

不同粒度富铝尖晶石粉对浇注料性能的影响研究

宋雅楠¹⁾ 贾祥超²⁾ 帅航¹⁾ 孙路安²⁾ 马铮²⁾

1) 浙江自立新材料股份有限公司 浙江绍兴 312300

2) 北京首钢股份有限公司迁安钢铁公司 河北迁安 064404

3) 浙江自立控股股份有限公司 浙江绍兴 312300

摘要: 从化学成分、粒度分布、显微形貌等方面对不同粒度富铝尖晶石粉进行对比分析,并在水泥结合刚玉尖晶石体系中进行应用性能对比分析。结果表明:随着使用尖晶石粉粒度的减小,浇注料加水量呈下降趋势,各阶段力学指标有所提高,抗渣性能有所改善; LISAM 10A 特种尖晶石微粉的加水量、施工性能、高温指标及抗渣性能等均明显优于其他几类尖晶石粉体;采用常规尖晶石与 LISAM 10A 特种尖晶石微粉复合方式使用,可以获得较好的应用性能。

关键词: 尖晶石粉; 浇注料; 抗渣性能; 力学性能

尖晶石作为一种优质耐火材料原料,可用于提高材料的抗渣侵蚀性及抗热震性等性能。尖晶石中阳离子缺陷可捕捉渣中的 FeO、MnO, Al₂O₃ 与渣反应生成 CA₆、CA₂ 等矿物,从而增大了渣的黏度,抑制渣的渗透^[1-2]。将基质中的尖晶石以尖晶石微粉形式引入,使之在基质中均匀分布,可获得结构稳定、抗渣性能良好的耐火材料^[3-5]。

常用尖晶石按照粒度指标多为 1-0.5mm、0.5-0mm、180 目等规格。目前市售尖晶石产品粒度相对较粗,且针对超细尖晶石微粉使用性能对比评价的研究较少。本文工作是将不同粒度烧结合尖晶石微粉进行指标对比,并在刚玉尖晶石体系浇注料中进行应用试验,研究不同烧结合尖晶石微粉对浇注料性能的影响。

1 试验

1.1 试验原料

试验用主要原料有板状烧结合刚玉烧结合板状刚玉(5~3mm、3~1mm、1~0.5mm、0.5~0mm、325 目)、活性 α 氧化铝微粉(LISAL 22RABL)、烧结合尖晶石粉(LISAM 10A、LISAM 90-325、90 尖晶石 180 目)、纯铝酸钙水泥以及分散性氧化铝(ZX2/ZD2)。

1.2 试样制备及性能检测

试验以烧结合板状刚玉骨料及细粉、烧结合尖晶石细粉及微粉作为主要原料,以纯铝酸钙水泥作为结合剂,ZX2/ZD2 作为外加剂,按表 1 所示的试验配比进行配料、搅拌、振动浇注成型,浇注尺寸为 40mm×40mm×160mm 条样,70mm×70mm 渣锅样。试样经室温模内养护 24h 后脱模,置于烘箱中经 110℃ 保温 24h 处理,放入电炉内分别经 1000℃×3h、1600℃×3h 热处理。

参照 GB/T 2419-2005 测定试样的流动值;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 8931-2007 测定试样的抗渣性能。

表 1 刚玉尖晶石质浇注料试验配比 (w/%)

编号	烧结板状刚 玉骨料	尖晶石细粉	尖晶石粉	纯铝酸钙水泥	ZX2	ZD2
刚玉尖晶石质浇注料	70	9	16	5	0.5	0.3

2 结果与讨论

2.1 尖晶石技术特征

使用 Thermo Scientific X 荧光光谱仪对尖晶石的化学成分、使用 Mastersizer 3000 激光粒度分析仪对尖晶石粒度分布指标进行分析, 分析结果如表 2 及图 1 所示。使用 FEI 扫描电子显微镜对显微形貌进行观察, 如图 2 所示。

表 2 富铝尖晶石的化学成分及粒度分布

	化学成分/%						粒度分布/ μm	
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	D50	D90
90MA-180mesh	88.02	0.25	0.17	11.04	0.004	0.28	25.7	63.1
LISAM 90-325	88.87	0.21	0.16	9.69	0.003	0.25	7.58	31.5
LISAM 10A	88.72	0.28	0.15	10.58	--	0.11	2.62	9.16

从技术指标来看, 几类尖晶石样品化学成分相近, 粒度指标差异较大, 尖晶石 180 目 D50 在 25.7 μm , LISAM90-325 的 D50 在 7.58 μm , LISAM 10A 的 D50 为 2.62 μm 。

