 提高了成品率, 节约了成本。特别值得一提的是型砂中没有煤粉, 铁液在浇注过程中, 没有煤粉的燃烧而带来的空气污染, 也没有煤粉的燃烧而带来的 MgO , 也没有煤粉中的 S 与 Mg 结合而产生的 MgS 。对于球墨铸铁而言, 镁的化合物减少了, 对改善球墨铸铁表层衰退石墨起到了关键的作用。对高低温状态下使用的排气歧管, 由于表层片墨层的减少, 降低了排气歧管裂纹产生的风险。

关键词:

铸元素 掉砂 粘砂 成品率 成本 衰退石墨

一 问题的提出

亨通铸造使用湿砂型造型以来, 一直使用煤粉作为湿砂型防粘砂材料。在当时的条件下, 煤粉对铸件防粘砂起到了应有的作用, 以亨通铸造生产 3613 为例, 2017 年全年共生产 3613 铸件 322211 支, 掉砂废品 3033 支, 在废品分析中铸件掉砂废品排名第一, 为降低铸件废品率, 提升产品质量, 降低掉砂、粘砂废品势在必行。

市场对铸件外观质量的要求更为严格, 也对我们生产铸件单位提出更高的要求。另外混砂工序是公司最大的污染源, 煤粉质轻色黑; 膨润土质轻白色, 在存储、搬运、添加及型砂混制过程中灰尘飞扬, 充斥整个车间, 这在我们公司有目共睹, 随着国家对环境的要求越来越严, 煤粉和膨润土很难适应现在铸造生产的要求。

实际生产表明: 不加入新砂, 用溃散覆膜砂代替新砂, 由于溃散覆膜砂表层残留的惰性树脂膜具有憎水性削弱了与水化膜的结合强度, 影响到了型砂的性能, 随着旧砂中覆膜砂数量的增加, 型砂的热湿拉强度和表面耐磨性降低; 导致废品率上升; 如加入新砂, 势必要增加膨润土和煤粉的加入量, 还需定期排放一部分旧砂以保持砂处理系统的砂量平衡, 提高了生产成本, 同时还增加了铸造过程固体废弃物的排放量, 污染了环境。因此新的铸型材料加入后要改善型砂的韧性和起模性, 提高型砂的热湿拉强度, 抗夹砂能力和表面耐磨性, 和型砂的流动性; 在不降低型砂湿压强度的前提下, 消除覆膜砂砂芯加入对粘土砂性能的不利影响, 并增强型砂的抗粘砂性能。

二. 铸元素粉特点、技术指标及使用方法对含大量覆膜砂的型砂性能的影响

企业需要一种新的铸型材料, 在加入后要改善型砂的韧性和起模性, 提高型砂的热湿拉强度, 抗夹砂能力和表面耐磨性, 和型砂的流动性; 在不降低型砂湿压强度的前提下, 消除覆膜砂砂芯加入对粘土砂性能的不利影响, 并增强型砂的抗粘砂性能。

得益与铸协专家的介绍, 一种新的造型材料——铸元素粉, 已投入市场应用。铸元素粉

是以优质钠基膨润土、高碳防粘砂材料、α 淀粉及其他有机物质为基础开发出了铸元素粘土湿型砂混合添加料。

铸元素粉特点：

- 1. 加入量比一般膨润土、煤粉总和减少一半左右。
- 2. 型砂韧性好，提高起模强度。
- 3. 流动性好，便于充型紧实。
- 4. 保存性好，防止风干失去强度，特别是热砂。
- 5. 水分加入量减少 15-20%，可防止气孔的产生。
- 6. 旧砂含泥量减少，降低新砂加入量。新砂加入量减少 60%，含 10%以下的芯砂可完全不加，保持用砂量的平衡。
- 7. 有效的解决了大量使用覆膜砂、三乙胺砂给型砂造成的脆性。
- 8. 铸件表面光洁度提高，消除了铸件冲砂、结疤缺陷。
- 9. 复用性好，可长时间保持低加入量。
- 10.减少粉尘和浇注时烟气的污染。
- 11.混砂机卸料装置可减少一个。
- 12.浇注后开箱的砂块显著容易散落，可简化破碎设备。
- 13.不产生煤粉的自然现象，消除了安全隐患。
- 14.综合成本下降 10-15%。

