

降低球团皂土消耗的试验研究

王 耀

(首钢矿业公司技术处 河北 迁安 064404)

摘 要 为降低首钢球团厂皂土消耗,改善铁精矿的造球性能,提高球团矿品位及冶金性能,进行了 MT 复合皂土、AH 复合皂土、首钢球团厂自产皂土的对比试验研究。结果表明,MT 复合皂土性能优良,配比为 0.8%时,即可制造出综合性能优良的球团矿,技术指标明显优于用 AH 复合皂土和自产皂土生产的球团矿,并对使用 MT 复合皂土对冶炼和选矿等上下道工序产生的影响进行了分析。通过多种皂土的对比试验和分析,证明采用新型高效的粘结剂是提高球团矿质量,降低球团厂皂土消耗的根本途径。

关键词 皂土消耗 试验研究 球团矿 冶金性能

1 前 言

采用膨润土作粘结剂,由于膨润土中 SiO₂、Al₂O₃ 含量高,当其配比较高时,会影响球团矿品位,增加高炉渣量,不利于高炉利用系数的提高和焦比的降低。所以,降低球团生产中皂土用量,对提高球团矿品位、改善其冶金性能有着重要的作用。

首钢球团厂为链蓖机—回转窑—环冷机氧化球团生产工艺,生产原料以自产磁精矿粉为主,以钠化膨润土为粘结剂。近几年,首钢球团厂通过不断完善球团工艺、提高原料质量,以及靠技术进步和加强管理等手段,皂土消耗量不断降低,技术指标在国内保持领先水平,球团矿品位也稳步提高。首钢球团厂与国内同行业主要技术指标对比见表 1,2004 年以来皂土消耗指标和球团矿品位见表 2。但与国外先进水平相比,差距甚大(国外在 10kg/t 以内)。

选择性能更优的球团粘结剂,降低膨润土配比,是首钢球团厂在国内保持技术领先的体现,也是提高市场竞争能力的具体措施。为实现皂土消耗量 12kg/t 以下的目标,我们采取了两个措施,一是组织试验新复合皂土试验,二是不断完善现场工艺技术和设备。

表 1 2006 年国内同行业球团工艺指标对比

单位	球团矿品位(%)		精矿消耗(kg/t)		皂土消耗(kg/t)	
	指标	名次	指标	名次	指标	名次
1. 首钢矿业公司	65.30	1	968.00	1	16.00	1
2. 新兴铸管厂	63.05	5	991.00	2	28.00	2
3. 鞍钢弓长岭一球	65.03	2	1020.0	4	34.85	4
4. 鞍钢弓长岭二球	64.76	3	991.00	2	39.91	5
5. 武钢	63.51	4			29.70	3

备注:以上对比同行业设备工艺为回转窑链蓖机

表 2 首钢球团厂粘结剂消耗量和球团矿品位指标

指标名称	计量单位	2004 年	2005 年	2006 年
皂土消耗	kg/t	24.85	24.60	16.44
球团矿品位	%	65.13	65.30	65.36

2 试验研究

2.1 试验原料

本试验所用铁精粉为首钢自产高品位磁铁矿粉;试验用粘结剂共三种,分别是 MT 复合皂土、AH 复合

皂土、首钢球团厂自产皂土;铁原料的化学成分及粒度组成列于表 3 和表 4,三种粘结剂理化性能检验列于表 5;

表 3 精矿粉化学成分

TFe/%	SiO ₂ /%	CaO/%	MgO/%	Al ₂ O ₃ /%	S/%	P/%	水分/%
68.16	3.93	0.70	1.28	0.49	0.086	0.006	8.3

表 4 精矿粉粒度组成

+160 目/%	160—200 目/%	200—325 目/%	—325 目/%
5.4	14.4	22.6	57.6

表 5 粘结剂理化性能指标

粘结剂名称	胶质价 ml/15g	吸蓝量 g/100g	吸水率 ml/g	膨胀容 ml/g	SiO ₂ %	粒度%—260 目
MT 复合皂土	750	42	644	67	50.6	93
AH 复合皂土	270	40	408	14	63.6	95
自产皂土	585	34	490	33	59.9	95

