

钢铁工艺优化对耐火材料发展的影响

彭达岩 郭伏安

中国钢研科技集团有限公司 北京 100081

摘要 以当前钢铁冶金主流程为线索,系统介绍了耐火材料近 20 年来随着冶金工艺优化而发展的历程,同时展望了钢铁工业用耐火材料今后的发展趋势。

关键词 钢铁工艺,优化,耐火材料

钢铁是国民经济建设中一种不可替代的重要的基础材料,所以,在一定时期内钢铁发展展示了一个国家的国力。在科学高速发展时代,钢铁工艺优化也得到快速发展。特别是到 21 世纪,建立了新一代可循环的钢铁制造流程,其主要特征是:工艺现代化,装备大型化,生产节约化,流程高效化,产品精品化,资源循环化,构造高质量,高效率,低成本,清洁化的生产体系,建设资源节约型、环境友好型社会。同样,冶金工艺的发展也促进、推动了耐火材料的技术发展。图 1 示出了 20 世纪 60 年代以来冶金工艺优化发展过程^[1]。

熔融还原两种。因炼铁工艺不同,所用窑炉不同,对耐火材料要求也不一样。

从生铁产量考虑,高炉炼铁在今后仍是主导地位。目前,高炉工艺优化主要表现为高效、大型化和长寿命。高炉的高效体现在利用系数提高到 2.5 ~ 3.0,高炉的大型化体现在其容积在 3 200 m³ 以上,高炉的长寿命由过去的 3 ~ 5 年提高到 12 ~ 15 年。

随着节能的要求,鱼雷车运铁由于不能“一包到底”而使铁水温降很大的缺点得以凸显。今后“一包到底”的运输铁水工艺在工厂的设计中将会被更多采用。同时还要求在铁水包实现“三脱”,即脱硅、脱硫、脱磷,而此时铁水包包衬除了要求具有好的耐铁水性和抗渣性外,还要求其保温性好。

近几年,熔融还原和直接还原炼铁已实现工业生产,而炼铁工艺的优化和新工艺也对耐火材料提出了新的要求。

1.2 炼铁用耐火材料的发展

随着高炉大型化及长寿技术的发展,高炉用耐火材料的基本变化如图 2 所示。图中,(a)为 20 世纪 70 年代以前高炉用炉衬,(b)为 20 世纪 80 年代高炉炉衬,(c)为 20 世纪 90 年代高炉炉衬,(d)为 21 世纪初大多采用的薄炉壁高炉炉衬。

由图 2 可知:20 世纪 70 年代以前,炉腹、炉身用普通高铝砖,炉缸用普通炭砖;70 年代以后,炉腹、炉身使用 SiC 砖,炉缸使用微孔炭砖;90 年代,高炉炉衬结合前两种材料特点进行复合砌筑,即将高导热微孔炭砖砌筑在靠近炉壳处,将刚玉质材料砌筑为工作衬,直接与铁水接触,复合砌筑的优点,一是快速把靠