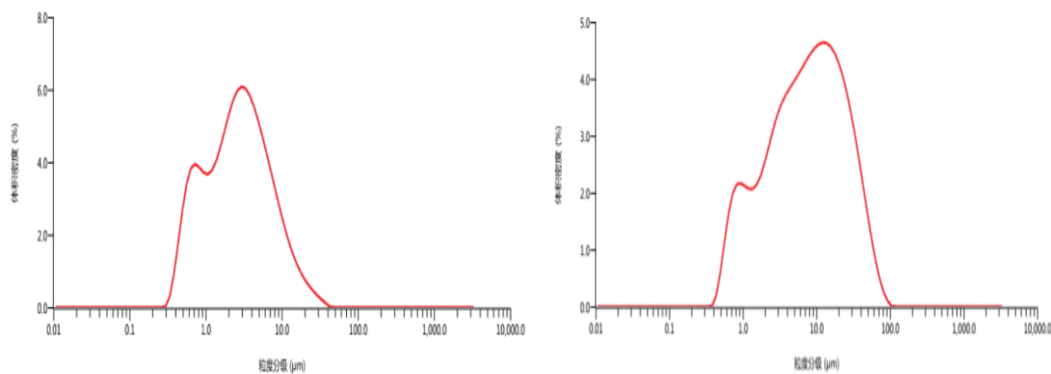


图 1 粒度分布曲线图

(左: LISAM-10A, 右: LISAM90-325)

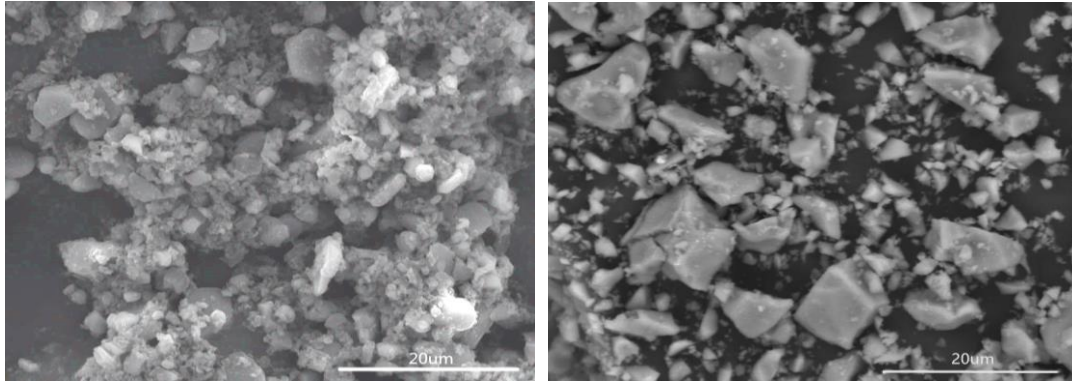


图2 SEM 显微形貌

(左: LISAM-10A, 右: LISAM90-325)

2.2 烧结尖晶石粉在刚玉尖晶石浇注料中的应用性能评价

选用不同烧结尖晶石产品制备刚玉尖晶石浇注料, 浇注料配比如表 1 所示, 浇注料性能如表 3 及表 4 所示, 试验条件室温 21°C, 湿度 65%RH。

表 3 刚玉尖晶石浇注料的施工性能及早期强度

试样编号	加水量/%	流动值/mm	110°C×24h 烘后性能			
			气孔率/%	体积密度/(g/cm ³)	抗折/MPa	耐压/MPa
1#	4.68	118	14.11	3.06	5.6	80.6
2#	4.60	157	13.24	3.08	5.5	78.9
3#	4.40	169	12.67	3.09	9.0	108.3
4#	4.40	148	12.98	3.09	8.6	84.5

*注: 试样编号 1#为 90 尖晶石 180 目, 2#为 LISAM 90-325 微粉, 3#为自立 LISAM 10A, 4#为 LISAM 10A 与 LISAM 90-325 按照 1:1 复合使用。

表 4 刚玉尖晶石浇注料的物理指标

试样编号	1000°C×3h			1600°C×3h			1600°C×3h 抗渣性能	
	线变化/%	抗折/MPa	耐压/MPa	线变化/%	抗折/MPa	耐压/MPa	侵蚀指数/%	渗透指数/%
1#	0.01	6.0	71.2	0.46	14.6	82.7	8.76	14.20
2#	-0.01	6.9	77.5	0.27	21.7	108.9	8.19	13.53
3#	-0.04	10.8	127.4	0.23	40.5	198.6	5.22	9.82
4#	-0.01	10.9	90.2	0.24	29.4	164.9	6.85	11.13

由表 3 及表 4 数据可以看出, 随着尖晶石微粉粒度的减小, 微粉的加入可以更好的填充细小孔隙, 浇注料加水量明显降低, 气孔率减少, 体积密度提高, 同时超细微粉的加入, 可以提供更多的接触质点, 有利于固相烧结的进行, 浇注料各阶段强度明显提高。

制备抗渣渣锅样块，使用等量钢包渣，在 1600℃电炉保温 3h 进行静态抗渣试验。试验后，将渣锅沿轴线剖开，观察样块抗渣渗透及侵蚀状态，并制备电镜样，在扫描电子显微镜下观察渣的渗透及侵蚀情况，具体如图 3 所示。

表 5 钢包渣化学成分

	化学成分 wt/%									
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO ₂
钢包渣	11.56	13.23	25.18	35.35	8.95	0.52	0.09	0.05	0.92	3.26