三 型号及技术指标

铸元素型号及技术指标 见表 1。

表 1 铸元素型号及技术指标

型号	吸蓝量 (ml/g)	湿压强度 (KPa)	热湿压强度 (KPa)	微挥发 (%)	挥发份 (%)	光亮碳 (%)	粒度 140 目通过率 (%)	含硫 (%)	PM 2.5 值
XZ65	≥25	≥90	3.5-5	≤12	12-20	4-6	≥90	≤0.2	≤150
XZ70	≥27		3.5-5		11-19	4-6			
XZ75	≥28	≥95	3.5-5		10-18	3-5			
XZ80	≥30		3.5-5		9-18	3-5			

备注：我公司可根据用户情况，进行调配制作。

四 使用方法

- 1. 使用现有的砂处理膨润土仓存放铸元素粉；原来的煤粉仓存放膨润土，膨润土作为备用，以解决不同产品铸件，对型砂强度引起的波动，用来调剂强度的波动。
- 2. 原混砂工艺不变。

铸元素粉在型砂浇注过程中的作用如下：

- 1) 铁液的高温作用，铸元素粉的有机纤维质产生大量还原性气体，防止铁液被氧化并可使铁液表面的氧化铁还原，减少金属氧化物和型砂进行化学反应的可能性。型腔中还原性气体主要来自铸元素粉热解生成的挥发分。
- 2) 铸元素粉受热后的矿物质等开始软化，具有可塑性。如果由开始软化至固化之间温度范围比较宽和时间比较长，则可缓冲石英颗粒在改变温度区间受热而形成的膨胀应力，从而可以减少用砂型受热膨胀而产生的铸件夹砂缺陷。

3) 铸元素粉受热后产生胶质体，胶质体的体积膨胀部分堵塞砂型表面沙粒间的孔隙，使铁液不易渗入。

五 试验前后型砂性能对比

为防止型砂质量波动大，造成铸造废品的增加，原有的混砂工艺不变。见表 2、表 3。将膨润土和煤粉由铸元素粉进行替换。

1 混砂工艺不变 见表 2

混砂工艺不变(表 2)

前后比对	干混时间（秒）	预混时间（秒）	湿混时间（秒）
使用膨润土和煤粉	15	80	30
使用铸元素粉	15	80	30

2 膨润土、煤粉黏土湿型砂和铸元素型砂配比 见表 3

膨润土、煤粉黏土和铸元素湿型砂型砂配比（表 3）

加入量 前后对比	混砂重量 (KG)	新砂加 入量	膨润土加 入量 (Kg)	煤粉加入 量 (Kg)	铸元素粉加 入量 (Kg)	灰分加入 量 (Kg)
使用前	1200	0	8.4	7.2	0	1
稳定后	1200	0	0	0	8.5	3

3 采用铸元素前后型砂性能 见表 4

由表 1、表 2、表 3 可以看出采用铸元素取代型砂中的膨润土和煤粉，在不加新砂（本公司原混砂工艺不添加新砂）的情况下，用含大量覆膜砂芯砂的粘土旧砂混制的型砂和采用旧砂、膨润土和煤粉在相同工艺条件下混制的型砂相比，湿压强度、透气性、紧实率相近，热湿拉强度明显提高，由此可见采用铸元素和含大量覆膜砂芯砂的粘土砂旧砂混制粘土型砂，可以消除大量覆膜砂芯砂混入对型砂性能的不利影响。

基于上述试验结果，在型砂系统实施铸元素逐渐取代膨润土和煤粉。为保证生产的正常进行，以免型砂性能产生大的波动，造成批量废品，我们采用在原有膨润土、煤粉湿型黏土旧砂的基础上添加铸元素，在工作过程中采取逐渐由铸元素替代旧砂中膨润土和煤粉，经过一段时间的循环，旧砂中的膨润土和煤粉就完全由铸元素所代替。过渡期间型砂的配比及性能如表 4 和表 5 所示。

