

中高度烧损进口铁矿粉烧结性能试验研究

李洪革^{1,2} 安 钢¹ 赵志星³ 欧书海⁴

(1.北京科技大学;2.首钢矿业公司;3.首钢技术研究院;4.首钢矿业公司烧结厂)

摘要 针对首钢矿业公司烧结厂中高度烧损进口铁矿粉的品种及数量不断增多的供应现状,为探索含铁原料变化对烧结矿生产、质量及成本等方面的影响规律,寻求科学合理的原料搭配比例,对现有原料结构条件下不同铁矿粉的同化温度、液相流动性等烧结基础特性进行了研究,并模拟烧结生产实际情况对不同品种的铁矿粉进行了实验室配矿烧结试验。通过试验,摸索出了各种进口铁矿粉的烧结性能及其合理的配矿比例范围,认为通过合理配矿,能够解决中高度烧损进口铁矿粉在烧结矿生产应用中的产品质量和经济效益等矛盾。

关键词 进口铁矿粉 同化温度 液相流动性 配矿 烧结试验

Experimental Research on Sintering Performances of Imported Powder Iron Ores with High and Medium Ignition Loss

Li Hongge^{1,2} An Gang¹ Zhao Zhixing³ Ou Shuhai⁴

(1. University of Science and Technology Beijing; 2. Capital Steel's Mining Co.; 4. Sintering Plant of Capital Steel's Mining Co.)

Abstract In view of the increased varieties and quantity of the imported powder iron ores with high and medium ignition loss that are supplied to the Sintering Plant of Capital Steel's Mining Co., to investigate the effect law of the change in iron-containing raw materials on the production, quality and cost of sintering ore and to seek for a scientifically rational raw material proportioning, study was made on the basic sintering characteristics such as assimilation temperature and liquid phase flowability of various powder iron ores under the existing raw material structure conditions. Laboratory ore blending and sintering test was also made on various powder iron ores by simulating the real production conditions. Through the tests, the sintering performances of various types of imported powder iron ores and the range of their rational proportioning ratio were found out. It is considered that the rational blending of ores can solve the contradiction between the product quality and the economic benefit in the application of imported powder iron ore with high and medium ignition loss in the production of sintering ore.

Keywords Imported powder iron ore, Assimilation temperature, Liquid phase flowability, Ore blending, Sintering test

首钢矿业公司烧结厂所用铁原料原以本地产铁精矿粉为主,配加25%左右的澳大利亚哈默斯利铁矿粉。目前由于受钢铁原料大环境的影响,进口铁矿粉品种增多,出现了中、高度烧损铁矿粉的品种及比例不断增加,低度烧损铁矿粉(如澳大利亚哈默斯利铁矿粉)供给量下降的趋势。同时,传统铁矿粉主要用吸水速度、成球性指数等来评价成球能力^[1],而进口铁矿粉中富矿粉的比例越来越大,小于1 mm粒级不超过30%,再用成球性指数来评价似乎不太合适。为此,尝试采用同化温度、液相流动性来衡量铁矿粉的烧结性能,并在此基础上进行不同配比铁矿粉的烧结试验,以探索含铁原料变化对烧结矿生产、质量及成本等方面的影响规律,找出适

应外界条件变化的合理配矿方案。

1 铁矿粉基本性能研究

1.1 铁矿粉的化学成分

首钢矿业公司烧结厂目前正在使用的铁原料有公司自产铁精粉、地方民产铁精粉、澳大利亚哈默斯利铁矿粉、澳大利亚西安吉拉斯铁矿粉、澳大利亚马萨杰铁矿粉和巴西铁精粉6种(以下分别简称为自产粉、民粉、澳粉、安吉拉粉、马萨杰粉和巴西精粉),各铁矿粉的主要化学成份见表1。

李洪革(1968-)男,北京科技大学冶金与生态工程学院在读博士,首钢矿业公司总经理助理,高级工程师,064404,河北省迁安市。

表 1 铁矿粉主要化学成份

品 种	TFe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	P	Na ₂ O	K ₂ O	%
澳 粉	62.96	0.50	3.87	0.15	2.16	0.16	0.023	0.070	0.010	0.019	3.59
安吉拉粉	61.72	0.50	3.20	0.01	1.36	0.05	0.014	0.067	0.012	0.008	6.32
马萨杰粉	57.38	0.29	5.60	0.28	2.65	0.24	0.019	0.038	0.015	0.014	9.26
自产粉	67.01	28.45	6.13	0.35	0.56	0.27	0.040	0.010	0.019	0.059	-2.74
民 粉	66.17	25.94	6.37	0.34	0.49	0.57	0.05	0.005	0.010	0.018	-2.57
巴西精粉	67.64	7.94	2.55	0.18	0.61	0.27	0.022	0.022	0.005	0.017	0.03

