

无碳机压砖用镁铝质结合剂的应用实践

宋雅楠¹⁾，邵俊宁²⁾，赵义¹⁾，罗明³⁾，帅航¹⁾，马铮³⁾

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 河北唐山 064404

3) 浙江自立高温科技有限公司浙江绍兴 312300

摘要：使用镁铝质结合剂制备无碳机压砖，并从气孔、体密、线变化、力学性能、抗渣性能等方面与钢包预制块进行性能对比分析。结果表明：与钢包预制块相比，镁铝结合剂结合无碳机压砖在常温和中高温下的致密度和强度更高，抗渣侵蚀和渗透性能更加优异，有利于改善钢包熔池部位因钢水和熔渣渗透而造成的结构剥落问题，同时可改善抗渣侵蚀性能；镁铝结合剂结合无碳机压砖在钢包熔池上进行中试使用，能够较好满足现场使用要求。与传统钢包预制块相比，无碳机压砖热端面的渣渗透层和变质层厚度更薄，剖面结构更加致密，熔池部位整体性及使用残厚方面具有一定优势。

关键词：镁铝质结合剂；无碳机压砖；抗渣性能；抗剥落性能

Application of magnesia-alumina binder for carbon-free brick

Song Ya'nan¹⁾，Shao Junning²⁾，Zhao Yi¹⁾，Luo Ming³⁾，Shuai Hang¹⁾，Ma Zheng³⁾

1) Zhejiang Zili Advanced Materials Co.,Ltd. Shaoxing,Zhejiang 312300

2) Beijing Shougang Co., Ltd. Tangshan, Hebei 064404

3) Zhejiang zili high Temperature Technology co. Ltd. Shaoxing,Zhejiang 312300

Abstract: Magnesia-alumina binder is used to make carbon-free bricks. This paper introduces the difference in the apparent porosity, bulk density, linear change, mechanical properties and slag resistance of carbon-free brick with precast block. The results show that compared with precast block, carbon-free brick has the better characters of bulk density, mechanical strength and slag resistance. Carbon-free brick combined with magnesia-alumina binder is widely used in the steel ladle, which has better working performance. The residual thickness of carbon-free brick is thicker and the thickness of slag permeation zone and metamorphic zone is much thinner. Compared with the regular ladle precast block, carbon-free brick with the more compact structure guarantees the advantageous performance of slag resistance.

Keyword: Magnesia-alumina binder; Carbon-free brick; Slag resistance; Anti-strip capacity

目前钢包工作层大多使用铝镁预制块、刚玉尖晶石整体浇注料、镁碳机压砖等耐火材料

产品。铝镁预制块是将不定形耐火材料在生产车间加工成预制块,经烘烤处理后送现场使用,组织结构相对均匀,具有稳定的使用性能,但生产效率低,成本相对较高^[1-2];整体浇注料仅需通过混料工序,即可发至现场浇注,生产工艺简单,效率高,但现场施工与氧化条件不易控制,影响炉衬质量,且前期模具投资较大,渣线以下部位修补相对困难^[2-3];镁碳机压砖具有良好的抗热震性、抗渣性及抗结构剥落性,但其具有较高的热导率,会引起钢水温降及钢壳变形,同时会向钢水中增碳,不适于低碳钢及超低碳钢的生产^[4-5]。

基于此,为改善钢包材料面临的几个问题,拟开发铝镁质无碳机压砖,使用镁铝质结合剂结合,采用机压成型的方式制备。与传统的铝镁预制块相比,无碳机压砖,组织结构更加致密,使用过程中具有更加优异的抗渣侵蚀和渗透性能,对于减少使用过程中因熔渣渗透产生的结构剥落和提高熔池部位抗熔损性能方面具有一定优势。同时无碳机压砖采用机压成型,生产效率明显高于传统铝镁预制块。可替代钢包包壁预制块使用,以提高生产效率及使用寿命。本文工作对镁铝质结合剂的技术指标进行检测,并对比镁铝质结合剂结合的无碳机压砖及铝镁预制块的技术指标及使用效果。

