

试验研究

# 球团配加赤铁精矿的试验研究

贺建峰<sup>1</sup>,潘宝巨<sup>2</sup>,王志花<sup>2</sup>

(1 济南钢铁股份有限公司 技术中心,山东 济南 250101;2 钢铁研究总院,北京 100081)

**摘要:**利用球团模拟试验炉对配加10%~50%的赤铁精矿进行了试验,试验条件:干燥温度600℃,时间10 min;预热温度900℃,时间20 min;强氧化性气氛,焙烧30 min。结果表明,生产强度>200 kg/个的球团矿,赤铁精矿配比30%以下时,需要的最低焙烧温度为1 180℃;35%时,最低为1 200℃;40%~50%时,则最低为1 220℃以上。赤铁精矿配比从10%增加到50%,可使球团矿的铁品位增加约0.7%、SiO<sub>2</sub>含量降低1%;还原度及低温还原120粉化率相差不大。同时,进行了配加煤粉、焦粉、有机黏结剂和PT粉的探索试验,试验表明,添加物对降低焙烧温度和提高球团矿强度有较好的作用,配加3%的PT粉,赤铁精矿配比30%球团矿的焙烧温度可降低50℃以上。

**关键词:**球团;赤铁精矿;焙烧温度;球团强度

中图分类号:TF046.6

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2010)04-0026-05

## 1 前言

竖炉球团矿生产主要以磁铁矿精粉为原料,其中的FeO在高温下氧化放热生成Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及结晶长大而固结。随着我国近年来钢铁产能及球团产量的不断扩大,球团竖炉生产所需磁铁矿资源越来越紧张,价格也越来越高,同时,国外尤其巴西等南美地区赤铁矿精粉资源丰富,品位高,价格相对磁铁矿精粉便宜。因此,研究球团竖炉使用赤铁矿精粉生产球团矿成为扩大原料资源、降低生产成本、提高球团矿品位的重要方向。赤铁矿中铁的存在形式主要为Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,高温焙烧过程中不存在氧化放热、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>生成,主要以Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的再结晶为主固结,在相同的高温条件下,固结时晶间连接变弱。竖炉球团生产实际应用表明,原料配加赤铁矿精粉超过15%,成品球团矿表现出物理强度大幅变差、含粉量增大、还原粉化率下降。为此,利用实验室球团模拟试验炉对配加赤铁精矿进行了试验,解决赤铁精矿配比提高存在的技术问题,探讨适宜的焙烧制度,并测定最佳条件下成品球团的强度和冶金性能。

## 2 试验原料与设备

试验所用含铁原料取自于济钢球团厂,混精为济钢球团竖炉生产所用的混合料,其中巴西赤铁精矿占7%,磁铁杂精矿占90.8%,皂土2.2%;煤粉、焦粉取自于济钢炼铁厂,PT为自配添加剂。所有原料均进行了细磨,煤粉、焦粉、PT粉烘干后再配料,原料化学成分如表1所示,粒度组成和水分如表2所示。试验中使用广东花都生产的KLP有机黏结剂。

收稿日期:2010-05-31

作者简介:贺建峰,男,1962年生,1984年毕业于包头钢铁学院钢铁冶金专业,济南市第八届专业技术拔尖人才。现为济钢技术中心高级工程师,从事炼铁技术工作。

表1 原料的化学成分 %

矿种	TFe	FeO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	S	P	烧损
赤铁精矿	67.50	0.10	0	0.84	0.80	0.04	0	0.06	1.10
混精	64.64	21.04	0.98	4.52	1.00	1.72	0.04	0.02	-0.85
皂土	0	0	3.50	55.00	14.00	3.40	0.02	0.05	14.00
煤粉	0	0	0.82	4.50	5.25	1.30	0.09	0.08	85.00
焦粉	0	0	0.11	3.50	4.30	0.03	0.08	0.09	85.00
PT粉	72.00	41.00	0.50	1.50	2.28	0	0.01	0.01	0

