

# 结合剂对 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 质浇注料性能的影响

李文 刘学新

湖北斯曼新材料股份有限公司 438400

**摘 要**本文研究了斯曼·邦迪、铝酸盐水泥及水合氧化铝对 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 质浇注料性能的影响。结果显示：相同加水量下，三种结合系统浇注料的初始流动值相似，水合氧化铝结合流动值衰减非常快，邦迪结合流动性保持好，水泥结合居中。水合氧化铝结合体系干燥强度低，中温强度明显下降；水泥结合体系干燥强度和高温强度均较高，中温强度稍有下降；邦迪结合体系干燥强度适中，中温强度未下降，高温强度与水泥相似。高温下水合氧化铝和水泥结合体系显气孔率明显升高，邦迪结合体系的显气孔率变化不明显。三者 1100℃热处理后的线变化相似，1550℃热处理后，邦迪结合体系线变化较低，水泥和水合氧化铝结合体系线变化较高。

**关键词** Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 质浇注料；流动性；强度发展；线变化

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 质耐火浇注料的主要结合方式有水泥结合、水合氧化铝结合等。水泥结合和水合氧化铝结合浇注料的施工性能受温度和加水量的影响较大<sup>[1]</sup>。水泥结合由于引入了 CaO 成分，导致浇注料的抗渣性较差<sup>[2]</sup>；水合氧化铝结合抗渣性较好，但是早期强度发展慢，中温强度降低<sup>[1,3]</sup>，这些都制约了 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 质耐火浇注料和预制块产品的发展。

单纯的凝聚结合应用比较少，主要是因为凝聚结合强度的发展缓慢，所以微粉凝聚结合在浇注料系统中往往与水合结合一起使用。文献<sup>[4]</sup>表明，通过使用激发剂，可以促使微粉凝聚结合强度快速发展，使得凝聚结合作为单纯的结合方式变为现实。而且，凝聚结合剂中可以完全不引入 CaO 成分，用于 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 质耐火浇注料中，有助于提高材料的高温性能，尤其是抗渣性。

本工作中主要以斯曼·邦迪、水合氧化铝和纯铝酸钙水泥进行对比，探索结合剂对 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 质浇注料性能的影响，以优化 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 质浇注料。

## 1 试验

试验用浇注料采用 68% (w) 5~3、3~1、≤1mm 电熔白刚玉为骨料，4% (w) 的 97 电熔镁砂，6% (w) 的活性氧化铝粉 AMA-10，结合剂分别为 7% (w) 的邦迪 (BOND)、4% (w) 的水合氧化铝 (HA，*d*<sub>50</sub> 为 1.86 μm)、3% (w) 的纯铝酸钙水泥 (CA70)，保证配方总量 100% (w)，不足部分由电熔白刚玉细粉 (≤0.074mm) 补充；使用水合氧化铝、水泥的配方中外加 0.4% (w) 的 WSM-R1 减水剂，使用邦迪配方不加减水剂。

将称量好的原料在搅拌锅中干混 30s 后加入 4.5% (w) 的水搅拌 3min 出料，在振动流动台上测量振动 15 s 的流动值及流动值衰减；将搅拌好的浇注料成型为 40mm×40mm×160mm 的试样。成型后的试样经过 20℃、70%相对湿度下养护 24h 后脱模，然后经过 110℃干燥 24h，干燥后的试样分别进行

1100°C 3 h 和 1550°C 3 h 热处理。按照相应标准测定试样加热永久线变化率、显气孔率和体积密度、抗折强度及耐压强度。

## 2 结果与分析

### 2.1 流动性

从图 1 可以看出，相同的加水量下三种结合体系浇注料的初始流动值相似；水合氧化铝结合的浇注料流动性衰减最快，以流动值为 60% 为振动成型条件，施工时间约为 45 min；水泥结合浇注料的流动性衰减适中，施工时间约为 60 min；邦迪结合浇注料的流动性保持最好，施工时间约为 90 min。