从表 1 和表 2 数据看,铁精矿粉粒度、品位、水分指标都符合试验要求。

从表 3 数据看,MT 复合皂土与 AHT 复合皂土以及自产皂土理化指标差别较大,尤其是 SiO₂ 含量、胶质价、吸水率、膨胀容等指标。

2.2 造球设备及方法

造球设备为 Φ1000×150mm 圆盘造球机,球盘转速 17rpm,球盘倾角 47 度,造球时间 15min,人工打水。用 10mm、15mm 筛子筛出粒度小于 10mm、大于 15mm 生球。取 10—15mm 合格生球。造球后对生球进行落下和抗压检测。落下高度 0.5m,落在 10mm 厚的钢板上,以生球出现较大裂纹或破碎为止。抗压强度在电子天平上进行,用手压下,出现裂纹或破碎时计为生球抗压强度。

2.3 爆裂温度测定及焙烧

爆裂温度测定是在焙烧杯中进行的,用液化石油气加热,调整鼓风速度和温度后,将准备好的无裂纹的 30 个生球装入篮内,将其放在爆裂炉上,在预先设定温度下持续 6 分钟后,将生球篮提出爆裂炉,检查有无爆裂。当生球不再爆裂时的上一次温度作为生球的爆裂温度。

球团焙烧炉内径 φ80×320mm,装料厚度为 350 mm。回转窑中心直管段内腔 φ300×300mm,两端锥管 φ300mm、φ150×350mm。内腔有一测温点,转速 4~5r/min。以民用液化石油气为燃料,焙烧工艺参数见表 6。

表 6 实验室焙烧工艺参数

焙烧各段	干燥段	预热段	焙烧段
焙烧温度	400	950	1150
焙烧时间	10	15	25

为使球团焙烧更接近于生产实际,将造好的生球装在吊篮内,投入链篦机,进行投篮试验,并记录相应的热工参数。

表 7 投篮试验工艺参数

链篦机烟罩温度								机速	料厚
东 1	西 1	东 3	西 3	东 5	西 5	东 7	西 7		
948	972	958	957	927	951	871	890	2.79	188
945	963	948	943	918	940	870	887	2.74	164
回转窑参数			环冷机参数				主机速度		
窑头温度	窑尾温度	煤量	一段温度	二段温度	三段温度	四段温度	料温	窑速	环速
1019	967	3.5	1132	875	313	90	35	0.83	1.14
993	963	3.8	1075	782	253	83	35	0.80	1.17

2.4 试验结果

2.4.1 生球指标

首钢球团生产中,生球从造球盘出来,在进入链蓖机前,生球转运次数达7次。因此,造球试验以满足生球落下强度(>7次)为标准进行,结果见表8:

表8 生球抗压、落下强度及爆裂温度试验结果

粘结剂名称	试验编号	配比%	落下/次/0.5m	抗压/N/p	生球水分%	爆裂温度/℃
MT 复合皂土	M-1	0.8	10.3	18.3	9.1	>350
	M-2	0.8	9.7	17.6	9.2	>350
	平均	0.8	10.0	17.9	9.15	>350
AH 复合皂土	A-1	1.1	8.4	11	9.0	230
	A-2	1.1	8.5	9	9.1	270
	平均	1.1	8.45	10	9.05	250
自产皂土	Z-1	1.4	8.8	15.3	9.0	>350
	Z-2	1.4	8.9	15.7	9.0	>350
	平均	1.4	8.85	15.5	9.0	>350

从表8试验指标看,MT复合皂土和自产皂土的生球指标都符合要求,AH复合皂土的抗压强度和爆裂温度指标均较低,试验过程发现,在300℃时AH复合皂土生球爆裂数达70%,300℃时生球爆裂数达100%,因而为未将AH复合皂土生球进行焙烧试验。

2.4.2 成品球指标检测

试验室焙烧和投篮试验成品球化学成分及强度检测结果见表9和表10:

表9 试验室焙烧成品球团矿化学成分及强度

粘结剂名称	TFe/%	FeO/%	CaO/%	MgO/%	SiO ₂ /%	Al ₂ O ₃ /%	抗压/N/P
MT 复合皂土	65.75	0.12	0.18	0.98	4.08	0.62	2565
自产皂土	65.11	0.29	0.16	0.86	4.98	0.89	2318

表10 投篮试验成品球化学成分及强度

粘结剂名称	TFe/%	FeO/%	CaO/%	MgO/%	SiO ₂ /%	Al ₂ O ₃ /%	抗压/N/P
MT 复合皂土	66.03	0.18	0.16	0.96	4.38	0.66	2315
自产皂土	65.17	0.29	0.19	0.73	4.91	0.86	2224