表2 原料的粒度组成和水分 %

矿种	>0.3 mm	0.3 ~ 0.15 mm	0.15 ~ 0.075 mm	0.075 ~ 0.048 mm	<0.045 mm	水分
赤铁精矿	0.20	1.00	11.80	24.13	62.87	9.64
混精	0.70	7.04	22.64	17.91	51.71	7.26
皂土	0	0	0	31.58	68.42	12.80
煤粉	4.53	24.65	20.42	31.69	18.71	
焦粉	6.49	23.33	30.63	17.24	22.31	
PT粉	11.71	22.72	41.94	16.92	6.71	

本次试验所用混精粒度偏粗,其中<0.075 mm的只有69.62%,基准期皂土配比定为2.3%。

主要试验设备:PYZ-SII型标准偏心摇摆振动筛;生球测水仪,用于生球烘干;压力试验机,测量范围为0~500 kg,用于焙烧球团抗压强度的测定;直径1.2 m的圆盘造球机,圆盘边高100 mm,调速电机加变速齿轮驱动,圆盘转速15~65 r/min可调,角度45°~65°可调。圆盘内铺设10 mm厚的防粘衬板;立式球团模拟焙烧炉,用于球团矿的焙烧和生球爆裂性能的测定。采用硅碳管加热,最高温度可达1 500℃左右,控制柜控温,由数字温度表和电位差计同时监测。

## 3 试验方法

### 3.1 配料计算

经过配料计算,算出赤铁精矿配比10%、20%、25%、30%、35%、40%、45%和50%时应配加的混精、赤铁精矿和皂土的量,其中皂土的配比为2.3%。每

次配料 10 kg。试验中的主要配比见表3。

表3 不同赤铁精矿配比对应的主要配比(干重) %

配料	赤铁精矿配比							
	10	20	25	30	35	40	45	50
混精	96.58	85.57	80.06	74.56	69.05	63.55	58.04	52.53
赤铁精矿	3.24	14.01	19.40	24.78	30.17	35.55	40.94	46.32
皂土	0.18	0.42	0.54	0.66	0.78	0.90	1.02	1.15

### 3.2 混料

由于润磨后混精矿中含有皂土,容易结块,且赤铁精矿粒度细、水分高、不易混匀。为了使混合料混匀,首先将所有的混合料采用切取堆放法混合4次,再将所有的混合料过2 mm的筛子,以打散结块,再采用切取堆放法混合4次。

### 3.3 造球

造球采用人工加水、加料,水分控制在8.0%~8.5%,生球直径为13~20 mm。

### 3.4 生球性能测定

水分:造好球后,取200 g生球放入烘箱,在105 ℃左右烘2 h以上,按减重计算其含水量。

抗压强度:采用QCY-602自动数显催化剂强度测定仪进行测量,取20个球的平均值。

落下次数:使生球从500 mm的高度落到10 mm厚的钢板上,记下生球出现裂纹和不同程度破碎前的落下次数,取20个球的平均值。

爆裂温度:生球的爆裂温度测定在管式焙烧炉中进行。将炉温升到所要测定的温度,恒温20 min,并以1.8 m/s的速度鼓入空气,将10个要试验的生球迅速放入炉中,停留10 min后取出观察发生爆裂的情况,以球团试样有10%出现裂纹时的温度作为生球的爆裂温度。

## 4 条件试验

### 4.1 生球试验

对8种赤铁精矿配比的混合料按试验方法造球,造球时间控制在40 min左右,并对生球的水分、抗压强度、落下强度和爆裂性能进行了测定,结果如表4所示。从表4可以看出,随着赤铁精矿配比的增加,生球的抗压强度和落下强度均逐渐提高,但当赤铁精矿配比继续增加时,生球强度又有降低的趋势。在造球过程中还发现,当赤铁精矿配比增加到40%以上,特别是45%和50%时,就不太容易造球,造球时间应适当延长,且造出的生球较不规整,这也是引起生球强度变差的主要原因。

按试验方法测定生球爆裂性能(见表4)。从测定结果可以看出,8种生球在600 ℃以下均未发生爆裂;温度升到700 ℃时,赤铁精粉配比45%和50%的两种生球发生爆裂;温度升到750 ℃时赤铁精矿