表 4 采用铸元素前后型砂性能

型砂性能对比	紧实率 (%)	透气性	湿压强度 (Pa)	热湿拉强度 (Pa)	水份 (%)	旧砂水份 (%)	含泥量 (%)
使用前	28-31	120-150	0.12-0.16	5.34	3.2-3.6	0.4-0.7	8.5-10
稳定后	28-31	140-170	0.12-0.15	6.3	3.0-3.4	1.2-1.8	8.5-10

4 过渡期间型砂配比 见表 5

表 5 过渡期间型砂配比

加入量 不同对比	混砂重量 (KG)	新砂加 入量	膨润土加入 量 (Kg)	煤粉加入量 (Kg)	铸元素粉加 入量 (Kg)	灰分加入 量 (Kg)
1-8 天	1200	0	5	0	13	0
9-14 天	1200	0	3	0	11	3
15-21 天	1200	0	0	0	10	5
22-32 天	1200	0	0	0	9	3
33 天以后	1200	0	0	0	8.5	3

在使用铸元素粉期间，调整铸元素粉的加入量的前提以型砂检测结果不出现大的波动为前提，根据生产铸件大小和起模的不同，及时调整铸元素粉和膨润土的加入量，并对生产的

铸件及时进行检验，查看铸件的外观及废品，防止批量问题的出现，造成成本的浪费。

5 过渡期间型砂性能 见表 6

表 6 过渡期间型砂性能

型砂性能对比	紧实率 (%)	透气性	湿压强度 (Pa)	水份 (%)	旧砂水份 (%)	含泥量 (%)
1-8 天	28-31	130-160	0.13-0.17	3.0-3.6	0.4-0.7	8.5-10
9-14 天	28-31	130-160	0.14-0.18	3.0-3.6	0.6-1.0	8.5-10
15-21 天	28-31	140-170	0.14-0.18	3.0-3.6	1.0-1.5	8.5-10
22-32 天	28-31	140-170	0.12-0.16	3.0-3.5	1.3-2.2	8.5-10
33 天以后	28-31	140-170	0.12-0.15	3.0-3.5	1.2-1.8	8.5-10

