

分散性氧化铝微粉 ZX1 及 ZD1 的流变特性表征及其应用研究

摘要 以板状刚玉骨料细粉、活性氧化铝微粉、水泥为原料,使用分散性氧化铝微粉 ZX1 及 ZD1 作为外加剂,制备刚玉质浇注料,主要研究了分散性氧化铝微粉加入比例对浇注料性能的影响,并利用粘度计测试分散性氧化铝微粉对浇注料基质流变性能的影响。结果表明:分散性氧化铝微粉具有更优异的分散性能;分散性氧化铝微粉 ZX1 及 ZD1 加入总量为 0.8%,在不同气候下,加入比例的典型值分别为:夏季为 0.6%ZX1+0.2%ZD1, 0.5%ZX1+0.3%ZD1; 春秋季为 0.4%ZX1+0.4%ZD1; 冬季为 0.3%ZX1+0.5%ZD1, 0.2%ZX1+0.6%ZD1。从浇注料施工性能、各阶段强度结果来看,分散性氧化铝微粉 ZX1/ZD1 可以达到同类产品水平,且各方面性能优异。

关键词 分散性氧化铝微粉,刚玉质,减水剂,凝结时间,流变性能,使用性能

近年来,不定形耐火材料以其劳动生产效率高、适应性好及材料消耗低等优势,得到迅速的发展^[1]。外加剂在不定形耐火材料组成中具有非常重要的意义,外加剂加入量一般较少,但其对浇注料施工性能及使用性能影响显著。不定形耐火材料中使用较多的外加剂有减水剂、增塑剂、胶凝剂、缓凝剂、促凝剂、发泡剂等,其中减水剂具有优良的分散及减水效果,可以有效地改善材料的流动性并在一定程度上提高材料的物理性能^[2],是一种最为常见且使用广泛的外加剂。刚玉体系中使用较多的减水剂有聚羧酸类、聚丙烯酸钠、萘系、氨基磺酸盐系、三聚氰胺类、三聚磷酸钠、六偏磷酸钠等^[2-4],减水剂一般通过静电斥力及空间位阻等机理起到分散减水的效果^[5],但不能根据气候变化对产品的施工性能进行调整^[6],所以浇注料在夏天施工时可能会出现凝结时间较快影响生产,而冬天浇注可能出现不凝影响脱模。一般需要与其他外加剂配合使用,复配时存在复配效果及复配最佳比例等问题,使用效果难以保证。

分散性氧化铝微粉作为一种特殊的氧化铝产品,可以替代传统的减水剂使用,具有掺加量少、减水效果好、调节浇注料凝结时间、提高浇注料强度等作用。分散性氧化铝微粉分为促凝型及缓凝型两种,两种分散性氧化铝微粉在浇注料中的总加入量一般为 0.8~1.0%。分散性氧化铝微粉的开发即弥补了传统外加剂适应性差且性能单一的问题,又可通过对分散性氧化铝微粉加入比例调节使浇注料达到最佳的施工及凝结性能,具有很好的应用前景。

目前,国内外成熟稳定的分散性氧化铝微粉产品极少,且国内分散性氧化铝微粉的研究较少,因此,研究分散性氧化铝微粉的自身特性及应用性能显得尤为重要。本文工作主要是对分散性氧化铝微粉 ZX1 及 ZD1 产品的流变性能及不同施工条件下的应用情况进行分析,并在不同体系的浇注料中进行应用试验,研究分散性氧化铝微粉加入比例对浇注料的性能的影响。

1 实验

1.1 原料

试验选用主要原料为板状刚玉(自立科技, 5~3mm、3~1mm、1~0.5mm、0.5~0mm、325 目)、活性氧化铝微粉(自立科技, 双峰活性氧化铝微粉 RA-D)、纯铝酸钙水泥(凯诺斯, Secar71)以及分散性氧化铝微粉(自立科技 ZX1/ZD1、国外某厂家 A/B)。各原料的理化指标如表 1、表 2 所示。

表 1 板状刚玉及氧化铝微粉的理化指标

	Al ₂ O ₃ / %	SiO ₂ / %	Fe ₂ O ₃ / %	NaO / %	D50 / μ m	D90 / μ m
板状刚玉	99.52	0.01	0.03	0.35	---	---
双峰氧化铝微粉	99.6	0.05	0.05	0.10	2.70	8.93