表4 不同赤铁精矿配比对应的生球性能和爆裂性能

赤铁精矿配比/%	生球性能			干燥温度/℃				
	水分/%	抗压强度/(kg·个 <sup>-1</sup> )	落下次数/次	500	600	700	750	800
10	8.0	7.4	8.7	未爆	未爆	未爆	未爆	爆2个
20	8.0	9.0	12.5	未爆	未爆	未爆	未爆	爆2个
25	7.9	13.3	18.2	未爆	未爆	未爆	未爆	爆1个
30	7.8	10.3	15.6	未爆	未爆	未爆	未爆	爆2个
35	8.1	8.4	10.9	未爆	未爆	未爆	爆1个	爆3个
40	8.2	6.8	10.6	未爆	未爆	未爆	爆1个	爆4个
45	8.0	6.4	10.1	未爆	未爆	爆1个	爆3个	爆5个
50	8.3	6.6	11.9	未爆	未爆	爆1个	爆2个	爆7个

配比35%和40%的两种球团也发生爆裂;当温度升到800 ℃时,所有生球均有不同程度的爆裂,而且赤铁精矿配比越高,爆裂发生的比例越高。分析其原因有两个,一是赤铁精矿配比高时,混合料粒度较细,生球的空隙率下降,生球内部的水分不易排出,球内压升高,造成爆裂;二是赤铁精矿配比高时,生球的形状较不规整,生球强度较差,也使生球爆裂容易发生。

根据8种生球的爆裂性能,生球的干燥温度应低于700 ℃,济钢球团竖炉生产中的干燥温度为600~650 ℃,对于这8种配比也是适合的。

### 4.2 皂土配比试验

由于经润磨后的混精矿中已含有2.2%的皂土,皂土配比再做较大的调整比较困难,所以仅将赤铁精矿配比20%和30%时的皂土下调到2.0%,在同样条件下进行焙烧(焙烧温度1 200 ℃),与皂土配比2.3%时进行对比,结果如表5所示。可以看出,在配加20%和30%赤铁精矿粉后,皂土配比为2.0%时,生球强度略有下降,爆裂温度略有降低,球团矿的抗压强度基本上没有变化。

表5 不同皂土配比对应的生球及球团性能

生球及球团性能	赤铁精矿 20%		赤铁精矿 30%	
	皂土 2.3%	皂土 2.0%	皂土 2.3%	皂土 2.0%
生球水分/%	8.0	7.8	7.8	7.9
生球抗压强度/(kg·个 <sup>-1</sup> )	9.0	7.6	10.3	9.7
生球落下次数/次	12.5	8.5	15.6	10.7
生球爆裂温度/℃	>750	>700	>750	>700
球团抗压强度/(kg·个 <sup>-1</sup> )	264.6	260.8	248.9	247.8

### 4.3 焙烧时间

竖炉生产中的焙烧时间为60~90 min,为方便试验,对赤铁精矿配比10%的基准条件进行了焙烧时间试验。每次焙烧50个球团,600 ℃干燥10 min,900 ℃预热20 min,1 200 ℃焙烧10、20、30、50、70 min。随着焙烧时间的延长,球团的抗压强度(分别为205.0、259.8、264.4、270.3、269.4 kg/个)逐渐提

高。但延长到20 min之后,球团的抗压强度基本上变化不大。只要焙烧温度达到要求,在很短的时间内就可完成氧化和再结晶反应。因此,在以下的试验中焙烧时间均采用30 min,其他试验条件:干燥温度600 ℃,时间10 min;预热温度900 ℃,时间20 min。

#### 4.4 焙烧气氛

气氛的氧化性对磁铁精矿生球的氧化和固结过程影响很大,在强氧化气氛中焙烧磁铁矿球团能得到最好的焙烧结果。而赤铁矿球团焙烧时对气体介质特性没有焙烧磁铁矿生球那样要求严格。