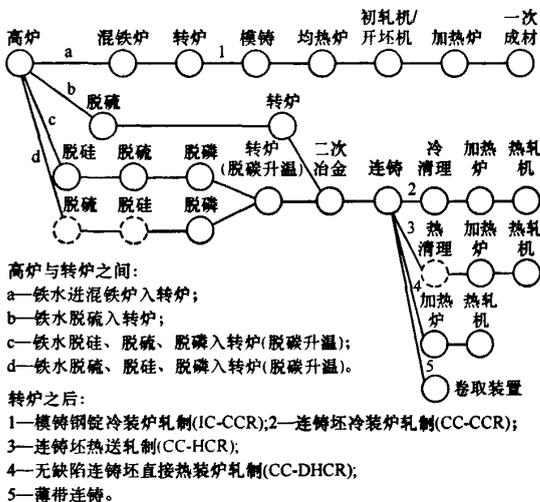


图 1 冶金工艺优化发展过程示意图

1 炼铁工艺及耐火材料

1.1 炼铁工艺的发展

目前,炼铁工艺有高炉炼铁和非高炉炼铁,而在非高炉炼铁中,因还原形态不同,又分为直接还原和

* 彭达岩,男,1951 年生,教授级高级工程师。

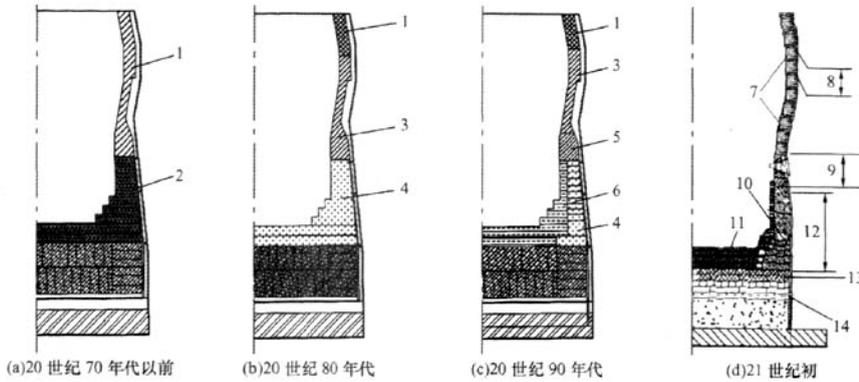
E-mail: pdy2004@sohu.com

收稿日期:2010-04-15

编辑:柴剑玲

近炉壳的热量向冷却壁扩散,二是抗侵蚀的刚玉质材料直接与铁水接触,既耐铁水侵蚀,又能保持铁水温度;到了21世纪,大型高炉炉衬相继采用薄炉衬,即

炉缸仍采用陶瓷杯,炉底采用高导热材质的薄炉底,炉身采用嵌砖冷却壁。表1列出了现代大型高炉用耐火材料的性能。



1—普通高铝砖;2—普通炭砖;3—Si₃N₄结合SiC砖;4—微孔炭砖;5—SiAlON结合刚玉砖;6—复合棕刚玉砖、刚玉砖;7—镶砖;8—冷却壁;9—风口组合砖;10—2、3段冷却壁;11—刚玉-莫来石陶瓷杯;12—NMA+NMD砖;13—国产微孔大炭块;14—国产高导热炭砖

图2 高炉炉衬耐火材料的演变示意图

表1 现代大型高炉炉衬用耐火材料性能指标

项 目	微孔炭砖	普通炭砖	铝碳砖	法国陶瓷杯	刚玉-莫来石砖	复合棕刚玉砖	Si ₃ N ₄ 结合SiC砖	模压小炭块	SiAlON结合刚玉砖	微孔刚玉砖	SiAlON结合SiC砖
C			>12					90			
w/%			>60		>85	>78	>70		81.95	78	
Al ₂ O ₃										13	>70
SiC											
N									5.02		
体积密度/(g·cm ⁻³)	1.56	1.57	2.69	3.29	2.86	3.02	2.67	1.8	3.28	3.14	2.70
显气孔率/%	17.0	14.1	13.39	10	18.0	13.0	14.0	10.0	13.0	13.03	15.0
透气度/(m·Pa ⁻¹ ·s ⁻¹)	2.418	1.51	0.30	6.08	11.9	8.7	1.07	4.66		0	
氧化质量损失率/%	8.89	33.69	0.93	0	0	0	0.34				
抗铁水侵蚀指数/%	13.65	29.2	0.32	0	0.54	0.88	27.96	28		1.1	
平均孔径/μm	0.23	2.17	0.71	0.18		3.60	0.99	1.56		0.26	
<1 μm的孔容/%	73.69	26.48	75.76	95.33		9.18	53.40	24.00		75.00	
常温耐压强度/MPa				66.1	92.2	121			282	168	220
常温抗折强度/MPa										23.0	52.7
高温抗折强度/MPa (1 400 ℃, 0.5 h)									23	12	50
热膨胀系数×10 ⁶ /℃ ⁻¹ (1 000 ℃)									(1 350 ℃) 4.7	4.55	
300 ℃	11.55	3.67	15.5	4.93	4.48		9.94	19.50			
600 ℃	13.38	5.00	14.8	5.42	4.46	5.03	12.7	19.8			
800 ℃	13.55	5.49	16.9	4.61	5.08		17.4	19.25			
1 000 ℃											19.4