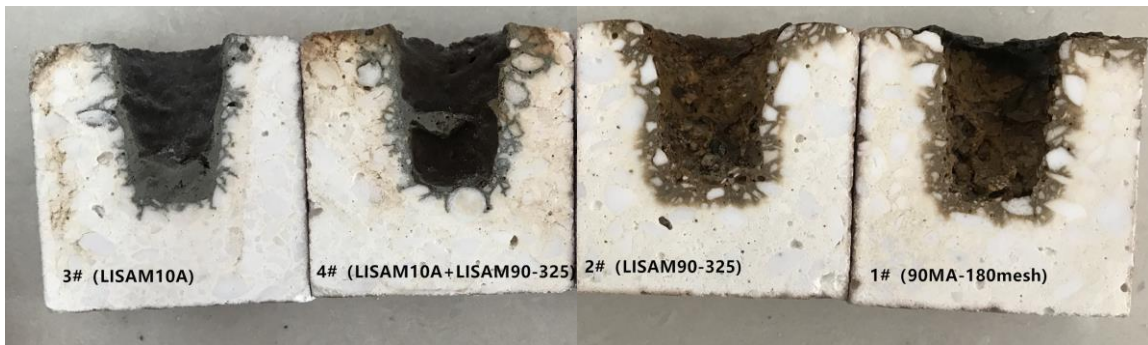


图 3 抗渣样剖面图

(从左至右依次为 3#、4#、2#、1#配方抗渣样)

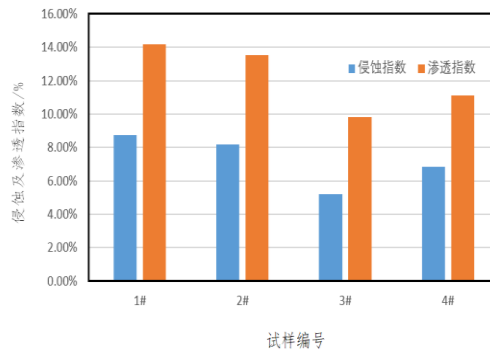
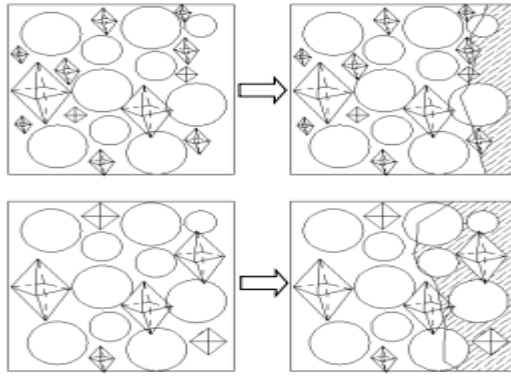


图 4 抗渣侵蚀渗透指数

使用 LISAM 10A 的试样，抗渣渗透性能明显优于常规尖晶石微粉产品。尖晶石微粉抗渣机理一般认为是尖晶石中阳离子缺陷可捕捉渣中的 FeO、MnO，Al₂O₃ 可与渣反应生成 CA₆、CA₂ 等矿物，从而增大了渣的黏度，抑制渣的渗透。超细微晶尖晶石可更均匀地分散在基质组成中，形成屏障抵抗渣的侵蚀渗透，合理的基质粒度级配可进一步降低浇注料加水量，减少气孔率，降低气孔孔径，抑制渣的渗透，抗渣示意图如图 5 所示。



(上图为使用 LISAM 10A 浇注料抗渣示意图，下图为使用 90 尖晶石 180 目的浇注料抗渣示意图)

图 5 抗渣示意图

3 结论

(1) 在刚玉尖晶石浇注料体系中，随着尖晶石微粉粒度的减小，可以更好的填充细小孔隙，浇注料加水量明显降低，气孔率减少，体积密度提高，同时超细尖晶石微粉的加入，可以提供更多的接触质点，有利于固相烧结的进行，浇注料各阶段强度明显提高。

(2) 随着尖晶石微粉粒度的减小，尖晶石组分可以更均匀地分散于浇注料中，形成屏障抵抗渣的渗透侵蚀，同时低的加水量带来的低气孔率也有助于提高抗渣渗透性能。

参考文献

- [1] 李楠，顾华志，赵惠忠. 耐火材料学[M]. 北京：冶金工业出版社，2010：196.
- [2] Junichiron Mori et al. Material Design of Monolithic Refractories for Steel Ladle[J]. Am Ceram Soc Bull, 1990.69(7): 1172-1176.
- [3] 李楠，顾华志，赵惠忠. 耐火材料学[M]. 北京：冶金工业出版社，2010：193.
- [4] 何平显，李友胜，李楠. 尖晶石微粉对铝镁质钢包浇注料性能的影响[J].耐火材料，1997，(6)，316-318.
- [5] 王守权 译. 尖晶石微粉原料的烧结性状及在浇注料上的应用[J].国外耐火材料，1995，(8)，23-26.

宋雅楠：女，1988年生，硕士，中级工程师。

E-mail: yansong@ziliref.com