表 2 分散性氧化铝微粉的化学指标

	自立 ZX1	自立 ZD1	A	B
作用	缓凝	促凝	强缓凝	促凝
Al ₂ O ₃ / %	88.14	84.72	77.00	79.98
CaO / %	0.42	0.47	0.57	0.50
Na ₂ O / %	0.35	0.03	0.12	0.16
酌减量 / %	10.92	14.26	21.74	18.68

1.2 试样制备及检测

本试验以板状刚玉骨料细粉及活性氧化铝微粉作为主要原料, 以纯铝酸钙水泥作为结合剂, 分别以自立科技的ZX1/ZD1及国外某厂家分散性氧化铝微粉A/B作为外加剂, 按表3及表4所示的试验配比进行配料、搅拌、振动浇注成型。表3为纯刚玉体系浇注料, 表4为加入微量硅微粉(≤1.5%)的刚玉质浇注料, 浇注料试样经室温模内养护24h后脱模, 然后置于烘箱中经110℃保温24h热处理。

参照 GB/T 2997-2009 测定试样的显气孔率、体积密度; 参照 GB/T 3001-2007 测定试样的常温抗折强度; 参照 GB/T 5072-2008 测定试样的常温耐压强度; 参照 GB/T 3002-2004 测定试样的高温抗折强度。

将表3配比中基质部分取出进行流变性能测试, 即活性氧化铝微粉、水泥、分散性氧化铝微粉按照一定比例混合均匀, 加水进行搅拌, 并利用上海精析仪器有限公司NDJ-8S旋转计动态检测其粘度变化。

表 3 刚玉浇注料试验配比 (w/%)

编号	板状刚玉骨料	板状刚玉细粉	α -Al ₂ O ₃ 微粉	纯铝酸盐水泥	A	B	ZX1	ZD1
7A3B	72	15	8	5	0.7	0.3	0	0
5A5B	72	15	8	5	0.5	0.5	0	0
3A7B	72	15	8	5	0.3	0.5	0	0
6X2D	72	15	8	5	0	0	0.6	0.2
5.5X2.5D	72	15	8	5	0	0	0.55	0.25
5X3D	72	15	8	5	0	0	0.5	0.3
4.5X3.5D	72	15	8	5	0	0	0.45	0.35
4X4D	72	15	8	5	0	0	0.4	0.4
3.5X4.5D	72	15	8	5	0	0	0.35	0.45
3X5D	72	15	8	5	0	0	0.3	0.5
2.5X5.5D	72	15	8	5	0	0	0.25	0.55
2X6D	72	15	8	5	0	0	0.2	0.6

表 4 含硅微粉的刚玉浇注料试验配比 (w/%)

编号	板状刚玉骨料	板状刚玉细粉	α -Al ₂ O ₃ 微粉	纯铝酸盐水泥	96硅微粉	ZX1	ZD1
3X5D-0	72	15	8	5	0	0.3	0.5
3X5D-1	72	15	8	5	0.2	0.3	0.5
3X5D-2	72	15	8	5	0.5	0.3	0.5
3X5D-3	72	15	8	5	1.0	0.3	0.5
3X5D-4	72	15	8	5	1.5	0.3	0.5