出铁沟工作衬和铁水罐衬随着高炉工艺的优化也相应变化。20世纪70年代以前,出铁沟用材料一般为Al₂O₃-SiO₂系材料;70年代以后,国外开始用Al₂O₃-SiC-C系列材料;到80年代,Al₂O₃-SiC-C系材料在国内也得到应用,其施工方式由干式捣打发展为振动浇注,直到现在的自流浇注料、快速烘烤浇注料和免烘烤干铺料。出铁沟通铁量过去为3万~5万t,现在已达15万~30万t,材料消耗大幅度降低。随着铁水“三脱”工艺的实施,鱼雷车或铁水罐内衬采

用单一炉衬已经不能满足使用的要求,在与铁水接触部位采用Al₂O₃-SiC-C砖,但在渣线和炉口,则需分别采用抗碱侵蚀和不粘渣的耐火材料。

表2列出了几种常用铁沟料的理化性能指标,表3列出了鱼雷车用耐火材料的理化指标。

与高炉炼铁工艺用耐火材料相比,熔融还原工艺用耐火材料对抗FeO侵蚀的要求更高,且要求其在熔融区域的耐高温性更好。这一区域的耐火材料主要以碳、非氧化物-氧化物复合材料为主,如SiAlON结

表2 几种常用铁沟料的理化性能指标^[2]

项目	捣打料	A浇注料	B浇注料	快干浇注料	免烘烤捣打料
w(Al ₂ O ₃)/%	65.9	73.2	79.96	73	>60
w(SiC + C)/%	15	13	13.76	13	>15
体积密度/(g·cm ⁻³)	110℃ 24 h 2.71	2.86	3.04	2.97	
	1 450℃ 3 h		2.98		2.56
抗折强度/MPa	110℃ 24 h 4.2	9.2	9	6.3	7.0
	1 450℃ 3 h 5.3	10.3	11	6.5	6.6
耐压强度/MPa	110℃ 24 h 15	42	33	33	30
	1 450℃ 3 h 20	51	35	54	25
烧后线变化率/%	1 450℃ 4 h -0.1	+0.1	+0.19	+0.5	-0.12

表3 鱼雷车用 Al₂O₃ - SiO₂ - C 的理化指标

项目	国内A厂	国内B厂	国内C厂		国外(不烧砖)
			1*	2*	
w(Al ₂ O ₃)/%	55~60	63.3			59
w(SiC)/%	10~14	17.1			18
w(C)/%	8~12	11			10
w(SiO ₂)/%		5.9			7
显气孔率/%	5.4~7.3	3.1	3.3~3.5	4.1~4.5	11.2
体积密度/(g·cm ⁻³)	2.71~2.74	2.83	2.95~3.0	2.84~2.86	2.78
常温耐压强度/MPa	50.5~83.8	68.2	>60	>55	51.9
常温抗折强度/MPa		34.4	>28	>28	22.5
高温抗折强度/MPa	4.90~(1 400℃ 0.5 h)	7.4	>14	>10	5.1
	8.64				
重烧线变化率/%	+0.1~(1 500℃ 4 h)				
	+0.5				
热膨胀率/(1 000℃)		0.55			0.48

合刚玉砖和微孔铝碳砖(其性能指标见表1)。

直接还原工艺用转底炉工作衬分为炉顶、炉底和炉墙。反应区域不同,选用的耐火材料也不同,主要为浇注料、喷涂料、高铝砖和隔热材料等。转底炉炉衬材料的主要性能指标见表4。