六 铸件外观质量对比

1 使用铸元素前铸件外观质量见图 1 图 2



图 1 （上箱）



图 2 下箱

2 使用铸元素后外观质量 见图 3 图 4



图 3

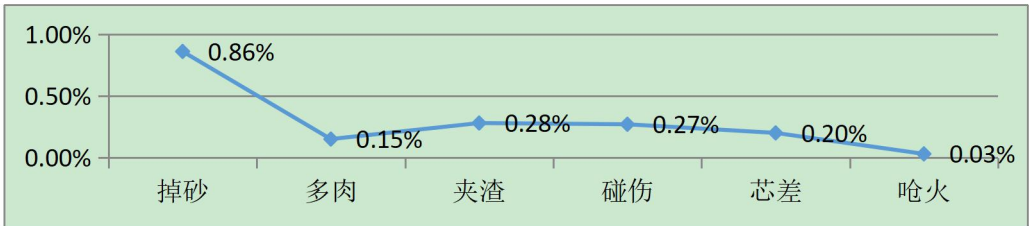


图 4

七 铸件废品率对比

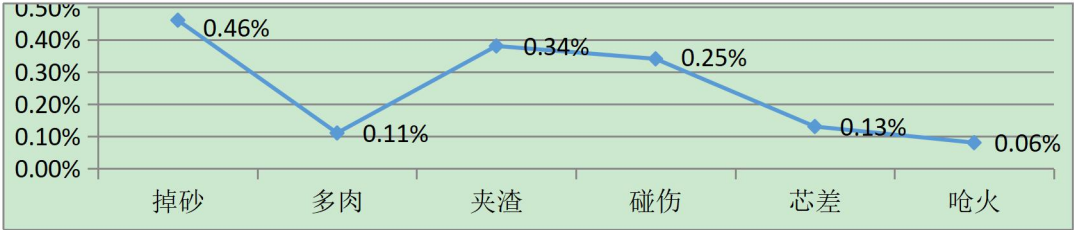
1 原型砂工艺废品率折线图 见图 5

图 5 原型砂工艺废品率折线图



2 使用铸元素黏土砂废品率折线图 见图 6

图 6 使用铸元素黏土砂废品率折线图



八 铸元素黏土砂对球铁表层片墨的影响

铸元素粉是以优质钠基膨润土、高碳防粘砂材料、 α 淀粉及其他有机物质为基础所组成，传统潮模砂中加入了煤粉，煤粉中的含硫量基本在 0.5% 左右，用铸元素粉代替煤粉和膨润土，由于铸元素粉中硫含量在 0.2% 左右，经过一定时间的循环，整个砂处理中型砂的硫含量进一步降低，为解决表层片墨层厚度超标问题提供了依据。同一铸件在不同部位使用钠基膨润土、煤粉和使用铸元素片墨层检测。图 7 取样部位

产生片墨层的机理：球化后的铁液在浇注过程中由于 Mg 与空气中 O 接触，一部分 Mg 要氧化成 MgO，铁液在与型壁接触时，煤粉要燃烧，煤粉的燃烧过程也就是 Mg 的氧化过程，再者煤粉中 S 也要与 Mg 化合形成 MgS，当铁液表层的残留镁量低到一定程度，不足以保证球化，就产生了衰退石墨和片墨，统称片墨层。理论上说片墨层是不可避免的，但过厚的片墨层对产品质量有一定的影响，特别是在高低温冷热交变状态下使用的排气歧管，片墨层是热裂源。图 14 是壁厚 4mm 处的片墨层，图 15 是霍尼韦尔高镍材质允许的片墨层。因此各个发动机企业对排气歧管，涡轮箱的表层片墨都有一定的规定，一般允许在 0.2~0.3mm 之间，甚至要求小于 0.15mm。达到这个要求工艺上是有很大难度的。在《汽车排气系统用耐热材料的抗氧化性能研究》^[2] 一文中对耐热材料的抗氧化性能做了详尽的研究，那么铸造过程产生的表层氧化层（即片墨层）是高低温下使用的排气歧管和涡轮箱的热裂源。使用铸元素后有效的减少了片墨层的厚度，这是一个了不起的成果。图 14 已经明显的能观察到片墨的存在，图 15 的表层已经完全是氧化层而几乎看不到石墨。在使用铸元素的金相图片中（图 8、图 10、图 12）铸件表层没有片墨，甚至看不到衰退石墨。表 7 检测结果

表 7 检测结果

取样部位 生产单位	表层片墨厚度（ μm ）		
	法兰（冒口颈处）	口面（EGR 孔侧）	管壁
旬阳	0	0	0
慈梅寺分厂	61.093	132.43	104.296



图 7 排气歧管（取样部位）

1, 法兰（管件最厚处）部位对比:

图 8 旬阳使用铸元素检测

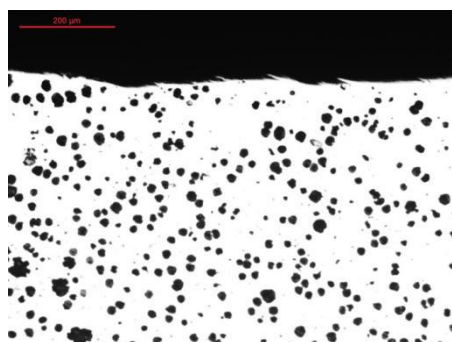


图 8 旬阳 0 μm (100X)