由表 1 可以看出,巴西精粉铁品位最高,接近 68%;马萨杰粉铁品位最低,不到 58%。民粉 SiO₂ 含量最高,接近 6.5%;巴西精粉 SiO₂ 含量最低,为 2.5% 左右。马萨杰粉烧损最高,为褐铁矿类型;安吉拉粉烧损较高,为半褐铁矿类型;巴西精粉、澳粉的烧损相对较低,为赤铁矿类型;民粉、自产粉属于磁铁矿,在氧化气氛中会增重,故其烧损值为负值。马萨杰粉 Al₂O₃ 含量较高,对铁酸钙形成有利^[2,3]。

1.2 铁矿粉的同化温度

烧结矿在烧结过程中的主要矿物组成——复合铁酸钙(SFCA)的形成源于 CaO 和 Fe₂O₃ 的物理化学反应。另外,烧结过程的液相生成也是源于 CaO 与铁矿粉的固相反应生成的低熔点化合物^[2]。因此,铁矿粉与 CaO 的反应能力——同化性能^[4]成为考察铁矿粉的烧结基础特性的一项非常重要的指标。如果铁矿粉与 CaO 的反应能力过弱,则一方面意味着不易生成低熔点的液相,从而不利于铁矿粉的液相粘结,导致烧结矿强度下降;另一方面也因为复合铁酸钙的形成能力过低,从而影响烧结矿还原性的改善。但是,铁矿粉与 CaO 的反应能力也不宜过强,否则在烧结过程中会引起大量液相的快速形成,导致起固结骨架作用的铁矿粉核减少以及烧结层透气性恶化,从而影响烧结矿的产量和质量。由此可见,铁矿粉的同化性能对烧结矿的质量乃至整个烧结工艺过程均具有非常重要的影响。可通过测定铁矿粉与 CaO 在接触面上发生反应而开始熔化的“最低同化温度”来评价铁矿粉与 CaO 的反应能力。由于实际烧结过程的温度是一定的,故铁矿粉的最低同化温度越低,则表明该铁矿粉的液相生成越容易。首钢烧结厂目前所用各种铁矿粉的最低同化温度见表 2。

表 2 铁矿粉的同化温度

品 种	澳 粉	自产粉	民 粉	安吉拉粉	马萨杰粉	巴西精粉
同化温度	1 233	1 358	1 406	1 238	1 174	1 323

马萨杰粉的烧损很大,在高温下结晶水分解,产

生大量气孔,增加了反应接触面积,加快了 Ca²⁺ 离子和铁离子的扩散,有利于低熔点化合物的快速生成,从而表现出强的同化性。

澳粉、安吉拉粉的结晶水含量也较高,因此同化能力也较强。

巴西精粉几乎不含结晶水,且 SiO₂ 含量和 Al₂O₃ 含量都较低,因此同化性很弱。

国内铁精粉 SiO₂ 含量虽然较高,但属于磁铁矿,再加上 Al₂O₃ 含量很低,且几乎不含结晶水,故同化能力也很弱。

进口富矿粉的同化性较磁铁矿都要强,除了结晶水含量和化学成份的影响外,矿粉本身的孔隙率也是一个重要原因。

由于马萨杰粉等同化能力较强的矿粉在配入量较大时易产生过熔现象,故在烧结配矿中应注意与同化温度较高的铁矿粉搭配使用,以确保烧结料层的热态透气性,避免烧结生产率的降低和烧结矿质量的下降。这一点在高褐铁矿配比烧结时更要注意。