表4 直接还原用转底炉炉衬材料的主要性能指标

项目	炉底		炉顶、炉墙	
	浇注料	高铝砖	加热区浇注料	其他区域
要求使用温度/℃	1 750	1 600	1 700	1 650
w(Al ₂ O ₃)/%	94	65	70	51
w(SiO ₂)/%			22	43
体积密度/(g·cm ⁻³)	2.9	2.7	2.5	2.1
	110℃ 24 h 7.0		5.8	3.4
耐压强度/MPa	1 000℃ 3 h 7.0		4.4	1.96
	1 500℃ 3 h 10	49	8.8	5.88
线变化率/%	+0.1~(1 300℃)	+0.1~ -0.4	+0.1~ -0.3	+0.1~ -0.3
热膨胀系数 × 10 ⁶ /℃ ⁻¹	8.5		7.0	6.0
热导率/(W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	1.26		0.74	0.68
	(500℃)			
施工方法	喷涂	砌筑	喷涂	浇注

2 炼钢工艺与耐火材料

2.1 炼钢工艺的发展

炼钢工艺的主要变化是由平炉变为转炉,同时转炉也向大型化发展(100 t 以上)。据统计,2007 年 200 t 转炉达 24 座,溅渣护炉炉龄达到 30 000 炉。另外,随着短流程的发展,电炉炼钢得到了迅速发展,目前国外钢产量的 30% 以上是由电炉生产的。

冶炼工艺由单一吹炼(顶吹、侧吹、底吹)发展为顶底复合吹炼。为进一步提高钢的质量,钢包精炼工艺也得到迅速发展。炼钢工艺的发展过程可用图 3 表示。

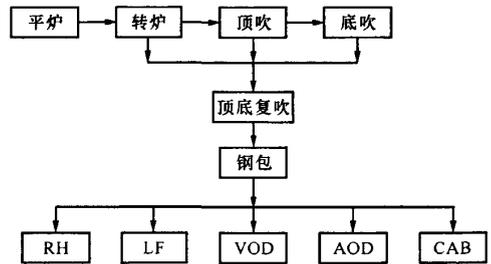


图3 炼钢工艺发展过程

2.2 炼钢耐火材料的发展

炼钢工艺的变化,使炼钢耐火材料的结构发生了根本性的变化,这种变化趋势如图 4 所示。

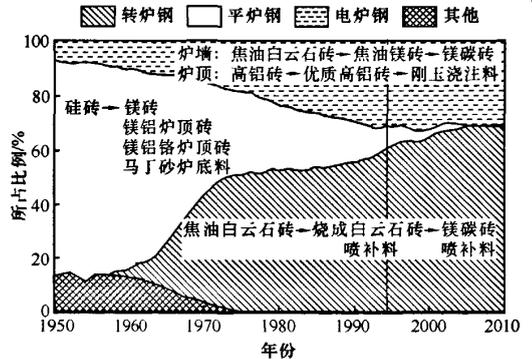


图4 全世界各种炼钢工艺和耐火材料的变化

钢包用耐火材料也发生了较大的变化,由单一砌筑发展到包底、包身、渣线复合砌筑,直至钢包整体浇注,钢包的使用寿命也由过去的几十炉发展到上百炉。其中,整体浇注的非精炼包的使用寿命在 250 炉以上,而精炼包的使用寿命随精炼工艺的不同而差别较大,但均在 30 次以上。

炼钢工艺用转炉、电炉和钢包用主要材料的性能指标见表 5。

表5 转炉、电炉和钢包用主要材料的性能指标^[3]

项 目	MT-18	MT-14	镁铬砖	直接结合 镁铬砖	镁白云 石砖	铝尖晶石浇注料			镁铝浇注料 (日本产)	无碳钢 包砖
						1	2	3		
Al_2O_3			5.6	7.21	0.2	>72				
MgO	72	76	69.3	70.8	63.3		>11	91	91	86
SiO_2				1.37	0.8		<9.5	5	7	7
w/%										
C	18	14								
Cr_2O_3			17.4							
CaO				0.82	34.8			3		1
体积密度/($g \cdot cm^{-3}$)	2.9	2.9	3.30	3.05~3.2	3.06	2.93	2.8			3.3(160℃) 3.3(1300℃)
显气孔率/%	3	3	14		11	21	<12			
常温耐压强度/MPa	40.0	40.0	65.0	13~17 50~70	117.0	53.3	60.0	44.3	52.7	87(160℃) 130(1500℃)
抗折强度/MPa	10.0	10.0	13.0 (1400℃)	6.0~10.0 (1400℃)	3.6 (1480℃)	10.3	8.0	13.6	17.6	20.0
烧后线变化率/%						+0.05	+0.8~+1.7	+0.3	+1.6	+0.1~+0.6

