

# 铸元素在粘土砂中的表现行为

孙清洲<sup>1, 3</sup>, 韩 勇<sup>2</sup>, 许荣福<sup>1, 3</sup>, 单保香<sup>1, 3</sup>, 杨 宸<sup>1, 3</sup>, 彭慧龙<sup>1, 3</sup>

(1. 山东建筑大学材料科学与工程学院, 山东济南 250101; 2. 山东省科学技术厅机关服务中心, 山东济南 250000; 3. 山东省铸造清洁生产工程技术研究中心, 山东济南 250101)

**摘要:** 研究了铸元素和膨润土、煤粉的发气性、挥发分、吸蓝量以及由铸元素及膨润土和煤粉混制粘土砂的工艺性能, 发现由铸元素吸蓝量及挥发分折算的当量膨润土和煤粉的质量和大于铸元素的质量。铸元素混制粘土砂的湿压强度和透气性随铸元素和水分的变化规律和膨润土、煤粉混制粘土砂时湿压强度和透气性随膨润土和水分的变化规律相同。由铸元素混制不控制总泥分粘土砂的湿压强度和透气性高于由当量膨润土和煤粉混制粘土砂的湿压强度和透气性。在总泥分占型砂质量13%的粘土砂中, 由铸元素混制粘土砂的湿压强度高于由当量膨润土和煤粉混制粘土砂的湿压强度, 透气性略高或等于由当量膨润土和煤粉混制粘土砂的透气性。

**关键词:** 铸元素; 膨润土; 煤粉; 粘土砂

粘土砂铸造是一种古老的铸件生产方法, 在中小铸件生产中获得了广泛应用<sup>[1]</sup>。粘土型砂是粘土砂铸造的关键特征, 一般由砂子、粘土(膨润土)、防粘砂材料、水及少量泥分组成。煤粉是一种常用的粘土砂防粘砂材料, 在铸造生产中获得了大量应用, 有效地解决了铸件的粘砂问题, 同时也暴露出了光亮碳生成率低、燃烧后残留低熔点灰分残渣、易对环境造成黑色污染、易自燃等缺点<sup>[2-4]</sup>。在此背景下, 铸造工作者对煤粉代用材料以及“混配土”<sup>[5]</sup>开展了大量的研究工作。铸元素是一种既具有“混配土”特征, 又含有煤粉代用材料的粘土砂制备用混合料, 在混制粘土砂时可用铸元素取代膨润土和煤粉, 从而克服了用膨润土和煤粉混制粘土砂时废气产生量大、煤粉易自燃以及易造成黑色污染等问题。为此, 本课题组开展了铸元素混制粘土砂和膨润土、煤粉混制粘土砂的比较研究。

## 1 试验材料及仪器设备

试验材料由某公司生产的XZ80铸元素、分别来自几家知名供应商的膨润土和煤粉、70/140围场石英砂等组成。试验用主要仪器设备有SAC锤击式制样机、XQY-II型砂智能强度仪、ZTY智能透气性测定仪、SHN碾轮式混砂机、ZMV粘土吸蓝量测试仪、SX智能控温箱式电阻炉、JD300-4G电子天平等。

## 2 试验研究的技术路线

采用试验研究的方法, 首先对铸元素和膨润土、煤粉的发气性、挥发分、吸蓝量等技术性能进行比较研究, 然后对由铸元素及膨润土和煤粉混制不控制总泥分及控制总泥分含量粘土砂时的工艺性能进行比较研究, 以此来评价铸元素在混制粘土砂时的表现。

## 3 铸元素及膨润土、煤粉技术性能的比较研究

取自某公司生产的XZ80铸元素产品和几家知名供应商的煤粉 I、煤粉 II、膨润

作者简介:

孙清洲(1962-), 男, 教授, 主要从事铸造清洁生产、铸造车间机械化领域的教学及科研工作。E-mail: qingzhou@sdjzu.edu.cn

中图分类号: TG221

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2020)06-0617-04

收稿日期:

2019-08-19 收到初稿,  
2019-12-30 收到修订稿。

土 I、膨润土 II，分别测试铸元素和煤粉 I、煤粉 II 的挥发分、发气性和发气速度，测试铸元素及膨润土 I 和膨润土 II 在常温和经 550 °C 灼烧 60 min 后冷却至室温时的吸蓝量，并计算其复用性，结果如表 1 和表 2 所示。