自产粉、民粉的同化温度较高,所以容易导致烧结过程中液相不足而使烧结矿强度降低,因而应该将它们与同化温度较低的铁矿粉搭配使用。

1.3 铁矿粉的液相流动性

已有的研究结果表明:烧结液相的流动性较高时,因其粘结周围未熔物料的范围较大,因而可提高烧结矿的固结强度。但是,粘结相的流动性也不可过大,否则会因为粘结层厚度的减薄以及形成薄壁大孔结构,反而使烧结矿整体变脆,强度降低。当烧结液相生成量和粘度适宜时,这种粘结相可使烧结矿形成微孔海绵状结构的有效固结,从而获得高质量的烧结矿。因此,适宜的液相流动性是确保烧结矿有效固结的基础^[4]。表 3 列出了首钢烧结厂目前所用各种铁矿粉的液相流动性。

由表 3 数据可以看出,液相流动性与温度和碱度 R 关系较大。澳粉含有部分结晶水,同化性较

高 SiO_2 含量也较高,故其具有较强的烧结液相流动性,但因其具有多孔质特性和含粘土类脉石,故液相较好地流动需要较高的温度和碱度。

表3 铁矿粉的液相流动性

品种	温度 /℃	液相流动性		
		$R = 4.0$	$R = 5.0$	$R = 6.0$
澳粉	1 250	0.306	0.430	0.921
	1 280	0.498		
	1 310	0.748		
安吉拉粉	1 250	0.307	0.450	0.522
	1 280	0.372		
	1 310	0.414		
马萨杰粉	1 250	0.224	1.105	1.254
	1 280	0.985		
	1 310	2.434		
马萨杰粉	1 250	0.620	1.128	2.053
	1 280	0.792		
	1 310	2.508		
民粉	1 250	0.295	2.304	2.348
	1 280	2.141		
	1 310	4.448		
巴西精粉	1 250	0.177	0.192	0.210
	1 280	0.200		
	1 310	0.628		

马萨杰粉由于结晶水含量高,疏松多孔,与 CaO 的反应性很强,所以表现出很强的液相流动性。但马萨杰粉中较高的 Al_2O_3 含量会影响它的液相流动,只有达到一定温度(1 280 ℃)或者碱度较高时,才能显示出强的液相流动性。

安吉拉粉属于澳大利亚的马拉曼巴类型铁矿粉,故其烧结液相流动性处于中等水平。

巴西精粉几乎不含结晶水,同化性很弱,且 SiO_2 含量很少,导致其烧结液相流动性很低,在本试验条件下,通过改变温度、碱度的效果不明显。

国内铁精粉的烧结液相流动性也很强,这是因为一方面它们属于磁铁矿,液相的粘度较低;另一方面较高的 SiO_2 含量增加了它们的液相量。

在烧结的配矿过程中,液相流动性低的矿粉配入量较大时,会影响烧结矿的固结,而过多配入液相流动性高的矿粉时转鼓强度也会降低。应当根据实际情况,选择合适的烧结液相流动性。

1.4 小结

(1) 从化学成份来看,马萨杰粉铁品位较低、 Al_2O_3 含量较高、 SiO_2 含量高,配加时需要考虑综合品位。

(2) 从最低同化温度来看,马萨杰粉等同化性能较强的铁矿粉与磁铁矿搭配使用效果更好。

(3) 从液相流动性来看,国内铁精粉以及高烧损的马萨杰粉流动性都较好,与巴西粉搭配使用较合理。

(4) 综合考虑,澳粉、国内铁精粉等都是烧结基础特性较好的矿粉,可以作为烧结主配矿种,为了提高烧结矿品位,可以配加一定量的巴西精粉。

2 不同配比铁矿粉的烧结试验

2.1 熔剂和燃料

熔剂采用石灰石、白云石和生石灰,燃料采用无烟煤,它们的化学成分见表4。

表4 熔剂和燃料的化学成分

品名	SiO_2	CaO	MgO	水份	烧损	TC	AC	%
石灰石	1.62	48.61	5.33	1.43	50.00			
白云石	2.58	30.73	20.58	1.27	50.00			
生石灰	2.09	75.69	9.52			8.00		
无烟煤					2.58		75.00	19.27

2.2 试验配比

铁精矿总配比为 70%,其中民粉固定配比为 30%。燃料固定配比为 4.7%,生石灰固定配比为 4%,白云石固定配比为 3%,返矿固定配比为 20%。试验中烧结矿品位按 57.0%、碱度按 1.80 控制。通过改变石灰石配比来调整烧结矿碱度。具体试验配比见表5。