由文献[1]可知，邦迪的结合机制主要是凝聚结合，而水泥和水合氧化铝为水合结合，不同的结合方式对浇注料的流动值衰减影响不同，凝聚结合流动值衰减较慢。

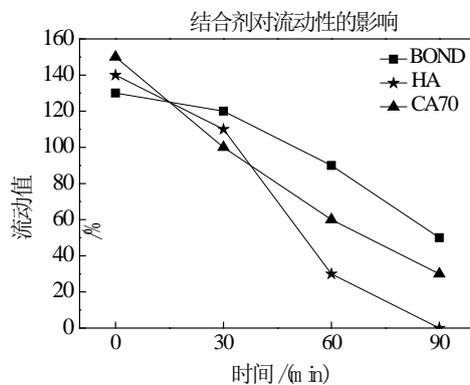


图 1 20°C 下不同结合体系浇注料的流动性变化

### 2.2 强度发展

从图 2 可以看出，110°C 干燥后水合氧化铝结合的强度最低，水泥结合与邦迪结合干燥强度相当，都高于水合氧化铝结合的强度。1100°C 3h 热处理后，水泥、水合氧化铝结合的强度都下降，水合氧化铝的强度剧烈下降；邦迪结合的强度基本不变。1550°C 3h 热处理后三者强度值相似。

水合氧化铝主要为水合结合，水化后形成相互连接的三水铝石晶体和勃姆石凝胶网络结构，在中温条件下旧的结构脱水破坏，而新的陶瓷结构尚未形成，故中温强度下降<sup>[5]</sup>。水泥结合中温强度下降，也是因为水化物在中温脱水后结构破坏，而新的陶瓷结合尚未形成。邦迪结合属于微粉凝聚结合，其成分以微粉为主；因为微粉烧结活性高，在中温处理时，已经出现明显烧结，所以中温强度不下降，总体表现出良好的强度发展性能。

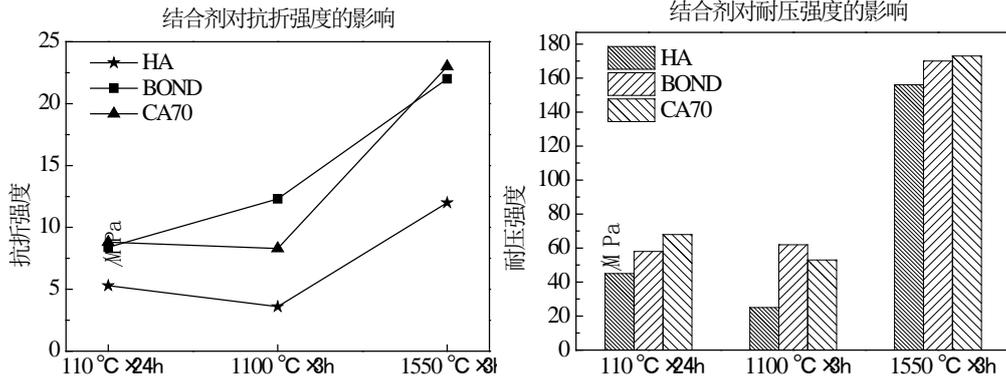


图 2 结合剂对强度发展的影响

### 2.3 显气孔率和体积密度

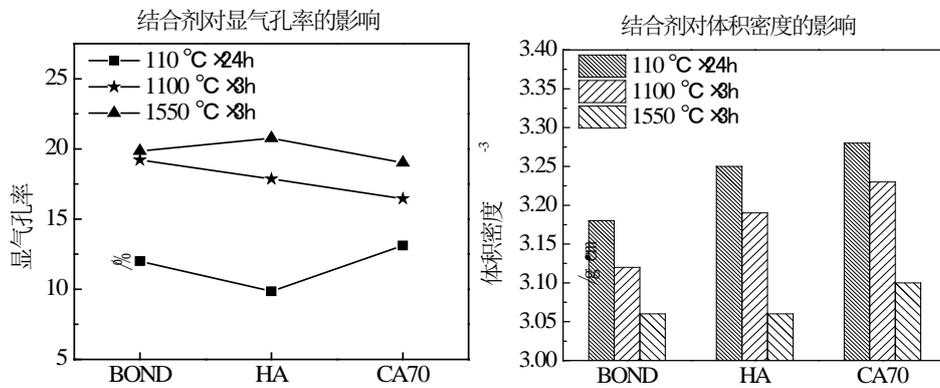


图 3 结合剂对试样显气孔率和体积密度的影响

从图 3 可以看出，随着热处理温度的升高，浇注料的显气孔率均逐渐上升，体积密度逐渐降低。其中邦迪结合体系 1550 °C 3h 热处理后的显气孔率和 1100 °C 3h 的差别不大，而水合氧化铝结合体系和水泥结合体系 1550 °C 3h 热处理后的显气孔率上升约 5%。