2.4.3 成品球物理和冶金性能检测

高炉炼铁生产追求的是优质、低耗、高产的目标。而精料是高炉优质、低耗、高产的物质基础,国内外强化高炉冶炼,都把精料放在首位。经过长期的实践证明,只有搞好了精料的高炉才能取得先进的技术指标。因此,球团矿质量要求的项目不仅有化学成分,还有机械强度、还原性、软熔以及热膨胀性能等。表11列出了MT复合皂土投篮试验成品球团矿的物理和冶金性能检测结果,并与前期首钢球团厂生产现场球团矿冶金性能指标进行了比较。

表11 MT复合皂土投篮试验成品球团矿物理和冶金性能检测

名称	项目	单位	试验球团矿	生产球团矿
物理性能	抗压强度	/N/P	2315	
	转鼓指数 RD _{+6.3}	%	96.7	
	抗磨指数 RD _{-0.5}	%	2.3	
冶金性能	软化开始温度 T _{BS}	℃	1035	909
	软化终了温度 T _{BE}	℃	1165	1083
	软化温度区间 ΔT	℃	130	174
	开始熔融温度 T _S	℃	1309	1130
	开始滴落温度 T _D	℃	1380	1343
	熔滴温度区间 ΔT	℃	71	213
	最大压差 ΔP	Pa	2528	3429
	膨胀率 RSI	%	9.61	14.24
	还原粉化指数 RD _{-3.15}	%	2.55	21.84
	还原度指数 RI	%	69.6	67.35

3 试验结果分析与讨论

3.1 成球性比较

在原料和操作相同条件下,配加 MT 复合皂土 0.8%,通过对造球过程的观察,生球成球速度与配加自产皂土相当,比 AH 复合皂土成球快。但 MT 复合皂土亲水性更好,配加 MT 复合皂土的生球形状比其它两种皂土的生球更圆,生球表面水分较低。生球形状的规则性,将有利于提高链蓖机料层的透性球,增强生球干燥、预热和焙烧效果。

总体看,配加 MT 复合皂土的成球性较好。

3.2 生球质量

落下强度及爆裂温度是检验生球质量是否合格最主要的指标。从表 8 落下强度及爆裂温度检验结果看出,MT 复合皂土配比 0.8%时,生球抗压、落下次数均超过标准要求(抗压:10N/个、落下:7/次/0.5m)。爆裂温度 350℃,也能满足生产要求。而自产皂土配比要达到 1.4%,落下指标才合格。无论怎样改变配比,AH 复合皂土爆裂温度指标均达不到 300℃,不能满足生产需要。

综合比较生球落下次数、抗压强度、爆裂温度等指标,MT 复合皂土的生球质量优于其他两种皂土。

3.3 成品球质量

MT 复合皂土 0.8%配比成品球经焙烧后,抗压强度达到 2565N 和 2315N,均超过 2000N 的标准要求。在原料精矿粉品位为 68.16%时,成品球 TFe 品位达到 66.03%和 65.75%的较高水平。成品球的 SiO_2 含量较低,分别为 4.08%和 4.38%,比生产氧化球低约 0.5—0.9 个百分点。成品球的 Al_2O_3 含量较低,分别为 0.62%和 0.66%,比生产氧化球低约 0.2 个百分点。成品球团矿全铁品位高,二氧化硅低,三氧化二铝低的特点,将对后道冶炼工序提高钢铁产量,降低消耗产生较好影响。

3.4 成品球物理和冶金性能指标分析

高炉精料的中心内容是如何改善炉料的还原性和料柱的透气性。高炉冶炼对炉料冶金性能的要求主要包括以下几个方面:较高的冷态机械强度;粒度均匀、粉末低;低温粉化率低;软熔性能好及软熔区间窄;含铁品位高。入炉原料的冶金性能直接影响高炉的运行状况、冶炼强度、工艺参数、燃料消耗及综合经济效益。

软化熔滴性能是指矿石在还原气体作用下开始软化的温度与一直到熔化所包含的温度区间,其包括范围较广,矿石软化结束后,炉料在高炉内继续向下运动而被进一步加热和还原,矿石开始熔融,在熔渣和还原后金属铁达到自由流动并积聚成滴前,软熔层中透气性极差,煤气通过受阻,因此出现很大压力降,根据生产高炉测定,软熔带压力降约占高炉总压力降的 60%。国内普遍采用压差陡升温度表示矿石开始熔化温度,第一滴液滴下温度表示滴落温度,以开始熔化和开始滴下的温度差为熔滴温度区间,以最高压差 ΔP_m 表明熔滴区的透气状况。从高炉操作要求,矿石的这种软熔性能对高炉操作的影响很大,通常要求熔滴温度高一些,区间窄一些, ΔP_m 低一些,可以延长间接还原时间,提高煤气利用效率,提高透气性,对冶炼有利。