2.3 试验方法

物料首先不加水人工干混 5 次,测定水分后根据试验目标水分确定加水量,再人工混匀 4 次,然后装入混合机,制粒 5 min。烧结试验在 $\phi 250$ mm 烧结杯中进行。烧结杯中放 10~16 mm 铺底料 2 kg,料层厚度 500 mm(含铺底料)。点火负压 -6 000 Pa,点火时间 2 min,温度控制在 1 000 ℃ 左右。烧结负压 -12 000 Pa,以废气达到温度最高点记为烧结终点。冷却负压 -6 000 Pa,以废气温度达到 200 ℃ 记为冷却终点。烧结矿经单辊破碎机破碎后装入落下试验装置,连续落下 3 次,再装入振动筛筛分为 >40 mm、40~25 mm、25~16 mm、16~10 mm、10~5 mm、<5 mm 6 个粒级,以 >5 mm 粒级为成品矿,<5 mm 粒级为返矿。按国家标准将 40~25 mm、25~16 mm、16~10 mm 3 个粒级按比例配制 7.5 kg,装入 1/2 转鼓中转动 200 圈,经机械摇筛筛分,以大于 6.3 mm 粒级比例为转鼓指数,其余成品矿全部破碎至 5 mm 以下,经缩分后制成化验样。

2.4 试验结果

试验结果见表 6~8。

表5 试验配比

编 号	民 粉	自产粉	澳 粉	马萨杰粉	安吉拉粉	巴西精粉	煤	生石灰	白云石	返矿	石灰石
基 准	30	15	10	5	10		4.7	4	3	20	6.76
I - 1	30	20		10	10		4.7	4	3	20	7.71
I - 2	30	15		15	10		4.7	4	3	20	7.6
I - 3	30	10		20	10		4.7	4	3	20	7.49
I - 4	30	5		25	10		4.7	4	3	20	7.37
II - 1	30	20		5	15		4.7	4	3	20	7.55
II - 2	30	15		5	20		4.7	4	3	20	7.27
II - 3	30	10		5	25		4.7	4	3	20	6.99
III - 1	30	15		10	15		4.7	4	3	20	7.43
III - 2	30	10		10	20		4.7	4	3	20	7.15
III - 3	30	5		10	25		4.7	4	3	20	6.87
IV - 1	30	20		5	10	5	4.7	4	3	20	6.99
IV - 2	30	15		5	10	10	4.7	4	3	20	6.15

表6 烧结试验参数

试验号	成品率 /%	返矿率 /%	时 间/h			烧结系数		全系数 /(t·m ⁻² ·h ⁻¹)	燃料消耗 /(kg·t ⁻¹)	转鼓指数 /%
			烧结	冷却	合计	/(t·m ⁻² ·h ⁻¹)	/(t·m ⁻² ·h ⁻¹)			
基 准	77.95	22.05	0.49	0.20	0.69	1.51	1.08	63.95	64.27	
I - 1	79.24	20.76	0.45	0.19	0.64	1.61	1.14	63.26	62.14	
I - 2	79.67	20.33	0.46	0.20	0.66	1.59	1.11	65.51	64.40	
I - 3	80.07	19.93	0.52	0.17	0.69	1.41	1.07	64.03	66.80	
I - 4	79.06	20.94	0.47	0.17	0.64	1.56	1.15	64.25	64.27	
II - 1	77.53	22.47	0.45	0.19	0.64	1.65	1.17	63.98	62.20	
II - 2	79.89	20.11	0.52	0.19	0.71	1.44	1.06	63.53	66.07	
II - 3	78.76	21.24	0.54	0.15	0.69	1.32	1.03	65.85	64.47	
III - 1	77.83	22.17	0.57	0.14	0.71	1.23	0.99	65.53	58.27	
III - 2	79.92	20.08	0.22	0.09	0.31	1.65	1.17	63.92	64.47	
III - 3	80.06	19.94	0.50	0.16	0.66	1.45	1.10	65.03	66.93	
IV - 1	79.70	20.30	0.47	0.19	0.66	1.63	1.16	62.64	63.27	
IV - 2	79.28	20.72	0.49	0.19	0.68	1.57	1.13	63.60	62.93	