分析认为，浇注料在高温处理时生成大量的尖晶石，导致体积膨胀，产生裂纹，故显气孔率逐渐升高。水合氧化铝结合体系高温下的液相量较少，烧结性能较差，故显气孔率较高，邦迪结合体系中大量的微粉提高了浇注料的高温烧结性能，抵消了尖晶石生成产生的膨胀，故其 1550 °C 3h 热处理后的显气孔率变化不明显。

### 2.4 线变化

从图 4 中可以看出三种结合体系 1100 °C 8h 热处理后的线变化率相似。1550 °C 8h 热处理后，邦迪结合体系的线变化率最低，水泥和水合氧化铝结合体系都非常高。

这是因为邦迪结合体系中的大量微粉的烧结活性较高，试样烧结收缩较大，可以部分抵消高温下尖晶石等物相生成带来的体积膨胀。水合氧化铝结合体系高温液相量低，烧结程度较低，不能抵消尖晶石生成带来的膨胀，所以线变化率更高。水泥结合体系烧结产生的收缩未能抵消尖晶石等物相带来的体积

膨胀，故线变化较高。

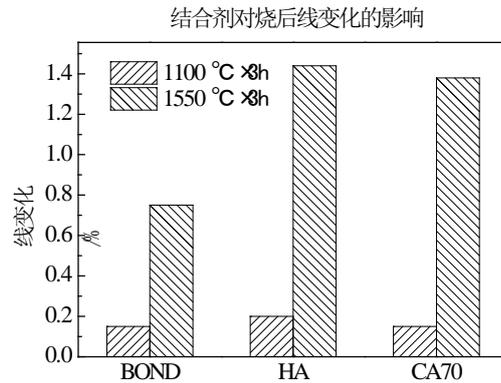


图4 结合剂对烧后线变化的影响

### 3 结论

(1) 相同加水量下，三种结合体系浇注料的初始流动值相似，水合氧化铝结合流动值衰减非常快，邦迪结合流动性保持好，水泥结合居中。

(2) 水合氧化铝结合体系水化放热较慢，干燥强度低，中温强度由于凝胶网络结构脱水被破坏而明显下降；水泥结合体系干燥强度和高温强度均较高，中温强度稍有下降；邦迪结合体系干燥强度适中，中温强度未下降，高温强度与水泥相似，具有良好的强度发展。

(3) 高温下水合氧化铝和水泥结合体系显气孔率明显升高，邦迪结合的显气孔率变化不明显。

(4) 三种结合体系 1100°C 热处理后的线变化相似，1550°C 热处理后，邦迪结合的浇注料线变化较低，水泥和水合氧化铝结合浇注料线变化较高。

### 参考文献

- [1] 刘学新, 李文 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 质浇注料用结合系统的水化性能[J]. 耐火材料, 2015, 49 (3): 229-231.
- [2] L A Diaz , R Torrecillas , A H De Aza , et al. Alumina-rich refractory concretes with added spinel, periclase and dolomite : a comparative study of their microstructural evolution with temperature [ J ] . J Eur Ceram Soc ,2005 ,25 (9) :1 499-1 506.
- [3] 李冰, 杨秀丽, 王征想. 碱性不定形耐火材料用结合剂及外加剂 [J]. 耐火材料, 2013, 47 (z1): 313-314.
- [4] 刘学新, 陈士华, 祝显超. 不定形耐火材料用结合剂及其制备方法: 中国, 201410102248.9 [P]. 2015-08-19.
- [5] 李楠, 顾华志, 赵惠忠. 耐火材料学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2012:294-295.

李文: 女, 1993 年生, 工程师。

E-mail:wh-sm@163.com