1 试验

1.1 试验原料

试验用主要原料有板状烧结刚玉(5~3mm、3~1mm、1~0mm、180目、325目)、活性 α 氧化铝微粉(LISAL 15RA)、96级硅微粉、97级电熔镁砂、镁铝质结合剂(LIMAGEL-55)、铝凝胶粉结合剂(LIALUGEL-80A)。

使用 Thermo Fisher Scientific X 射线荧光光谱仪对各原料的化学成分进行检测、使用 Mastersizer 3000 激光粒度分析仪对粉体粒度分布指标进行检测,使用 Thermo VERSASTARPRO 酸度计对 PH 值进行检测,具体指标如表 1 所示。

表 1 原料技术指标

	化学成分/%							PH 值	显气孔率/%	体积密度/(m ² /g)	粒度	
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	C	L.O.I.				D50/um	-325/%
板状烧结刚玉	99.59	0.02	0.01	0.01	0.34	/	/	/	4.2	3.54	/	/
活性 α 氧化铝	99.62	0.03	0.01	0.01	0.21	/	/	/	/	/	1.52	99.8
96级硅微粉	0.81	96.27	0.12	0.75	0.32	1.15	0.89	7.34	/	/	0.75	100.0
97级电熔镁砂	/	0.59	/	97.08	/	/	/	/	/	/	/	/
镁铝质结合剂	42.12	/	/	55.63	/	/	/	/	/	/	/	97.4
铝凝胶粉结合剂	82.41	15.75	/	/	/	/	/	/	/	/	/	99.1

1.2 试样制备及性能检测

试验配比 1 以板状烧结刚玉骨料及细粉、活性氧化铝微粉、镁铝质结合剂、96 级硅微粉作为主要原料，首先将配方中细粉、微粉以及镁铝质结合剂进行预混合，然后将板状烧结刚玉颗粒、预混合粉进行混碾，此过程中加入总量约为 1.5% 的水。混碾出的泥料干湿正常后，即进行压制成型。试样经 110°C×24h 烘干处理，放入电炉内分别经 700°C×3h、1000°C×3h、1600°C×3h 下热处理。

试验配比 2 以板状烧结刚玉骨料及细粉、活性氧化铝微粉、97 级电熔镁砂、铝凝胶粉结合剂作为主要原料，首先将配方中细粉、微粉以及铝凝胶粉结合剂进行预混合，然后将板状烧结刚玉颗粒、预混合粉进行搅拌混合，此过程中加入总量约为 4.6% 的水。试样经 110°C×24h 烘干处理，放入电炉内分别经 700°C×3h、1000°C×3h、1600°C×3h 下热处理。

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 5988-2007 测定烧后试样的线变化率；参照 GB/T 8931-2007 测定试样的抗渣性能；参照 YB/T 5200-2008 测定试样的体积密度。

表 2 镁铝结合剂结合无碳机压砖试验配比 1 (w/%)

名称	板状烧结 刚玉骨料	板状烧结 刚玉细粉	活性 α 氧化 铝微粉	96 级硅微粉	镁铝质结合剂 LIMAGEL-55
MA-J1	75	13.6	4.5	0.7	6.2

表 3 镁铝质铝镁预制块试验配比 2 (w/%)

名称	板状烧结 刚玉骨料	板状烧结 刚玉细粉	97 级电熔 镁砂	活性 α 氧化铝 微粉	铝凝胶粉结合剂	外加剂
MA-Y1	75	9	4	7	5	0.30

2 结果与讨论

2.1 外观形貌

对烘干处理后砖样的外观形貌进行观察，如图 1 所示。从制备砖样的形貌来看，样块边角强度正常，外观良好。



图 1 成型后外观状态

(左: 镁铝质结合剂结合无碳机压砖 MA-J1, 右: 铝镁预制块 MA-Y1)