喷吹工艺和精炼包的出现,促进了功能耐火材料的发展。在发展初期,转炉、电炉及精炼包用供气砖均靠进口,经过“八五”、“九五”攻关,转炉、电炉、及钢包用供气砖均达到或超过国外同类产品。其中,转炉供气砖单支使用寿命超过8000炉,而通过热更换可达万炉,可与转炉寿命同步;电炉供气砖使用寿命可与电炉炉龄同步(>350次)。表6列出了各种供气砖的主要性能指标。

表6 各种供气砖的主要性能指标

项 目	转炉 供气砖	电炉 供气砖	钢包透气砖	
			刚玉质	弥散式
MgO	>78	>81		
C	>18	>14		
w/%				
Al_2O_3			96.01	92
SiO_2			2.91	5
Cr_2O_3				2
显气孔率/%	<3	<3	23	25
体积密度/($g \cdot cm^{-3}$)	>2.85	>2.90	2.99	2.80
常温耐压强度/MPa	>40	>40	131	80
常温抗折强度/MPa	>20	>20		
高温抗折强度/MPa (1400℃)	>12	>12		7

3 铸钢工艺与耐火材料

3.1 铸钢工艺的发展

在铸钢工艺发展过程中,模铸工艺占据了相当长的时期。1980年,中国连铸比仅为6.7%,几乎全部是模铸;到1995年,通过长达15年的发展,连铸比也只达到40%以上;直到1996年以后,中国高效连铸和薄板坯连铸才有了长足的发展,到2010年,连铸比达到98.86%,模铸基本被淘汰。

3.2 铸钢用耐火材料

模铸所用的耐火材料主要是黏土质与高铝质,其

中消耗最大的是通道砖和中铸管。随着连铸工艺的发展,直到模铸全部被淘汰,大大促进了连铸用耐火材料的发展,其中以连铸用的“三大件”为代表。在宝钢投产时,国内连铸用的耐火材料全部依赖于进口,直到20世纪80年代末才全部国产化,到90年代又开发出了免烘烤、防堵塞的复合长水口,其寿命有了很大提高,现在单支连续浇注可达12炉以上。

现在所用滑动水口、长水口、浸入式水口的材质一般为铝碳、铝锆碳。随着洁净钢、超洁净钢工艺的发展,日本等发达国家正在开发无硅、无碳的浸入式水口,或以锆为基础的材料。目前,锆质水口已用于工业生产。表7列出了几种典型水口产品的性能指标。

表7 典型水口的性能指标

项 目	铝碳质 滑动水口	浸入式水口		塞棒	
		铝碳质	尖晶石质	本体	渣线
w/%					
C	5.0	28.6		31	13.3
Al_2O_3	>83	66.4	76.0	52	82.5
SiC	>10	4.4			4.6(ZrO ₂)
SiO_2			23.0	15.7	0.8
显气孔率/%	10	16.4	18.5	17.9	16.3
体积密度/($g \cdot cm^{-3}$)	3.00	2.55	2.68	2.35	2.87
常温抗折强度/MPa	67	10.2	9.0	7.4	9.4
热导率/($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)		27.1	3.7		
热膨胀率/%	0.7	0.27	0.55		

在连铸工艺的发展中,近终形连铸工艺将会得到更快的发展。以薄板坯连铸为例,到2008年为止,世界上已有三十几条生产线,其中国内已有13家。而实现薄板坯连铸工艺,浸入式水口是关键工件之一。通过近几年的开发,国内也有几家生产厂家能生产该产品,打破了薄板坯连铸浸入式水口由国外垄断的局面。