本次试验对赤铁矿配比10%的生球在3种不同含氧量的气体中焙烧进行了对比。焙烧温度为1 200 ℃。气体中的含氧量由空气和CO<sub>2</sub>以不同的比例混合来得到,CO<sub>2</sub>与空气以3:1的比例混合时气体中的含氧量为5.25%,CO<sub>2</sub>与空气以1:1的比例混合时,气体中的含氧量为10.5%,全部通入空气时,气体中的含氧量约为21%。气体经过混气瓶以15 L/min的流量鼓入焙烧炉。3种含氧量对应的球团抗压强度分别为187.6、245.7、264.4 kg/个。由于竖炉中各段的气流变化和气体成分变化比较复杂,本试验数据仅能反应一个大体的趋势。从试验结果可以看出,气体中的含氧量越高,对氧化焙烧过程越有利,球团矿的抗压强度越高。

以下的试验中焙烧气氛均采用强氧化性气氛,即以15 L/min的流量鼓入空气。

#### 4.5 各赤铁矿配比的最佳焙烧温度

赤铁矿不同配比时,球团矿在不同焙烧温度下的强度如表6所示。

表6 不同赤铁矿配比球团矿在不同焙烧温度下的强度 kg/个

焙烧 温/℃	赤铁矿配比/%							
	10	20	25	30	35	40	45	50
1 150	192.8	183.2	169.0	164.5				
1 180	249.3	240.5	239.8	232.0				
1 200	264.4	264.6	258.3	248.9	209.6	194.5	189.1	188.9
1 220					266.0	264.9	263.8	263.4
1 250					338.8	315.1	295.1	291.5

从试验结果可以看出,随着赤铁矿配比的升高,要生产出强度>200 kg/个的球团所需要的焙烧温度也逐渐升高,而且焙烧温度越高,球团矿的抗压强度越高。

赤铁矿配比为10%、20%、25%和30%时,需要的焙烧温度为1 180 ℃,而且随赤铁矿配比的增加,球团矿的抗压强度逐渐降低,但差别不大。在1 200 ℃焙烧时,赤铁矿配比35%的球团矿抗压强度也能满足>200 kg/个的要求。而赤铁矿配比增加到40%、45%、50%时,球团的抗压强度逐渐

降低,而且都低于200 kg/个。当焙烧温度提高到1 220 ℃和1 250 ℃时,赤铁矿配比为35%、40%、45%、50%的球团矿的强度都>200 kg/个。但当焙烧温度提高到1 250 ℃时,若一次焙烧750 g的球团,料层100 mm左右,在料层底部会有将近1/3的球团发生粘连。而焙烧温度在1 220 ℃时,球与球之间的粘结有较大好转,但仍有少量的球发生粘连。

因此,赤铁矿的配比提高到30%,要求焙烧温度最低为1 180 ℃;配比提高到35%,要求焙烧温度最低为1 200 ℃;配比提高到40%~50%,要求焙烧温度最低为1 220 ℃。

## 5 球团矿化学成分及冶金性能测定

按照上面的试验结果和试验条件,将赤铁矿矿配比分别为10%、20%、25%和30%的球团在1 200 ℃进行大批量焙烧,将赤铁矿矿配比35%、40%、45%和50%的球团在1 250 ℃进行大批量焙烧,然后对其化学成分和各项冶金性能进行测定。

### 5.1 球团矿的化学成分

各赤铁矿配比的球团矿化学成分分析结果见表7。随着赤铁矿配比的增加,球团矿的铁品位提高,CaO、SiO<sub>2</sub>、MgO的含量则逐渐减少,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>逐渐增加,这与赤铁矿的化学成分及配比变化是一致的。赤铁矿的配比从10%增加到50%,可使球团矿的铁品位增加约0.7%、SiO<sub>2</sub>含量降低1%左右,这会给后来的高炉生产带来较大的经济效益。

表7 不同赤铁矿配比对应的成品球团矿成分 %

球团矿 成分	赤铁矿配比							
	10	20	25	30	35	40	45	50
TFe	64.55	64.27	64.60	64.84	65.01	65.16	65.20	65.29
FeO	0.86	0.94	0.86	0.85	0.79	0.80	0.74	0.76
CaO	0.97	0.88	0.85	0.84	0.76	0.75	0.66	0.60
SiO <sub>2</sub>	4.41	4.26	4.00	3.82	3.77	3.58	3.50	3.38
MgO	1.62	1.54	1.41	1.32	1.24	1.15	1.06	0.95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.12	1.21	1.24	1.26	1.31	1.38	1.34	1.36