2.2 常温及中高温物理指标

两组试验样块切割成 40mm×40mm×160mm 条样, 分别经 110°C×24h、700°C×3h、1000°C×3h、1600°C×3h 处理后, 对其物理指标进行检测。检测结果如表 4 及表 5 所示。

表 4 试验条样的常温及中温物理指标

试样 编号	110°C×24h				700°C×3h			
	显气孔 率/%	体积密度 /(g/cm ³)	抗折强度 /MPa	耐压强度 /MPa	显气孔 率/%	体积密度 /(g/cm ³)	抗折强度 /MPa	耐压强度 /MPa
MA-J1	8.9	3.31	25.3	135.2	10.3	3.28	15.2	102.4
MA-Y1	15.7	3.09	10.8	90.1	16.6	3.08	6.7	55.8

表 5 试验条样的中高温物理指标

试样编号	1000°C×3h					1600°C×3h				
	线变化/%	显气孔率/%	体积密度 /(g/cm ³)	抗折强度 /MPa	耐压强度 /MPa	线变化/%	显气孔率 /%	体积密度 /(g/cm ³)	抗折强度 /MPa	耐压强度 /MPa
MA-J1	+0.02	13.5	3.27	19.9	110.3	+0.40	13.7	3.25	23.6	112.7
MA-Y1	+0.12	18.0	3.06	8.7	62.5	+0.38	18.0	3.00	22.9	104.0

由表 4 及表 5 数据可以看出, 经不同热处理条件处理后, 镁铝结合剂结合无碳机压砖 MA-J1 的显气孔率均明显低于预制块 MA-Y1, 且具有较高的体积密度、抗折及耐压强度。这主要是由于机压成型较浇注成型, 加水量低, 且施加了较高的成型压力, 更易于获得低气孔高体密的耐材制品, 气孔率低, 接触质点增多, 且镁铝质结合剂具有较高的反应活性, 可促进各阶段强度的发展。

2.3 抗渣性能

制备抗渣渣锅样块，装入等量钢包渣，钢包渣化学成分如表 6 所示。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，具体如图 2 所示。

表 6 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



MA-J1



MA-Y1

图 2 抗渣试样剖面图

根据抗渣试验结果分析，镁铝结合剂结合无碳机压砖 MA-J1 表现出相对较好的抗渣侵蚀渗透性能，推测主要是由于熔渣易通过气孔向耐火材料内部渗透，机压砖气孔率低，致密度高，减少了渣的侵蚀渗透路径，进而提高了耐火材料的抗渣性能。

2.4 市场使用情况

客户使用镁铝质结合剂 LIMAGEL-55 制备无碳机压砖，并用于 A 钢厂及 B 钢厂钢包熔池部位，无碳机压砖均表现出了较好的整体性及抗熔损性能。具体使用情况如表 7 所示。

表 7 钢厂使用情况

使用部位	容量	工况条件	使用炉龄	下线残厚	平均侵蚀速率	侵蚀剥落情况
A 钢厂 钢包熔池	250 吨	LF	150 次	渣线正下方 90mm; 熔池中下部 110-140mm	0.47mm/炉次	侵蚀均匀，无异 常熔损及剥落
B 钢厂 钢包熔池	260 吨	RH+LF	179 次	渣线正下方 80mm	0.50mm/炉次	侵蚀均匀，无异 常熔损及剥落