由表 1 可以看出，每 100 g 膨润土 I、膨润土 II 的吸蓝量都大于 35 g，均为优质膨润土。将铸元素的吸蓝量和膨润土 I、膨润土 II 的吸蓝量相比较并进行折算，每克铸元素中含有膨润土 I 的当量数为 0.885 7 g，含有膨润土 II 的当量数为 0.837 8 g。XZ80 铸元素产品中膨润土含量占铸元素质量的 80%，即 1 g 铸元素中含膨润土 0.8 g，由此推断，铸元素中所含膨润土的蒙脱石含量是膨润土 I 的 1.107 倍，是膨润土 II 的 1.05 倍。铸元素在经过 550 °C 灼烧 60 min 冷却至室温后的吸蓝量为 10 g，复用性略高于膨润土 I 和膨润土 II。分析表 2 可以看出，煤粉 I 和煤粉 II 的挥发分均达到了 I 级煤粉的要求。假设铸元素中的挥发分全部来自其含有的防粘砂材料，则每克铸元素中防粘砂材料可折算成煤粉 I 的当量数为 0.386 g，折算为煤粉 II 的当量数为 0.411 g，铸元素中所含挥发性物质含量是煤粉 I 的 1.93 倍，是煤粉 II 的 2.055 倍。将每克铸元素所含当量膨润土和当量煤粉量相加，每克铸元素相当于膨润土 I 和煤粉 I 的当量质量之和，为 1.271 7 g，相当于膨润土 II 和煤粉 II 的当量质量之和，为 1.248 8 g。

#### 4 铸元素及当量膨润土和煤粉混制粘土砂工艺性能的比较研究

混制粘土型砂时选用吸蓝量为 37 g 的膨润土 II 和挥发分为 35.5% 的煤粉 I，则每克铸元素折算为膨润土 II 的当量质量为 0.837 8 g，煤粉 I 的当量质量为 0.386 g。

按铸元素占型砂质量的 6%、8%、10%，并依据型砂中铸元素的含量折算出膨润土 II 及煤粉 I 的加入量之和分别为 7.34%、9.79% 和 12.24%，按水分占型砂质量的 1.5%、2%、2.5%、3%、3.5%、4%，以图 1 所示粘土型砂混砂工艺分别混制含铸元素粘土砂和含膨润土及煤粉粘土砂，出砂后测试型砂的湿压强度和透气性，结果如图 2、图 3 所示。

将型砂中的总泥分控制在占型砂质量的 13%。除有效粉料外，以死粘土代替型砂中的泥分。按铸元素占型砂质量的 6%、8%、10%，并依据型砂中铸元素的含量折算出膨润土 II 及煤粉 I 的加入量，分别按水分占型砂质量的 1.5%、2%、2.5%、3%、3.5%、4%，以图 1 所示粘土型砂混砂工艺混制含铸元素粘土砂和含膨润土及煤粉粘土砂，出砂后分别测试型砂的湿压强度和透气性，结果如图 4 和图 5 所示。

表 1 铸元素与膨润土的吸蓝量及复用性  
Table 1 Blue absorption power and reusability of Zhuyuansu and bentonite

试样名称	吸蓝量/g	灼烧并冷却至室温后的吸蓝量/g	复用性/%
膨润土 I	35	9	25.7
膨润土 II	37	11	29.7
XZ80 铸元素	31	10	32.3

表 2 铸元素与煤粉的挥发分、发气量及发气速度  
Table 2 Volatile component, gas evolution and gas-generating velocity of Zhuyuansu and pulverized coal

试样名称	挥发分/%	发气量/(mL·g <sup>-1</sup> )	发气速度/(mL·g <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup> )
煤粉 I	35.5	265.38	35.25
煤粉 II	33.3	261.81	32.82
XZ80 铸元素	13.7	145.96	14.43

混 30 s      混 330 s  
砂子+水 → 粉料 → 出砂

图 1 粘土型砂混制工艺  
Fig. 1 Clay sand mixing process

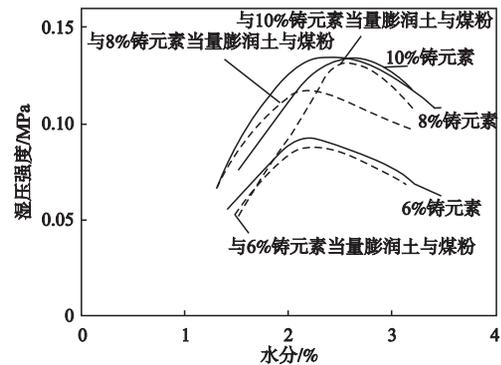


图 2 不控制总泥分条件下型砂的湿压强度随粉料及水分的变化规律  
Fig. 2 The change rule of green compressive strength of molding sand with powder and moisture under the condition of uncontrolled total mud