### 5.2 还原性能测定

还原性测定方法执行GB/T 13241-91标准,试样质量为500 g,粒度为10~12.5 mm。在N<sub>2</sub>气氛下加热至900 ℃,保温30 min,改通还原气体(15 L/min),恒温还原180 min。还原气体的成分为CO(30%±1%),N<sub>2</sub>(70%±1%),H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、HO<sub>2</sub>均<0.5%。900 ℃的还原性以“RI”表示,计算公式为:

$$RI = \left( \frac{0.11B}{0.43A} + \frac{m_1 - m_2}{0.43A \cdot m_0} \times 100 \right) \times 100\%$$

式中:A为试样的全铁含量,%;B为试样的FeO含量,%;m<sub>0</sub>为试样的质量,g;m<sub>1</sub>为还原开始前试样的质量,g;m<sub>2</sub>为还原180 min后试样的质量,g。不同赤



铁精矿配比球团矿的还原性测定结果如表8所示。

表8 不同赤铁精矿配比球团矿的还原性 %

赤铁精矿配比	10	20	25	30	35	40	45	50
还原度	74.36	74.60	75.33	75.96	74.33	75.06	74.18	74.02

一方面铁品位升高、SiO<sub>2</sub>含量降低会使球团矿的还原度有所升高,另一方面赤铁精矿配比的增加,会使得球团矿更加致密,空隙率减小,球团矿的氧化度也降低。从测定结果看,这几种球团矿的还原度相差不大,均属于比较高的。

### 5.3 低温还原粉化测定

低温还原粉化测定采用动态法,首先把热转鼓升温至500℃后装料500g,粒度为10~12.5mm,然后通N<sub>2</sub>保护,恒温10min后,热转鼓以10r/min的转速转动,同时停N<sub>2</sub>,通还原气体(6L/min),CO/N<sub>2</sub>=30/70。500℃还原并转动60min,通N<sub>2</sub>将试样冷却至室温后倒出称重。用6.3、3.15和0.5mm的方孔标准筛过筛称重,结果分别以+6.3、-3.15和-0.5mm表示。其中以-3.15mm占整个重量的百分数为低温还原粉化率。不同赤铁精矿配比球团矿的低温还原粉化测定结果如表9所示。

表9 不同赤铁精矿配比球团矿的低温还原粉化性 %

赤铁精矿配比	10	20	25	30	35	40	45	50
低温还原粉化指数	13.3	14.4	14.9	16.6	15.8	16.3	16.9	15.9

试验结果可以看出,8种配比的球团矿低温还原粉化率相差不大,均在13%~17%,完全符合高炉生产要求。

综上所述,最佳试验条件为:1)生球的干燥温度应低于700℃,以600℃为宜,时间10min;预热温度900℃,时间20min;焙烧时间30min。2)试验中焙烧气氛均应采用强氧化性气氛,即以15L/min的流量鼓入空气。

综合考虑竖炉寿命、原料成本、球团矿性能等因素,建议球团竖炉生产中采用配加25%左右赤铁精粉生产球团矿为宜。

## 6 探索试验

为降低焙烧温度、节能减排,选择在较低焙烧温度(1180℃)、赤铁精矿配比最高(30%)的条件进行配加煤粉、焦粉、有机黏结剂和PT粉的探索试验,探索能否使焙烧温度有所降低,并使球团强度仍>200kg/个。

### 6.1 配加煤粉试验

煤粉的配比为0.5%、1.0%和1.5%,结果见表10。

随着配煤比例的增加,生球的抗压强度和落下强度逐渐变差,爆裂温度略有降低。配加煤粉后,将焙烧温度降到1150℃,所有配比的球团矿抗压

表10 配加煤粉试验结果

煤粉 配比/%	生球性能				球团抗压/(kg·个 <sup>-1</sup> )	
	水分/ %	抗压/ (kg·个 <sup>-1</sup> )	落下/ 次	爆裂温 度/℃	焙烧 1150℃	焙烧 1200℃
0	7.8	10.3	15.6	>750	164.5	248.9
0.5	8.0	7.1	12.5	>700	130.0	231.0
1.0	7.8	7.9	7.8	>700	197.0	213.8
1.5	8.3	6.9	9.7	>700	95.2	115.7