同时在 A 钢厂对比无碳机压砖与铝镁质预制块使用效果。将镁铝质结合剂制备的机压砖 MA-J1 及预制块 MA-Y1 应用于 A 钢厂钢包熔池部位，经小修中修大修下线后，评价其使用性能。经钢厂使用对比，两组配方均正常下线，使用过程中较为正常，熔损速率正常，未出现异常熔损及剥落的问题。使用过程中小修、中修和大修时的相关照片见下图 3 所示。下线后观察无碳机压砖残砖厚度，熔池中下部部位的残厚在 110-140mm，渣线正下方残厚在 90mm 左右，能够较好满足现场使用要求。铝镁质预制块中下部部位残厚在 90-130mm，残厚低于无碳机压砖。用后残砖的剖面照片见下图 4 所示，可以看出，与预制块相比，无碳机压砖残砖热端部位熔渣的渗透层厚度很薄，在 10mm 左右，明显低于预制块。且与预制块相比，整个残砖断面结构致密，整体性能较好，横向断裂裂纹较少。



生产

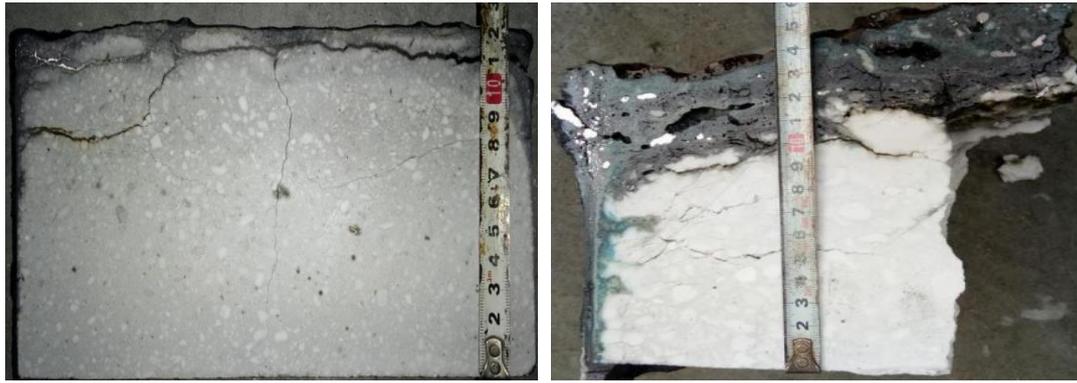
小修



中修

大修

图 3 镁铝质结合剂结合无碳机压砖使用照片



MA-J1

MA-Y1

图4 下线残砖剖面照片

(左：镁铝质结合剂结合无碳机压砖 MA-J1，右：铝镁预制块 MA-Y1)

3 结论

(1) 与铝镁预制块相比，镁铝结合剂结合无碳机压砖在常温和中高温下的致密度和强度更高，抗渣侵蚀和渗透性能更加优异，有利于改善钢包熔池部位因钢水和熔渣渗透而造成的结构剥落问题，同时可以改善抗渣侵蚀性能；

(2) 镁铝结合剂结合无碳机压砖使用于钢包熔池处，能够较好满足现场使用要求。与传统铝镁质预制块相比，无碳机压砖热端面的渣渗透层和变质层厚度更薄，剖面结构更加致密，熔池部位整体性及使用残厚方面具有一定优势。

参考文献

- [1] 陈敏, 王楠, 于景坤, 刘伟. 钢包工作衬用无碳预制块的研制与应用[J]. 东北大学学报, 2006,27(11): 1244-1246.
- [2] 李楠, 顾华志, 赵惠忠. 耐火材料学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010: 272.
- [3] W.E.Lee, W. Vieira, S. Zhang, et al. Castable refractory concretes[J].International Materials Reviews[J]. 2001,46(3):145-167.
- [4] 阮国智, 李楠, 吴新杰. Al₂O₃-C 耐火材料对超低碳钢的增碳作用[J]. 耐火材料, 2004, 38(6): 399-401,406.
- [5] Ruan G Z, Li N. Carbon pickup of interstitial free steel from Al₂O₃-C refractories [J]. Ironmaking and Steelmaking, 2004, 31(4): 342-344..

宋雅楠：女，1988年生，硕士，中级工程师。

E-mail: yansong@ziliref.com