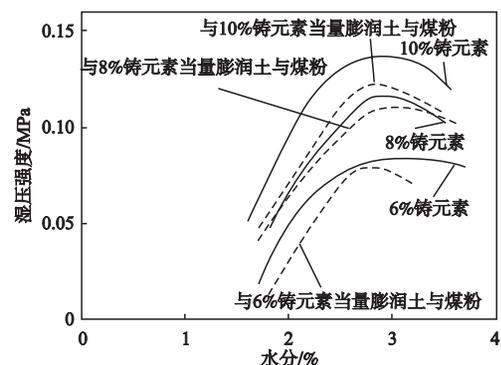


图 3 控制总泥分条件下型砂的湿压强度随粉料及水分的变化规律  
Fig. 3 The change rule of green compressive strength of molding sand with powder and moisture under the condition of controlling total mud

由图2和图3可以看出, 无论是不控制总泥分含量粘土砂还是将型砂中的总泥分控制在占型砂质量13%的粘土砂, 随着铸元素加入量的增加, 型砂的湿压强度增加。在铸元素加入量一定的情况下, 随着水分含量的增加, 型砂的湿压强度先增加后减小。含铸元素粘土型砂的湿压强度随铸元素及水分的变化规律和含膨润土、煤粉粘土型砂湿压强度随膨润土和水分的变化规律相同。在不控制型砂总泥分的情况下, 含铸元素6%、8%、10%粘土砂湿压强度的最大值分别为0.092 MPa、0.133 MPa和0.134 MPa, 和含铸元素6%、8%、10%相对应的当量膨润土和煤粉粘土砂湿压强度的最大值分别为0.088 MPa、0.115 MPa和0.131 MPa, 含铸元素6%、8%、10%粘土砂的湿压强度分别是含铸元素6%、8%、10%相对应当量膨润土和煤粉粘土砂湿压强度的1.05倍、1.16倍和1.02倍。在将型砂中的总泥分控制在13%的情况下, 含铸元素6%、8%、10%粘土砂湿压强度的最大值分别为0.082 MPa、0.115 MPa和0.133 MPa, 和含铸元素6%、8%、10%相对应的当量膨润土和煤粉粘土砂湿压强度的最大值分别为0.079 MPa、0.108 MPa和0.121 MPa, 含铸元素6%、8%、10%粘土砂的湿压强度分别是含铸元素6%、8%、10%相对应当量膨润土和煤粉粘土砂湿压强度的1.04倍、1.07倍和1.10倍。

由图4和图5可以看出, 在不控制总泥分及控制总泥分粘土砂中, 由铸元素混制粘土砂透气性随铸元素、水分含量的变化规律和由膨润土、煤粉混制粘土砂透气性随膨润土、水分含量的变化规律相同。在不控制总泥分含量的情况下, 由铸元素混制粘土砂的透气性约为由铸元素相对应当量膨润土和煤粉混制粘土砂透气性的1.09倍, 这是因为当量膨润土和煤粉的质量大于铸元素的质量, 由其混制型砂的总泥分高于由铸元素混制型砂的总泥分, 因此影响到型砂的透气性。在型砂中总泥分占型砂质量的13%条件下, 由铸元素混制粘土砂的透气性和由铸元素相对应当量膨润土和煤粉混制粘土砂的透气性基本相当。

## 5 结论

(1) 1 g铸元素的吸蓝量和挥发分与膨润土 I 和煤粉 I 1.271 7 g, 膨润土 II 和煤粉 II 1.248 8 g相同。

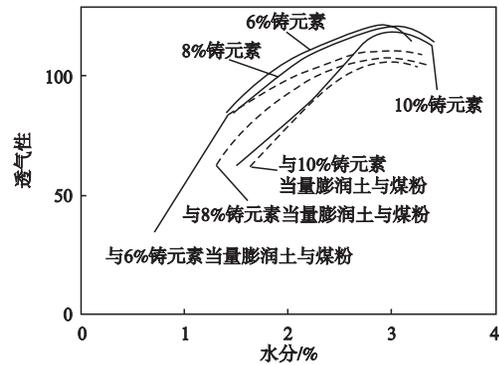


图4 不控制总泥分粘土砂的透气性随粉料及水分的变化规律  
Fig. 4 The change rule of gas permeability of clay sand with powder and moisture under the condition of uncontrolled total mud