表7 成品矿粒级组成

试验号	产 率/%					平均粒度 /mm
	+40 mm	40 ~ 25 mm	25 ~ 16 mm	16 ~ 10 mm	10 ~ 5 mm	
基 准	7.91	17.03	17.65	16.56	18.80	15.59
I - 1	8.08	16.41	18.85	17.27	18.63	15.85
I - 2	7.56	17.51	20.58	17.79	16.23	15.93
I - 3	7.58	18.35	20.05	17.49	16.60	16.01
I - 4	5.38	20.13	19.24	17.84	16.47	15.81
II - 1	4.11	16.13	17.73	18.97	20.59	15.50
II - 2	7.04	16.54	19.69	17.96	18.66	15.98
II - 3	7.19	16.90	17.38	18.65	18.64	15.75
III - 1	8.57	16.77	18.83	17.24	16.42	15.56
III - 2	5.98	15.11	20.71	19.21	18.91	15.98
III - 3	3.00	19.56	20.13	19.34	18.03	16.01
IV - 1	5.70	15.93	19.35	19.64	19.08	15.94
IV - 2	5.64	16.64	18.42	18.98	19.60	15.85

表8 烧结矿质量

试验号	TFe	SiO ₂	CaO	MgO	FeO	R
基 准	57.30	5.46	9.82	2.27	9.77	1.80
I - 1	56.90	5.69	10.47	2.21	10.08	1.84
I - 2	56.63	5.73	10.33	2.28	9.67	1.80
I - 3	56.41	5.80	10.79	2.39	12.20	1.86
I - 4	56.50	5.89	10.65	2.51	9.54	1.81
II - 1	57.12	5.70	10.15	2.17	10.78	1.78
II - 2	57.00	5.69	10.12	2.49	10.13	1.78
II - 3	56.82	5.75	10.28	2.53	9.35	1.79
III - 1	56.75	5.68	10.38	2.43	8.71	1.83
III - 2	56.97	5.53	10.05	2.22	10.03	1.82
III - 3	57.00	5.69	10.20	2.16	9.63	1.79
IV - 1	57.48	5.48	10.00	2.19	11.35	1.83
IV - 2	57.65	5.36	9.64	2.26	11.63	1.80

2.5 试验结果分析

2.5.1 I 组试验

I 组试验安吉拉粉配比为 10% ,马萨杰粉配比分别是 10%、15%、20%、25% 。

从表 6 可知 ,I 组试验的成品率比基准试验均有提高 ,平均提高了 1.56 个百分点。燃耗总体上比基准试验有所增加 ,平均增加了 0.31 kg/t ,其中最高燃耗为 65.51 kg/t ,比基准试验的 63.95 kg/t 增加了 1.56 kg/t 。转鼓指数平均比基准试验提高了 0.13 个百分点 ,其中最高转鼓指数为 66.80% ,比基准试验的 64.27% 提高了 2.53 个百分点。烧结全系数平均比基准试验上升了 0.04 t/(m² · h) ,其中最高全系数为 1.15 t/(m² · h) ,比基准试验的 1.08 t/(m² · h)上升了 0.07 t/(m² · h) ,

由表 7 可知 ,I 组试验成品矿平均粒度比基准试验稍高 ,10 mm 以下粒级略有减少 25 mm 以上粒级略有增多。

由表 8 可知 ,I 组试验烧结矿全铁品位随马萨杰粉比例增加 ,由 56.90% 下降到了最低的 56.41% ,平均与基准试验相差了 0.55 个百分点。

总之 配加马萨杰粉使燃耗有所增加 ,烧结矿全铁品位有所降低 ,随马萨杰粉配比的提高 ,成品率、转鼓指数、成品矿粒度组成呈改善趋势 ,但马萨杰粉配比在 20% 时为拐点 ,达到 25% 后指标恶化 ,这是因为马萨杰粉同化温度低、流动性好 配加比例达到一定程度时液相量过多 ,导致强度变差。

2.5.2 II 组试验

II 组试验马萨杰粉配比为 5% ,安吉拉粉配比分别是 15%、20%、25% 。

由表 6 可知 ,II 组试验的成品率有小幅度的提高 ,平均比基准试验提高 0.78 个百分点。燃耗平均比基准试验增加了 0.47 kg/t ,最高燃耗为 65.85 kg/t ,比基准试验增加了 1.90 kg/t 。转鼓指数有较大的变化 ,总体趋势是上升的 ,最高转鼓指数为 66.07% ,比基准试验上升了 1.80 个百分点。随着安吉拉粉配比的增加 ,全系数下降得很快 ,从 1.17 t/(m² · h)下降到 1.03 t/(m² · h) ;安吉拉粉配比为 15% 时的全系数比基准试验高 ,安吉拉粉配比为 20%、25% 时的全系数比基准试验低。