强度都达不到200kg/个,在1200℃焙烧时,配煤0.5%和1.0%的球团矿抗压强度>200kg/个,但比未配加煤粉时球团矿的抗压强度要低,且随煤粉配加比例的增加,球团矿的抗压强度逐渐降低。

因此,赤铁精矿配比30%时,配加0.5%、1.0%和1.5%的煤粉不利于降低焙烧温度和提高球团矿的抗压强度。

### 6.2 配加焦粉试验

焦粉的配比也采用了0.5%、1.0%和1.5%,结果如表11所示。

表11 配加焦粉试验结果

焦粉 配比/%	生球性能				球团抗压/(kg·个 <sup>-1</sup> )	
	水分/ %	抗压/ (kg·个 <sup>-1</sup> )	落下/ 次	爆裂 温度/℃	焙烧 1150℃	焙烧 1200℃
0	7.8	10.3	15.6	>750	164.5	248.9
0.5	7.9	9.1	11.4	>700	176.7	236.7
1.0	8.0	8.7	8.0	>700	209.7	231.0
1.5	8.0	7.6	8.2	>700	106.4	158.0

随着焦粉配加比例的增加,生球的抗压强度和落下强度逐渐降低,爆裂温度略有下降。在1200℃焙烧时,焦粉配比0.5%和1.0%的球团矿抗压强度>200kg/个,且随焦粉配加比例的增加,球团矿的抗压强度逐渐降低,但比配加煤粉的效果要好。在1150℃焙烧时,随焦粉配加比例的增加,球团矿的抗压强度逐渐增加,在焦粉配比1.0%时,可使球团矿的抗压强度达到200kg/个以上,但焦粉配比再增加,又会使球团矿的抗压强度降低。

因此,赤铁精矿配比30%时,配加1%的焦粉可以使焙烧温度降到1150℃,并使球团矿的抗压强度为209.7kg/个。

### 6.3 配加有机黏结剂试验

在相应的原料条件下,济钢曾经做过用有机黏结剂KLP代替皂土的试验,替代比例大致为0.1%的有机黏结剂可以替代0.8%的皂土。本次试验的主要目的是检验一下这个替代比例是否适合于配加一定比例赤铁精矿后的球团。试验结果见表12。

由试验结果可以看出,用0.08%的KLP代替0.63%的皂土,在1200℃焙烧时,球团矿的抗压强度仍可满足>200kg/个的要求,但略低于不用有机黏结剂的球团矿的抗压强度。如果KLP的配加量

表12 配加KLP试验结果

KLP 配比/%	生球性能				球团抗压/(kg·个 <sup>-1</sup> )	
	水分/ %	抗压/ (kg·个 <sup>-1</sup> )	落下/ 次	爆裂温度/ ℃	焙烧 1 150 ℃	焙烧 1 200 ℃
0	7.8	10.3	15.6	>750	248.9	
0.08	8.2	9.2	9.1	>700	233.7	
0.04	8.0	7.5	6.4	>700	155.5	256.6

再减少,球团矿的强度就达不到要求了。

#### 6.4 配加PT粉试验

在本次试验中,首先在赤铁精矿配比为30%的条件下配加3%的PT粉,在1 200 ℃焙烧时,球团矿的抗压强度比不配加PT粉时有明显提高。将焙烧温度降低50 ℃,球团矿的抗压强度仍较高(241 kg/个)。若将焙烧温度降到1 100 ℃,球团矿的抗压强度只有110.8 kg/个,不能满足要求。因此,配加PT粉对焙烧温度的降低和球团矿强度的提高有较好作用。

对赤铁精矿配比35%、40%、45%和50%的4种球团进行了配加3%PT粉的焙烧试验,结果见表13。

表13 配加PT粉试验结果

配比条件/%		生球性能				球团抗压/(kg·个 <sup>-1</sup> )	
赤铁 精矿	PT粉	水分/ %	抗压/ (kg·个 <sup>-1</sup> )	落下/ 次	爆裂温 度/℃	焙烧 1 150 ℃	焙烧 1 200 ℃
30	0	7.8	10.3	15.6	>750	164.5	248.9
30	3	7.7	8.3	13.5	>750	241.0	318.0
35	3	8.2	6.1	10.4	>700	238.4	290.1
40	3	8.3	7.2	11.5	>700	232.0	269.4
45	3	8.0	5.9	10.2	700	225.4	267.5
50	3	8.1	5.7	8.1	700	223.8	267.4