中间包是实现连铸工艺必不可少的工艺装置。中间包耐火材料由过去的绝热板逐渐发展为中间包涂料。目前几乎所有中间包都采用涂料,尤其是 MgO-CaO 涂料,其 CaO 质量分数可达到 40% 以上,该涂料在使用过程中还能起到净化钢水的作用。随着快速更换水口技术的发展,中间包涂料寿命可达 30 h 以上。现在又开发了免烘烤的中间包干式捣打料,其使用寿命在 60 h 以上。表 8 列出了几种中间包涂料的理化性能指标。

表 8 几种中间包涂料的理化性能指标

编 号	手工涂 抹料	机械喷 涂料 A	机械喷 涂料 B	干式 振动料	
w/%	MgO	>80	>80	50~70	>87
	SiO ₂	<5	<5	<5	
	CaO	<10	<10	10~35	
体积密度/(g·cm ⁻³)	110℃ 24 h	2.0	1.7	1.8	2.35
	1500℃ 2 h	2.1	1.8	1.9	2.32
耐压强度/MPa	110℃ 24 h	2.0	2.0	>3.0	4.1
	1500℃ 2 h	8.0	8.0	>5.0	8.2
线变化率/%	110℃ 24 h	-1.0~+0.5	-1.5~+0.5	-1.5~+0.5	
	1500℃ 2 h	-1.5~+0.5	3.0~+0.5	2.5~+0.5	-1.1

陶瓷过滤器也是超洁净钢所需的功能耐火材料。试验测试表明,使用陶瓷过滤器后,其去杂率一般在 30% 以上,尤其是对微观夹杂物的去除率更高。因此,当中间包内安装挡渣堰、板时,同时安装陶瓷过滤器对冶炼特种钢确实可以得到明显效果。陶瓷过滤器从材质上可分为 Al₂O₃-SiO₂、Al₂O₃-ZrO₂、MgO-ZrO₂、CaO、Al₂O₃、ZrO₂ 等系列,用于大生产的一般为 CaO、Al₂O₃ 陶瓷过滤器。表 9 列出了几种典型陶瓷过滤器的性能指标。

表 9 典型陶瓷过滤器的性能指标

项 目	CaO 过滤器		Al ₂ O ₃	ZrO ₂	
	CYSL-1	CYSL-2	过滤器	过滤器	
CaO	99.20	98.97			
MgO	0.65	0.45			
w/%	SiO ₂	0.06	0.05	2	3
	Al ₂ O ₃	0.02	0.49	98	97(ZrO ₂)
	Fe ₂ O ₃	<0.10	0.05		
体积密度/(g·cm ⁻³)	2.41	1.96			
显气孔率/%	27	26			
耐压强度/MPa	18	10			
抗折强度/MPa	9				

4 钢铁工艺对未来耐火材料的要求

由于钢铁生产工艺的优化,原有传统钢铁生产过程工序和装置的使用条件也发生了很大变化。如高炉出铁,转炉出钢,渣量减少,冶炼周期缩短,钢渣与

耐火材料的接触时间缩短,“三脱”工序和炉外精炼的实施等。此外,随着新一代循环钢铁制造流程的诞生,耐火材料的工作条件更加复杂。因此,从钢铁工艺和耐火材料使用两方面考虑,耐火材料必须具备以下几方面的要求:

1) 满足冶金工艺要求。例如:连铸用耐火材料既要保证能够耐高温,又要具备相应的功能,以保证连续铸钢工艺的实现;转炉用透气砖和钢包用透气砖,除具备作为炉衬的要求外,还要具备有通气功能;直接还原炉的炉床,除用作耐高温材料外,还具有流槽作用,因此要求材料既耐高温,还具备耐磨性;中间包的工作衬及过滤器所用耐火材料除具备高温性能外,还具备实现钢铁特殊制造工艺的去杂要求。