从表 11 冶金性能指标检测数据看,MT 复合皂土投篮试验球团矿具有如下优点,已完全达到优质球团矿的要求。

①冷态机械强度高。抗压强度达到 2315N,超过 2000N 的一级品标准要求(YB/T005—91)。

②还原度指数(RI)明显改善。RI=69.6%,超过 YB/T005—91 标准(RI $\geq$ 65%) 4.6 个百分点。

③软化、熔融温度高,区间窄。软化开始温度 1035℃,软化温度区间 130℃;开始熔融温度 1380℃,熔滴温度区间从 81℃;熔融状态最大压差值 2528Pa;熔滴温度区间的减小,将有效提高高炉煤气利用系数,扩大间接还原,减少直接还原,降低焦比,改善高炉的透气性,提高冶炼强度,提高产量,有利于高炉冶炼。

④还原粉化指数低。 $RD|_{-3.15}=2.55\%$,粉化指数的降低将增加高炉透气性和减少粉尘外排。

⑤还原膨胀指数 RSI 低。膨胀指数 9.61%,低于 YB/T005—91 标准(RSI $<15\%$) 5.39 个百分点。

3.5 MT 复合皂土理化性能分析

MT 复合皂土配比低、成球性好、生球和成品球质量高、冶金性能好,追根溯源,与 MT 复合皂土中膨润土独有的物质特性、性能和结构有关。MT 复合皂土与矿业公司皂土标准比,主要理化检验性能指标明显优

于矿业标准比要求。

表 12 首钢矿业公司钠化成品土企业标准

吸蓝量 g/100g	胶质价 mL/15g	膨胀倍数 mL/15g	吸水率 mL/g	粒度—260 目 %	水份 %
≥30	300±50	≥20±5	≥420	≥92%	≤10

吸蓝量 根据吸蓝量概念定义,吸蓝量是指膨润土分散于水溶液中具有吸附次甲基蓝的能力大小,可作为粗略估计膨润土中蒙脱石含量的一个指标。膨润土吸蓝量越高,蒙脱石含量越高。MT 复合皂土的吸蓝量较自产皂土高 8 个点。

膨胀容 膨胀容是膨润土的水化性能,是分散性、亲水性、电荷性和膨胀性的综合表现。按常规分类方法,膨胀容高于 15ml/g 属于钠基土。膨胀容数值越高,其水化、分散、膨胀能力越强,MT 复合皂土的膨胀容指标为自产皂土的二倍,因此 MT 复合皂土的水化性能优于自产皂土。

吸水率 吸水率的大小反映了膨润土吸水后所产生胶体的多少,也即粘结力的大小。另一方面,吸水率还反映了吸水速度的快慢,是球团用膨润土的重要指标,对球团生产很重要。一般认为,膨润土 20min 吸水率指标大于 300,就算比较快了。原土的性质是影响吸水率和吸水速度的主要因素。MT 复合皂土吸水速度较自产皂土快,即 MT 复合皂土粘结力比自产皂土强。

胶质价 与膨胀容一样,胶质价也是膨润土的水化性能指标,是鉴定膨润土矿石属型和估价膨润土质量的技术指标之一。胶质价显示试样颗粒分散与水化程度,是分散性、亲水性和膨胀性的综合表现,它的大小与膨润土矿的属型和蒙脱石含量密切相关,钠基比钙基、酸性膨润土的胶质价高,同一属型的膨润土,含蒙脱石愈多,胶质价愈高。MT 复合皂土与自产皂土比较,MT 复合皂土胶质价高 165,进一步说明 MT 复合皂土水化性能较自产皂土强。

SiO₂ 含量 从化验数据看,MT 复合皂土 SiO₂ 含量比自产皂土低 9.3%。SiO₂ 含量的降低一方面改善粘结剂性能,另一方面将使成品球团矿中的 SiO₂ 含量减少,进而提高球团矿品位。