由表 7 可知 ,本组试验成品矿的粒级组成与基准试验没有太大的差距。

由表 8 可知 ,本组试验烧结矿全铁品位随安吉拉粉比例增加呈下降趋势 ,平均比基准试验下降

0.32 个百分点。

总之 ,在马萨杰粉配比为 5% 时 ,随安吉拉粉配比的增加 ,烧结矿转鼓指数提高 ,烧结全系数降低 ,燃耗升高 ,烧结矿全铁品位下降。

2.5.3 III 组试验

III 组试验马萨杰粉配比为 10% ,安吉拉粉配比分别是 15%、20%、25% 。

由表 6 可知 ,III 组试验随着安吉拉粉配比的增加 ,成品率逐渐提高 ,到安吉拉粉配比为 25% 时 ,烧结矿成品率比基准试验高了 2.11 个百分点。燃耗有较大的上升 ,平均比基准试验高了 0.88 kg/t ,最高燃耗为 65.53 kg/t ,比基准试验高了 1.85 kg/t 。转鼓指数随安吉拉粉配比增加而变化较大 ,当安吉拉粉配比为 15% 时 ,转鼓指数比基准试验低 ;当安吉拉粉配比增加到 20% 后 ,转鼓指数比基准试验要高。烧结全系数在安吉拉粉配比为 15% 时比基准试验低 ,在安吉拉粉配比为 20% 时达到最大 ,比基准试验高 0.09 t/(m² · h)。

从表 7 可看出 ,随着安吉拉粉配比的增加 ,成品矿粒度变化不大。

由表 8 可知 ,III 组试验烧结矿全铁品位平均比基准试验下降 0.39 个百分点。

总之 ,在马萨杰粉配比为 10% 的情况下 ,增加安吉拉粉的配比 ,有利于提高成品率、烧结全系数和转鼓指数 ,但总体上会使燃耗上升 ,烧结矿全铁品位下降。

2.5.4 IV 组试验

IV 组试验马萨杰粉配比为 5% ,安吉拉粉配比为 10% ,巴西精粉配比分别为 5%、10% 。

由表 6 可知 ,本组试验的成品率平均比基准试验提高了 1.54 个百分点 ,燃耗平均比基准试验降低了 1.17 kg/t ,转鼓指数平均比基准试验下降了 1.17 个百分点 ,烧结全系数平均比基准试验提高了 0.06 t/(m² · h)。

由表 7 可知 ,本组试验成品矿中小于 16 mm 粒级的比例稍有上升。

由表 8 可知 ,配加巴西精粉使烧结矿铁品位有所提高 ,平均比基准试验提高了 0.27 个百分点。

总之 ,配加 5% 巴西精粉 ,有利于成品率、烧结利用系数和烧结矿铁品位的提高及燃耗的降低 ,但随着巴西精粉配比的提高 ,转鼓指数下降 ,成品矿细粒级增加 ,故巴西精粉配比不宜达到 10% 。分析原因 ,是由于与基准试验相比 ,马萨杰粉和安吉拉粉配

比相同,不同的仅仅是巴西精粉与民粉之间比例的调整,原料同化性能未发生变化而流动性降低,因而不利于液相形成。

3 结 论

(1) 在没有澳粉的前提下,配加中、高度烧损的进口矿进行烧结是可行的,但各种矿粉之间需要有一个合理的匹配比例,以利用各矿粉之间烧结性能的差异取长补短,确保烧结生产稳定,产品质量合格,经济效益最大。

(2) 生产过程中安吉拉粉的比例可以控制在 10% 左右,在烧结矿品位允许的情况下,可以适当多配加马萨杰粉,但不宜超过 20%;巴西精粉配比可以控制在 5% 左右。

(3) 除配加巴西精粉以外,配加以上任何一种

(上接第 25 页)