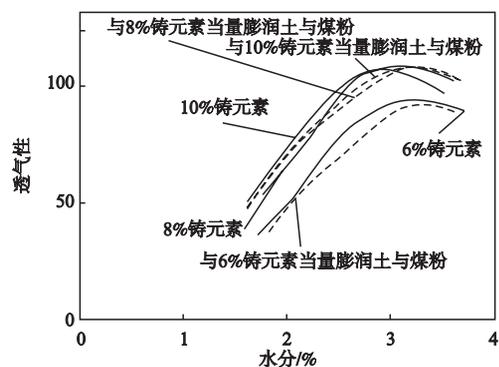


图5 控制总泥分粘土砂的透气性随粉料及水分的变化规律  
Fig. 5 The change rule of gas permeability of clay sand with powder and moisture under the condition of controlling total mud

(2) 含铸元素粘土砂的湿压强度和透气性随铸元素和水分的变化规律和含膨润土、煤粉粘土砂湿压强度和透气性随膨润土和水分的变化规律相同。

(3) 不控制总泥分含铸元素粘土砂的湿压强度和透气性高于含当量膨润土和煤粉粘土砂的湿压强度和透气性。

(4) 总泥分占型砂质量13%的含铸元素粘土砂的湿压强度高于含当量膨润土和煤粉粘土砂的湿压强度, 透气性略高或等于含当量膨润土和煤粉粘土砂的透气性。

**参考资料:**

- [1] 樊自田, 王继娜, 龙威. 国内外造型材料的技术应用现状与发展趋势 [J]. 金属加工, 2009 (7): 21-23.
- [2] 毛萍莉, 李英民, 孙万柏, 等. 新型煤粉代表材料3R粉的研究 [J]. 铸造, 2010, 49 (9): 538-540.
- [3] 郑宏伟, 周静一, 刘云, 等. 湿型砂中煤分代用材料的研究与应用 [J]. 铸造, 1996 (2): 36-40.
- [4] CORNELIS G, RESATI I, OLEG P, 等. 减少湿型砂排放的实例分析 [J]. 铸造, 2010, 59 (12): 1251-1255.
- [5] 丁纯. 混配土替代煤粉的型砂工艺及在KW线上的生产实践 [J]. 铸造技术, 2012, 33 (3): 355-357.

---

## Behaviors of Zhuyuansu in Clay Sand

SUN Qing-zhou<sup>1, 3</sup>, HAN Yong<sup>2</sup>, XU Rong-fu<sup>1, 3</sup>, SHAN Bao-xiang<sup>1, 3</sup>, YANG Chen<sup>1, 3</sup>, PENG Hui-long<sup>1,3</sup>

(1. School of Materials Science and Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, Shandong, China; 2. Office Service Center of Shandong Science and Technology Department, Jinan 250101, Shandong, China; 3. Foundry Cleaner Production Engineering Technology Research Center of Shandong Province, Jinan 250101, Shandong, China)

**Abstract:**

In this paper, the gas evolution, volatile component and blue absorption power of Zhuyuansu, bentonite and pulverized coal and the processing properties of clay sand mixed by Zhuyuansu, bentonite and pulverized coal were studied. It is found that the sum of the mass of the equivalent bentonite and pulverized coal converted from the blue absorption power and volatile component of Zhuyuansu is greater than that of Zhuyuansu. The change rule of green compressive strength and gas permeability of clay sand mixed by Zhuyuansu with bentonite and moisture is the same as that of green compressive strength and gas permeability of clay sand mixed by bentonite and pulverized coal with bentonite and moisture. The green compressive strength and gas permeability of clay sand mixed by Zhuyuansu without controlling total mud are higher than those of clay sand mixed with the equivalent bentonite and pulverized coal. Among the clay sand mixtures with 13% of the total mud, the green compressive strength of clay sand mixed by Zhuyuansu is higher than that of clay sand mixed by the equivalent bentonite and pulverized coal, and its gas permeability is slightly higher or equal to that of clay sand mixed by equivalent bentonite and pulverized coal.

**Key words:**

Zhuyuansu; bentonite; pulverized coal; clay sand

---