2 结果与讨论

2.1 流变性能检测

对浇注料基质部分的流变特性进行表征, 结果如图1所示。

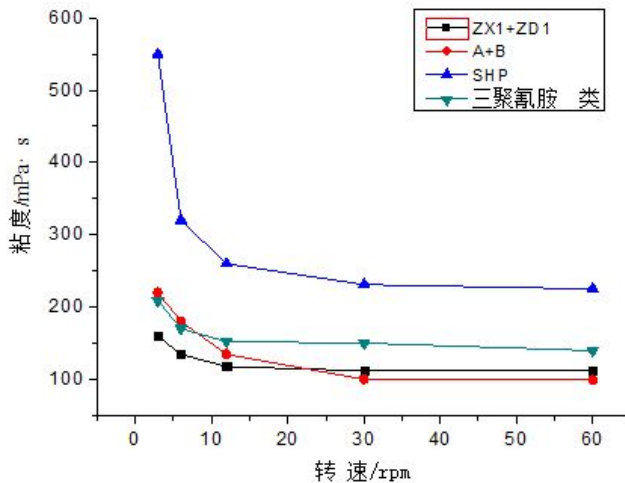


图 1 分散性氧化铝微粉对浇注料流变性能的影响

由图1可以看出，各组试样均呈现剪切变稀现象，分别加入各外加剂后，浇注料基质的粘度均随转速的增大而减小，这是由于在低剪切作用下外加剂未完全分散均匀，随着剪切力的增大，外加剂与原料充分接触，改变基质粉体的表面特性，减小颗粒间阻力，因此粘度逐渐下降；添加不同外加剂测得的粘度存在差异，这在一定程度上反应了外加剂的分散效果，浆料粘度越小，说明颗粒分散均匀，颗粒间阻力较小，此外外加剂的分散效果较好。从流变结果来看，分散性氧化铝微粉ZX1及ZD1的试样组粘度均较低，即ZX1及ZD1的分散效果优异。

2.2 物理性能

2.2.1 分散性氧化铝微粉加入比例对浇注料性能的影响

针对不同分散性氧化铝微粉加入比例对浇注料性能的影响进行分析研究，并对比确定了不同温度下适宜的加入比例。

在刚玉体系中，分散性氧化铝微粉 ZX1 及 ZD1 加入总量为 0.8%。

按照表 3 配比进行试验，试验条件为室温 32℃，湿度 58%RH 时，试验结果如表 5 所示。

表 5 刚玉浇注料的施工性能及早期强度

试样编号	加水量 /%	流动值 /mm	施工时间 /min	24h脱模强度/MPa		110℃烘后强度/MPa	
				抗折	耐压	抗折	耐压
7A3B	4.4	190	110	5.1	32.6	19.3	105.4
6X2D	4.4	190	100	5.8	42.3	21.5	127.6
5.5X2.5D	4.4	187	90	5.8	39.1	19.7	105.8
5X3D	4.4	185	90	5.6	40.2	18.5	112.5
4X4D	4.4	175	80	5.2	34.6	17.7	101.2

在室温为 32℃的条件下，使用 ZX1 及 ZD1 的试验组脱模强度及 110℃烘后强度均较高，且浇注料和易性较好，由表 5 数据可以看出，在此温度下(施工温度在 30℃以上)，使用 0.5%ZX1+0.3%ZD1，

0.55%ZX1+0.25%ZD1, 0.6%ZX1+0.2%ZD1 试验组的施工性能及脱模强度等性能最好。

按照表 3 配比进行试验, 试验条件为室温 21℃, 湿度 60%RH 时, 试验结果如表 6 所示。

表 6 刚玉浇注料的施工性能及早期强度

试样编号	加水量 /%	流动值 /mm	施工时间 /min	24h脱模强度/MPa		110℃烘后强度/MPa	
				抗折	耐压	抗折	耐压
5A5B	4.4	175	130	4.5	26.0	14.2	91.3
5X3D	4.4	189	120	5.2	31.7	17.2	107.5
4.5X2.5D	4.4	190	120	5.6	36.7	18.3	102.7
4X4D	4.4	195	117	5.4	35.5	19.0	103.8
3.5X4.5D	4.4	185	110	5.0	31.6	18.8	96.5

在室温为 21℃的条件下, 使用 ZX1 及 ZD1 的试验组脱模强度及 110℃烘后强度均较好, 且浇注料和易性优异, 由表 6 数据可以看出, 在此温度下(施工温度在 20℃左右), 使用 0.45%ZX1+0.35%ZD1, 0.4%ZX1+0.4%ZD1, 0.35%ZX1+0.45%ZD1 试验组的施工性能及脱模强度等性能较好。

按照表 3 配比进行试验, 试验条件为室温 13℃, 湿度 21%RH 时, 试验结果如表 7 所示。

表 7 刚玉浇注料的施工性能及早期强度

试样编号	加水量 /%	流动值 /mm	施工时间 /min	24h脱模强度/MPa		110℃烘后强度/MPa	
				抗折	耐压	抗折	耐压
3A7B	4.4	175	110	4.7	39.6	17.9	105.7
3.5X4.5D	4.4	180	110	4.5	38.2	17.5	97.1
3X5D	4.4	180	105	4.7	40.5	16.8	110.3
2.5X5.5D	4.4	177	105	4.7	40.1	18.3	100.7
2X6D	4.4	170	90	4.9	43.3	18.5	116.9