图 9 慈梅寺使用钠基膨润土、煤粉检测

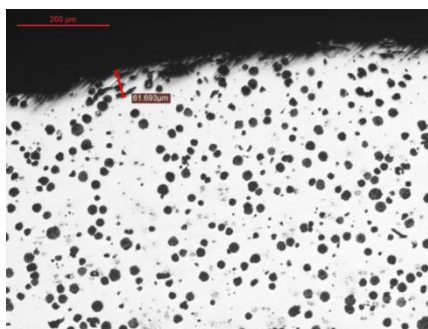


图 9 慈梅寺 (61.093 μm) (100X)

2, 管壁（管件最薄处）部位对比:

图 10 旬阳使用铸元素检测

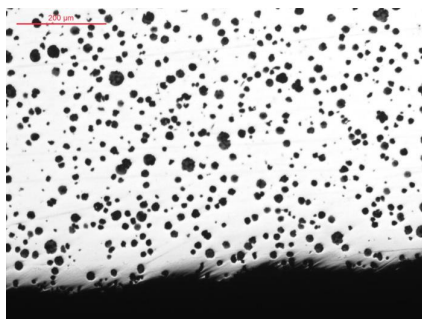


图 10 旬阳使用铸元素检测

图 11 慈梅寺使用钠基膨润土、煤粉检测

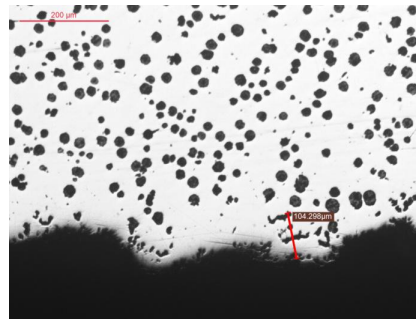


图 11 慈梅寺使用钠基膨润土、煤粉检测

3、口面（壁厚处）部位对比:

图 12 旬阳使用铸元素检测

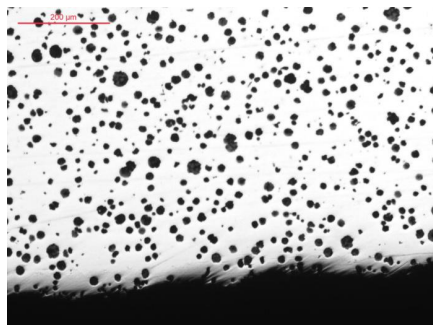


图 12 旬阳 0 μm (100X)

图 13 慈梅寺使用钠基膨润土、煤粉检测

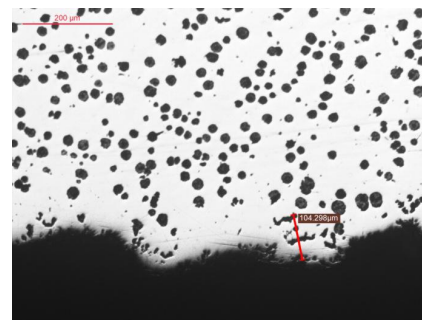


图 13 慈梅寺 (104.296 μm) (100X)

4 铸件片墨层 见图 14 图 15

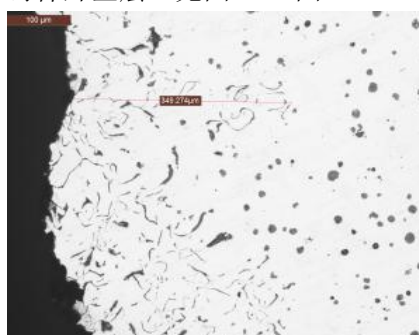


图 14 片墨层约 0.350mm

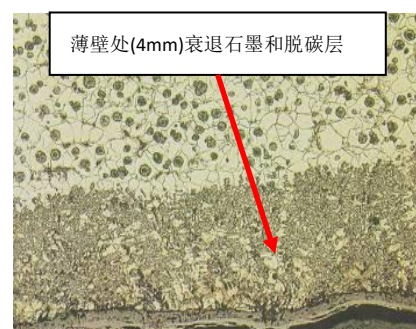


图 15 霍尼韦尔允许的片墨层

九. 成本的节约, 环境的改善, 固体废弃物排放的减少, 存储空间合理利用。

1. 所加辅料数量减少, 带来成本节约

以亨通铸造混砂线为例, 每天混制型砂 480 吨, 需加煤粉量为 $480 \times 0.6\% = 2.88$ 吨, 膨润土加入量为 $480 \times 0.7\% = 3.36$ 吨。使用铸元素粉后加入量为 $480 \times 0.7\% = 3.36$ 吨
使用铸元素粉替代煤粉和膨润土成本效益如表 8 所示。