试验结果表明,若配加3%的PT粉,赤铁精矿配比从30%增加到50%,在1 150 ℃条件下焙烧,其球团矿的抗压强度全部满足>200 kg/个的要求,且随赤铁精矿配比的增加有降低的趋势。当焙烧温度提高到1 200 ℃时,球团矿的抗压强度明显提高,且高于不配加PT粉时球团矿的抗压强度。但随着赤

铁精矿配比的增加,球团矿强度有逐渐降低的趋势。

探索试验结果表明:添加物对焙烧温度的降低和球团矿强度的提高有较好的作用。综合考虑竖炉寿命、原料成本、球团矿性能等因素,在配加3%的PT粉添加物的情况下,建议球团竖炉生产中采用配加35%左右赤铁精粉生产球团矿为宜。

## 7 结 论

7.1 赤铁精粉配比10%~50%,造球配加膨润土2.3%,最佳试验条件是:生球的干燥温度600 ℃,时间10 min;预热温度900 ℃,时间20 min;焙烧时间30 min;强氧化性焙烧气氛(以15 L/min的流量鼓入空气)。

7.2 生产强度>200 kg/个的球团矿,赤铁精矿配比30%以下时,需要的最低焙烧温度为1 180 ℃;赤铁精矿的配比提高到35%,要求焙烧温度最低为1 200 ℃;赤铁精矿配比提高到40%~50%,要求焙烧温度最低为1 220 ℃。随着赤铁精矿配比的增加,球团矿强度有逐渐降低的趋势。

7.3 赤铁精矿配比10%~50%的球团矿还原度74%~76%,均属于比较高的;低温还原粉化率相差不大,均在13%~17%之间,符合高炉生产要求。

7.4 赤铁精矿配比为30%时,配加煤粉不利于焙烧温度的降低和球团矿抗压强度的提高;在赤铁精矿配比为30%时,配加1%的焦粉可使焙烧温度降为1 150 ℃,球团矿的抗压强度仍>200 kg/个。

7.5 赤铁精矿配比为30%~50%时,配加3%的PT粉添加物,可使焙烧温度降到1 150 ℃,降低70 ℃左右,并且球团矿的抗压强度均>200 kg/个。

7.6 从竖炉寿命、原料成本、球团矿性能等因素综合考虑,建议球团竖炉生产中采用配加30%左右的赤铁精粉生产球团矿为宜。

### Test Study of Adding Hematite Powder in Pellet

HE Jian-feng<sup>1</sup>, PAN Bao-ju<sup>2</sup>, WANG Zhi-hua<sup>2</sup>

(1 The Technology Center of Jinan Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China;

2 Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081, China)

**Abstract:** We made the simulation experiments of adding 10% to 50% of the red iron ore by pellet furnace. The test conditions were as follows: drying temperature 600 ℃, time 10 min; preheating temperature 900 ℃, time 20 min and roasting 30 min in strong oxidizing atmosphere. The results showed that when the red iron ore ratio was below 30%, the minimum roasting temperature of producing the pellets with the strength of 200 kg per piece above was 1 180 ℃; the 35%, the lowest temperature was 1 200 ℃; the 40%~50%, then the lowest temperature was over 1 220 ℃. When the ratio of red iron ore increased from 10% to 50%, a grade of iron in ore pellet increased by about 0.7% and the SiO<sub>2</sub> content decreased by 1%; the reduction degree and the low temperature reduction degradation index differed little. At the same time, we carried out exploration experiments of adding coal powder, coke powder, organic binder and PT power. Tests showed that the additives had good effects on decreasing the roasting temperature and increasing the strength of the pellets. Adding 3% of PT powder in the pellet with 30% of red iron ore, the roasting temperature can be reduced by 50 ℃ above.

**Key words:** pellet; red iron powder; roasting temperature; pellet strength