在室温为 13℃的条件下, 使用 ZX1 及 ZD1 的试验组脱模强度及 110℃烘后强度均高于 A/B 试验组, 且浇注料和易性较好, 由表 7 数据可以看出, 在此温度下(施工温度在 15℃以下), 使用 0.3%ZX1+0.5%ZD1, 0.25%ZX1+0.55%ZD1, 0.2%ZX1+0.6%ZD1 试验组的施工性能及脱模强度等性能最好。

2.2.2 分散性氧化铝微粉对含微量硅微粉的浇注料性能的影响

按照表 4 配比, 选用 0.3%ZX1 与 0.5%ZD1 比例的分散性氧化铝微粉作为外加剂, 五组对照试验分别外加 0%、0.2%、0.5%、1.0%、1.5%硅微粉来制备浇注料试样。浇注料施工性能及物理性能如表 8 所示, 试验条件为室温 15℃, 湿度 27%RH。

表 8 刚玉浇注料的施工性能及早期强度

试样编号	加水量 /%	流动值 /mm	施工时间 /min	24h脱模强度/MPa		110℃烘后强度/MPa	
				抗折	耐压	抗折	耐压
3X5D-0	4.4	180	90	4.7	43.6	18.2	120.3
3X5D-1	4.4	190	75	4.8	40.3	16.5	114.8
3X5D-2	4.4	190	80	4.8	45.7	16.1	92.4
3X5D-3	4.4	190	80	5.0	44.7	17.8	107.7
3X5D-4	4.4	190	82	5.4	45.2	16.3	82.6

由表 8 数据可知,随着硅微粉的加入,浇注料流动性能略有提高,施工时间缩短,同时脱模强度和 110℃烘后强度无明显变化。从现有数据分析可知,分散性氧化铝微粉 ZX1 及 ZD1 可以用于微硅微粉体系(小于 1.5%的硅微粉),使用分散性氧化铝微粉后浇注料料感及流动性能均较好,脱模强度与 110℃烘后强度也满足使用要求。

分散性氧化铝微粉 ZX1 及 ZD1 在硅微粉含量 $\leq 1.5\%$ 的情况下可以使用,当硅微粉含量 $> 1.5\%$ 时,不适合使用 ZX1 及 ZD1,而应选择使用同系列其他牌号产品。此文章仅对 ZX1 及 ZD1 的使用特性进行较为全面的剖析,适用于含硅体系浇注料的分散性氧化铝微粉产品的应用文章会在后续进行整理发表。

3 结论

(1) 针对常用外加剂对浇注料基质流变性能的影响进行表征,结果表明,分散性氧化铝微粉更有利于基质的均匀分散;

(2) 分散性氧化铝微粉加入总量为 0.8%,在不同气候下,加入比例的典型值分别为:夏季(温度高于 35℃),加入比例为 0.6%ZX1+0.2%ZD1;夏季(25℃~35℃),加入比例为 0.5%ZX1+0.3%ZD1;春秋(15℃~25℃),加入比例为 0.4%ZX1+0.4%ZD1;冬季(10℃~15℃),加入比例为 0.3%ZX1+0.5%ZD1;冬季(温度低于 10℃),加入比例为 0.2%ZX1+0.6%ZD1。

(3) 从浇注料施工性能、各阶段强度结果来看,分散性氧化铝微粉 ZX1/ZD1 可以达到同类产品水平,且各方面使用性能优异。

参考文献

- 1 李再耕.不定形耐火材料的制备技术及应用技术走向[J]. 洛阳工业高等专科学校学报, 2002,12(2):1-2.
- 2 赵娟, 赵雷, 李远兵, 等.不定形耐火材料中减水剂的研究及应用[J]. 耐火材料, 2009,43(5):397-399.
- 3 李宁, 朱伯铨, 李亨成.分散剂对刚玉质浇注料基质流变行为的影响[J].稀有金属材料与工程, 2009, 38(增刊 2):1189-1192.
- 4 章荣会, 孙加林, 洪彦若, 等.减水剂对高铝水泥浇注料需水量和强度的影响[J].耐火材料, 2005, 39(5):394-395.
- 5 刘星宇, 姜建华, 傅乐峰, 等. 减水剂与耐火材料原料相容性研究[J].建筑材料学报, 2007, 10(4):424-429.
- 6 李文平, 刘学新, 李斌, 等.氧化铝微粉与减水剂对刚玉质浇注料施工性能的影响[J].耐火材料, 2009, 43(6):445-448.