2) 具有较长的使用寿命。耐火材料长寿是钢铁企业生产运行连续化、高效化的重要支撑条件。21 世纪,要求耐火材料使用寿命为:焦炉服役期在 40 年以上;大型高炉服役期 20~25 年,中型高炉服役期 10~15 年;炼钢转炉在溅渣保护条件下炉龄达到 1~2 年;钢水包的连续服役达到 6 天以上;连铸中间包要求连续工作达到 100 h 以上;连铸水口要求与中间包的更换同步。

3) 节能降耗,控制成本。耐火材料的节能和成本控制需从两方面考虑:一是从耐火材料制备工艺上进行优化,在制备过程中不需进行高温烧结,并简化其工艺,达到节能和降低成本的目的;二是使耐火材料在使用过程中有优良的隔热性能,保温性能好。传统的隔热材料不仅使用温度低,而且强度也低。而在冶金工艺中,耐火材料的使用条件都在 1500℃ 以上,因此,大多采用高导热的重质耐火材料。如果采用新工艺制备出新型隔热材料,具有足够好的高温隔热性能,要求其热导率控制在 0.3 W·m⁻¹·K⁻¹ 以下,重烧线变化率(1500℃)控制在 1.0% 以下,耐压强度保持在 30 MPa 以上,将其用作转炉炉壳保温衬、钢包和中间包的永久衬,使钢水在转炉内、钢包和中间包内产生很低的温降,则可大大降低出钢温度,既能降低能耗,又能降低钢铁生产成本。

4) 制造环保型耐火材料。随着科学技术的发展,从科学发展观来论述环保型耐火材料,应包含三方面内容:一是在制造过程中不产生有损于环境和人体的废气、毒气和废物(粉尘),如在成型和烧成过程中,不应产生有害气体和物质;二是在使用过程中不产生废气和有害物体,而且不与钢液反应或溶解于钢液而污

染钢液;三是使用后的残留材料应具有再生价值,不能成为工业垃圾。

5 结语

目前,国内大部分耐火材料产品已达到国际先进水平,能满足钢铁生产的要求。为了适应新工艺的要求,走自主创新的道路,开发出新的材质和产品,科研工作应在以下几方面给予关注:

- 1)高炉用高导热、超微孔的产品,如超微孔炭砖、陶瓷杯用陶瓷耐火材料;
 - 2)连铸用无硅无碳材料及碱性烧成砖的开发;
 - 3)精炼和超洁净钢工艺以及冶金节能用耐火材料应用集成技术的研究;
 - 4)交叉科学和纳米技术在耐火材料中应用的研究;
 - 5)开发改性、均质材料,综合利用矿产资源。
- 从耐火材料行业发展的角度出发,应加强科研单

位与企业的合作,加强与用户的合作,共同推动耐火材料的科技发展。在企业自愿条件下,克服无序发展和无序竞争,应充分发挥行业龙头的优势,生产主导产品,借经济全球化之机,抓住国内市场,抢占国外市场,提升企业技术进步,带动行业发展。

随着改革的进行,企业的一切行为准则必须遵循市场规律。所以耐火材料企业还应转变观念,提高服务质量。企业的发展来源于用户的支持,一切满足用户,为了用户,这是我们的工作宗旨。

参考文献

- [1] 殷瑞钰. 21世纪初中国钢铁业发展战略的初步评估[J]. 钢铁, 2002, 18(1): 1-8.
- [2] 许晓海, 冯改山. 耐火材料技术手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001: 580-581.
- [3] 邱文冬. 宝钢转炉钢包用耐火材料的现状及发展趋势[C]. // 2002年钢铁工业用耐火材料技术研讨会论文集, 昆山, 中国, 2002: 23-29.

Effect of iron & steel technical process progress on refractories development/Peng Dayan, Guo Fuan// Naihuo Cailiao, -2010, 44(4): 241

Taking modern iron & steel metallurgy status as a clue, the development history in recent 20 years of refractories along with metallurgy technical process were introduced, and the developing tendency of refractories for iron & steel industry was prospected.