4 产品考查

图 1 流程所得铁精矿的多元素化学分析结果列于表 9。

表 9 铁精矿多元素分析结果 %

成 分	TFe	FeO	Cu	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
含 量	68.29	28.48	0.0051	2.26	<0.1	1.24	0.85
成 分	TiO ₂	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	S	P	
含 量	0.049	0.12	0.15	0.059	0.06	0.0043	

铁精矿中铁矿物以磁铁矿为主,偶见假象赤铁矿以各种形态沿磁铁矿边缘嵌布,二者合计含量为 93.5%。铁矿物解离度为 95.8%,粒度一般为 0.02~0.5 mm,少数大于 0.1 mm。黄铁矿含量 0.1%,少数呈微细包裹体见于磁铁矿内部,其粒度小于 0.005 mm,其余部分粒度为 0.01~0.03 mm,多呈单体产出或沿磁铁矿边缘嵌布。

5 结 论

(1) 金山店铁矿石属低磷高硫偏酸性原生磁铁矿,矿石中金属矿物以磁铁矿为主,金属硫化物主要是黄铁矿,脉石矿物含量较高的有方解石、金云母、绿泥石、长石和透辉石。磁铁矿多呈中细粒浸染状嵌布在脉石中,黄铁矿多呈不规则状集合体或以星散状沿磁铁矿粒间充填交代,但也有少量黄铁矿与磁铁矿镶嵌关系较为复杂或呈包裹体嵌布在磁铁矿内部。

(2) 采用分级预选—球磨—磁选—细筛—脱硫浮选工艺流程处理金山店铁矿-15 mm 自磨排矿,在入选矿石铁品位为 35.84%、硫品位为 2.66%、球

进口矿都将使燃耗呈升高的趋势。

参 考 文 献

- [1] 庄剑鸣,李军,等.铁精矿性能对烧结速度的影响[J].烧结球团,2004(4):12-15.
- [2] 郭兴敏.烧结过程铁酸钙生成及其矿物学[M].冶金工业出版社,1999.
- [3] 许满兴,冯根生.改善烧结矿强度和粒度组成的理论与实践[C]//孔令坛,冯根生,等.中国金属学会第七届全国炼铁精料学术会议论文集.北京[出版者不详]2001:60-65.
- [4] 吴胜利,刘宇.铁矿粉烧结液相流动性的试验研究[C]//孔令坛,冯根生,等.中国金属学会第七届全国炼铁精料学术会议论文集.北京[出版者不详]2001:33-35.

(收稿日期 2006-06-18)

磨磨矿细度为 -0.074 mm 占 88.70% 时,获得铁精矿产率 44.64%、TFe 品位 68.37%、含硫 0.06%、铁回收率 85.16% 的优异选铁指标,表明金山店铁矿石能够生产出满足球团矿需要的高质量铁精矿。

(3) -15 mm 自磨排矿中,-2 mm 级别产率达 90.95%。对这部分矿石进行弱磁预选,可预先抛弃产率为 40% 左右的尾矿,极大地减少二段球磨的入磨量,有利于节能降耗。

(4) 在流程中增加细筛工艺,可尽早将粗粒单体脉石及连生体隔除,减少二次磁选夹杂,稳定提高精矿铁品位。

(5) 仅采用磁选、细筛工艺,对降低铁精矿硫含量的作用有限,而通过浮选脱硫,可使铁精矿的含硫量降至 0.06% 左右,降硫效果十分显著。

参 考 文 献

- [1] 彭文斌,麦笑宇.金山店铁矿阶磨阶选工艺试验研究[J].矿冶工程,2004,24(1):46-48.
- [2] 长沙矿冶研究院,武钢矿业有限责任公司设计研究所,武钢矿业有限责任公司,等.金山店铁矿选矿技术优化试验研究报告[R].长沙:长沙矿冶研究院,2003.
- [3] 中冶集团长沙冶金设计研究总院.武钢矿业集团有限责任公司金山店铁矿选矿厂技术改造工程可行性研究报告[R].长沙:中冶集团长沙冶金设计研究总院,2001.
- [4] 朱家骥,朱俊士,等.中国铁矿选矿技术[M].北京:冶金工业出版社,1994.
- [5] 马鞍山矿山研究院.武钢矿业公司金山店铁矿选厂技术改造方案[R].马鞍山:马鞍山矿山研究院,2001.

(收稿日期 2006-06-05)