4 降低皂土消耗的其他技术措施

- 在组织新型高效复合皂土试验研究的同时,公司还实施了以强化技术管理为主的其他措施,主要有:
- ①完善一系列配料室的电子称(包括皂土称)计量设施,实现按成分配料,达到精准配料的要求。
 - ②球团二系列造球盘加水方式进行改进。一方面将加水管移至下料点下方,实现“滴水成球,雾化长大”。另一方面,造球盘加冷水改为链篦机冷却水,提高造球物料温度。
 - ③改进和完善造球技术状况。实现定量给料和定量加水。对皮带称定量给料自动调节进行攻关,水管安装流量表。
 - ④稳定并改善矿粉水份和粒度。组织内部挖潜,制定稳定矿粉水份和矿粉粒度的措施。供球团矿粉水份控制在 8.3%以下,供球团矿粉—200 目粒度含量控制在 82%以上。
 - ⑤提高皂土质量。组织采购优质成品皂土货源,加大对皂土加工质量控制以及采购原土厂家评审、监督、检查力度,以保证钠化皂土的质量和供应。
 - ⑥制定稳定供料措施,及时传递生产数据信息,按照大工业生产组织的要求,实现供球团矿粉质量和数量的稳定。

5 结论

通过对 MT 复合皂土的球团试验研究,结合首钢矿公司球团厂、选矿厂的生产特点,可以总结出以下几点结论:

① 实验室研究表明,用 MT 复合皂土替代自产皂土技术上是可行的,可满足球团生产和高炉精料要求。为稳妥起见,应进行工业试验。

② 用 MT 复合皂土替代自产皂土,皂土消耗可降到 0.8%,比自产皂土消耗降低 0.6%,球团矿铁品位提高幅度达 0.5%以上,最高可达 66%,球团矿抗压强度呈上升趋势,冶金性能将有较大改善。

③ MT 复合皂土吸水率指标较高,可适当降低精矿粉水分要求,对上道过滤工序降低消耗、提高选矿生产率有益。

④ 如保持成品球团矿质量标准(65.30%)不变,配加 MT 复合皂土,可降低对原料精矿粉品位标准要求,提高上道选矿工序生产力。

参考文献

[1] 刘福来. 合理提高球团矿碱度,改善球团矿冶金性能

[2] 刘新兵. 冶金球团用膨润土的性能指标评述

(上接第 366 页)

间,降低鼓风干燥段与抽风干燥段之间的温度差,使温度梯度更加合理。

3.3.1.3 氧化球焙烧:

从元月份窑内氧化球焙烧气氛看较以前有了很大的改善,窑头现场取样看,氧化球断面比较整齐,内部黑芯现象明显减少;抗压强度 2006 年 1 月份完成了 2424N/个球,而 2005 年 11 月份只达到了 2291N/个球,亚铁 2006 年 1 月份完成 0.30%,而 2005 年 11 月份为 0.49%。从温度控制上一直没有做过调整。

3.3.2 合理提高并稳定环冷机三冷段回热风温度,满足生球干燥的温度要求。

试验证明,链篦机东、西 19# 风箱温度控制在 180℃~220℃能够生成生球脱水的有利环境,东、西 19# 烟罩温度达到 60℃~70℃则会减少生球结露现象的出现。通过几个月的摸索与生产实践,建议东、西 19# 风箱温度按 175℃±20℃控制,按上限掌握。

3.3.3 降低生球水分,有利于干燥时间的减少。

通过严把进厂矿粉水分质量关,把矿粉水分控制在 8.4%以下,生球水分控制在 9.0%以下,可以有效地减轻链篦机干燥的负荷,提高干燥质量,从而提高生产能力。

3.3.4 改善布料厚度均匀性

为了解决梭式布料器在宽皮带上形成的“Z”字形斜线,改善链篦机篦床料层的均匀性,通过试验研究与探索,先后于 2005 年 11 月份对宽皮带前部下料处增加分料器装置、2005 年 12 月份对梭车皮带前部增加分料器,有效的解决了链篦机布料不平这一长期解决不了的课题,为链篦机的干球焙烧奠定了坚实的基础;

3.3.5 迁钢灰的配加是一个不容忽视的问题

在进厂矿粉水分偏高的情况下,适当配加一定比例的迁钢灰来调节矿粉水分,有利于造球操作。

4 结论

对于鼓抽结合的生球干燥方式,只要合理的调整鼓风的风量、风温,适当改善链篦机的布料均匀程度,有效降低生球水分,就完全可以避免生球在干燥过程当中爆裂现象的出现。

参考文献

[1] 付菊英 朱德庆 铁矿氧化球团基本原理、工艺及设备 中南大学烧结球团研究所 2001 年 2 月 103、167。