Key words: Iron and steel technical process, Optimization, Refractories

Author's address: China Iron & Steel Research Institute Group, Beijing 100081, China

· 专利信息 ·

连铸用水口

申请号: JP2008-203386

公开号: JP2010-036229

申请人: 黑崎播磨株式会社, 新日本制铁公司

本发明提供了一种连铸用水口。该水口在内腔和外壁之间使用一种隔热中间层, 可阻止由于内腔与外层材料之间的热膨胀不同导致外层产生定向应力裂纹, 具有把内腔壁固定在外侧预设部位的能力, 可防止连铸期间内腔侧面发生脱落。水口的内腔壁采用 MgO-CaO 质耐火材料。

该水口的中间层耐火材料含有 10% ~ 75% (体积分数) 的隔热空心骨料, 空心骨料颗粒的平均半径 R 与壁厚 t 之比 $R/t \geq 10$; 除了空心骨料外, 还含有 Al、Mg 和 Si 中的一种、多种或者其合金, 其质量分数为 0.5% ~ 15%; 还含有质量分数 2% ~ 99.5% 的碳。水口内腔壁采用的 MgO-CaO 耐火材料, 其 $w(\text{CaO} + \text{MgO}) \geq 80\%$, CaO 与 MgO 的质量比为 0.2 ~ 1.5。

一种含铝氮化物原位复合铝碳耐火材料的制备方法

申请号: CN200910066116.4

公开号: CN101659548

申请人: 中钢集团洛阳耐火材料研究院有限公司

本发明提供了一种含铝氮化物原位复合氧化铝-石墨耐火材料的制备方法, 利用含金属铝和硅的复合粉体作为先驱体, 将先驱体加入到铝碳耐火材料中, 通过在气氛保护热处理过程中的反应, 避免 Al_4C_3 的生成; 另外, 在铝碳材料中原位合成含铝氮化物, 形成以 SiC 和含铝氮化物为主的陶瓷结合相。本发明的具体制备方法是: 将含有 5% ~ 15% (质量分数) 先驱体粉的铝碳材料置于氮气气氛中, 在 950 ~ 1300 °C 下进行热处理, 形成一种含铝氮化物原位复合铝碳耐火材料。

钢铁工艺优化对耐火材料发展的影响

作者: [彭达岩](#), [郭伏安](#), [Peng Dayan](#), [Guo Fuan](#)
作者单位: [中国钢研科技集团有限公司, 北京, 100081](#)
刊名: [耐火材料](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [REFRACTORIES](#)
年, 卷(期): 2010, 44(4)

参考文献(3条)

1. [殷瑞钰](#) [21世纪初中国钢铁业发展战略的初步评估](#)[期刊论文]-[钢铁](#) 2002(01)
2. [许晓海](#); [冯改山](#) [耐火材料技术手册](#) 2001
3. [邱文冬](#) [宝钢转炉钢包用耐火材料的现状及发展趋势](#) 2002

本文读者也读过(6条)

1. [于景坤](#), [朱强](#), [YU Jing-kun](#), [ZHU Qiang](#) [耐火材料向钢液中的传氧机理及影响因素](#)[期刊论文]-[东北大学学报\(自然科学版\)](#) 2005, 26(5)
2. [王铁铮](#), [辛明](#), [傅莉莉](#), [霍江平](#), [潘尚心](#), [李超文](#) [中国耐火材料生产与进出口六十年情况简要回顾](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2009, 43(3)
3. [王守业](#), [曹喜营](#), [李再耕](#), [王战民](#), [张三华](#), [李少飞](#) [不定形耐火材料检测技术的新进展](#)[期刊论文]-[耐火材料](#) 2009, 44(1)
4. [林育炼](#), [Lin Yulian](#) [洁净钢生产技术的发展与耐火材料的相互关系](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2010, 44(5)
5. [许承凤](#) [残存耐火材料的收集与应用](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2010, 44(5)
6. [王杰曾](#), [袁林](#), [Wang Jiezeng](#), [Yuan Lin](#) [浮法玻璃窑用耐火材料的发展趋势](#)[期刊论文]-[耐火材料](#)2009, 43(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_nhcl201004001.aspx