表 8 成本效益表

	材料	加入量%	单价 (元 /吨)	日用量 (吨)	日成本 (元)	每日总成本	日节约 (元)	年节约按 330 天
改前	煤粉	0.6	1450	2.88	4176	7099.2	446.4	147312
	膨润土	0.7	870	3.36	2923.2			
改后	铸元素	0.7	1980	3.36	6652.8	6652.8		

从上表得出, 用铸元素粉替代煤粉和膨润土在成本上效益显著, 降低型砂成本。

2. 废品的减少, 带来效益的提高

使用铸元素粉前掉砂、多肉废品 1.01%; 使用铸元素粉后掉砂、多肉废品为 0.57%, 提高了 0.44%带来效益的提高。按照年生产纲领 100000 支计算, 相当于减少 4400 支废品, 每只扣除残值, 可节约 20 元, 4400 支可节约 88000 元。见表 9。

表 9 成本效益表

前后比对	掉砂	多肉	成品率提升	每支节约 (元)	年产值 (支)	年节约 (元)
使用前	0.86	0.15	0.44%	20	4400	88000
使用后	0.46	0.11				

3. 降低了工人的劳动强度

砂处理添加的辅料煤粉和膨润土在使用铸元素粉前每天需添加 6.2 吨左右, 在使用铸元素后每天只需添加 3.36 吨左右的铸元素粉, 1 个月左右可减少 $2.88 \times 25 \text{ 天} = 72$ 吨的加入量。

4. 降低了固体废弃物的排放量, 节约能源

使用铸元素粉前每天排放固体废弃物 4 吨,

使用铸元素粉后, 砂处理整体粉尘减小, 每天排放的固体废弃物减少为 2.4 吨; 全月可减少 $1.6 \times 25 = 40$ 吨, 降低了固体废弃物的处理难度。

铸件外观粘砂少, 清理过程产生的黑砂相应的减少, 可适当减少产品的抛丸时间, 节约了部分动力消耗。



铸元素粉

图 16

煤粉

5. 环境的改善

铸元素粉与煤粉外观对比 (图 16):

铸元素粉外观为灰色，对环境的污染相对较小；

煤粉外观为黑色，对环境的污染较大，高温下与膨润土结合产生的气体对人体有害。

6. 存储空间得到合理利用

原来使用膨润土和煤粉需要很大的空间分别存放膨润土和煤粉，使用铸元素粉后，只需原有一半的存储空间即可。

十. 结论

综上所述，我公司作为生产铸铁的专业企业，湿型造型为主要造型方式，旬阳日用型砂量达 480 余吨，年产铸件 100 余万支，使用铸元素粉替代煤粉和膨润土，从改善型砂性能、提高铸件质量、降低生产成本、减少铸件废品率、净化工作环境等方面都有显著效果。特别是使用大量溃散的覆膜砂，不添加新砂的情况下，使用铸元素粉替代煤粉和膨润土可有效改善型砂性能。片墨层的消除对于高低温下使用的铸件更显意义重大。当然影响片墨层的因素很多，需要方方面面都要有效的控制，才能生产出优质的铸件。

需要说明一点，使用铸元素和膨润土+煤粉的可行性比较，只能对同一产品，同样工艺使用前后做对比试验，不同产品，不同工艺没有可比性。

参考文献：

- [1] 相士强 孙清州 铸元素在含大量覆膜砂芯砂在黏土砂中应用 铸造设备与工艺 2017（1） 58~60
- [2] 张鑫 李伟 汽车排气系统用耐热材料的抗氧化性能研究 现代铸铁 2018 （2） 81~86