

北京图书馆藏

48817

中文资料

中国金属学会学术论文集

炼铁文集

(内部资料 · 注意保存)

上 册

中国金属学会炼铁学术委员会

• 1979 •

R5-53

:I

T-5. 2
2
2:1

6.61/62

1979年中国金属学会炼铁年会论文集(上集)

目 录

原料部分

1. 钽磁铁矿铁精矿球团的试验研究.....	1
2. 攀枝花铁精矿氧化球团还原膨胀特性.....	6
3. 钒钛磁铁矿球团的膨胀性能和微区应力.....	13
4. 评付列尔公式在造球中的应用.....	17
5. 铁精矿成球机理研究(一) (关于粒度和粒度组成对生球质量的影响).....	26
6. 包头精矿球团焙烧时去氢过程的试验研究.....	37
7. 关于鞍钢发展球团矿生产的问题.....	46
8. 球团矿强化机理.....	52
9. 昆钢红矿竖炉球团的固结、焙烧温度及气氛.....	59
10. 提高马钢高品位细精矿烧结矿质量的机理研究.....	65
11. 本钢高品位铁精矿烧结生产和研究.....	75
12. 谈“低碳原料”的烧结制度.....	81
13. 大力推广高碱度烧结矿提高烧结矿质量.....	89
14. 烧结料外滚熔剂粉对烧结矿强度的影响.....	95
15. 不同铁分不同碱度烧结矿的矿物组成和结构构造 与冶金性能的关系.....	98
16. 发展我国烧结工艺的途径(推广小球烧结法).....	105
17. 武钢一烧烧结矿冷却问题.....	112
18. 一烧4号点火器改造.....	122
19. 关于烧结热能消耗问题的探讨.....	124
20. 武钢高炉使用球团矿的几个问题.....	129
21. 我国某些难选红矿利用途径的探讨.....	134

高炉冶炼

1. 首钢高炉的技术方针.....	147
-------------------	-----



790055

2. 论高炉气流的合理分布	156
3. 武钢高炉的操作制度	165
4. 分装大批重的操作实践	177
5. 高炉分装大矿批冶炼试验	185
6. 强化大型高炉冶炼过程的探讨	199
7. 高炉高喷煤率的实践	204
8. 高炉喷吹乳化油性质的初步分析	218
9. 高炉安全喷吹烟煤的试验研究	230
10. 高炉综合喷吹适宜操作范围的确定	236
11. 应用四元系炉渣相图选择合适的造渣制度	240

钛磁铁矿铁精矿球团的试验研究

重庆大学 钒钛磁铁矿综合利用研究所

林衍先 柴鹤年 周素华 朱秀琴 邵德余等

1977年7月冶金部在渡口召开会议,决定对攀枝花钛磁铁矿铁精矿进行球团试验研究,其目的是为攀钢第二期工程建设一个大型链篦机一回转窑球团厂,高炉采用球团矿冶炼提供依据。会议又决定研究工作从实验室开始,再进行扩大试验和半工业性试验。最后将试制的球团矿在高炉上进行冶炼试验。现着重将我们在试验室所作的试验研究说明于后。

试验所用钛磁铁矿铁精矿来自攀枝花矿山公司密地选矿厂。其化学分析如下:

TFe 49.80%, FeO 29.09%, SiO₂ 6.55%, Al₂O₃ 5.46%, CaO 1.29%, MnO 3.50%, TiO₂ 12.64%, V₂O₅ 0.531%, S 0.52%, P 0.005%。

该铁精矿的粒度组成是: -200目占30—36%, -320目占17—20%。铁精矿的比表面积测定仅为715厘米²/克。显然,此种铁精矿的粒度对造球而言是较粗的,同时,磁铁矿的亲水性一般较差。因此,这种铁矿的成球性差,造球时有一定困难。所以,过去对攀枝花铁精矿可否生产球团矿,试验研究中在制造球团矿的方案问题上,有过各种看法。

渡口会议纪要规定:用直径为12—13毫米的生球测定强度,抗压强度≥1.5公斤/个球,落下强度(从0.5米高处落至钢板上)≥8次/个球;预热球抗压强度≥15公斤/个球,预热球落下强度(从二米高处落至钢板上的不破裂次数)≥1次/个球,焙烧球抗压强度≥250公斤/个球,转鼓指数(<5毫米的%)<5~8%,含S量≤0.03%,含FeO量<3~5%。

一、自然碱度球团造球试验

许多实验研究已经证明,造球物料的粒度组成和比表面积是决定生球中物料粘结强度的主要因素。因此,铁精矿的粒度细、比表面积大是造球时获得优质生球的必要条件。当我们直接用上述铁精矿不经再磨,在加1%皂土(四川三台产)为添加剂的情况下进行造球时,发现在造球盘中总是留下许多粗粒级精矿不参预造球,并且所得生球落下强度和抗压强度均很差。因此,将铁精矿分别再磨至-200目占68.6%、74.4%、87.4%和96.6%(-300目分别占49.8%、57.9%、77.6%和81.3%),添加0.5~1%皂土,在直径为600毫米的造球盘上分别造球,试验研究结果见表1。可见,随着铁精矿粒度的变细,所得生球的强度明显增加。当铁精矿磨细至-200目占87.4%、-300目占77.6%时,在添加1%皂土并在实行人工混碾后造球,可得强度达到要求的生球(见表2)。

在直径为780毫米的造球盘上,使用磨细至-200目87.95%、-320目62.40%、比表面积2140厘米²/克的铁精矿,在添加0.5%皂土并经过润磨机润磨后造球,获得了优质的生球(见表3)。

铁精矿粒度与生球质量的关系

表1

试样编号	铁精矿粒度(%)		配料碱度 CaO/SiO ₂	皂土 用量 (%)	是否 混碾	生球 含水量 (%)	抗压强度 (公斤/个球)			落下强度 (次/个球)		
	-200目	-300目					最小	最大	平均	最小	最大	平均
生球C-01	96.6	81.3	0.27	1.0	未	5.5	1.92	2.85	2.25	8	9	8.2
生球D-04	87.4	77.6	0.27	1.0	未	—	1.35	1.50	1.43	6	8	7.0
生球E-01	74.4	57.9	0.27	1.0	米	5.9	1.35	1.55	1.44	3	5	4.0
生球F-01	68.6	49.8	0.27	0.5	未	5.9	0.2	1.0	0.5	2	4	2.6

Ø600毫米造球盘上试验所得生球质量

表2

试样编号	铁精矿粒度(%)		配料碱度 CaO/SiO ₂	皂土 用量 (%)	是否 混碾	生球 含水量 (%)	抗压强度 (公斤/个球)			落下强度 (次/个球)		
	-200目	-300目					最小	最大	平均	最小	最大	平均
生球D-01	87.4	77.6	0.27	1.0	混碾	6.3	1.40	1.60	1.50	7	14	9.4
生球D-02	87.4	77.6	0.9	1.0	混碾	6.2	1.52	1.60	1.55	8	10	9.0
生球D-03	87.4	77.6	1.2	1.0	混碾	6.2	1.40	1.50	1.45	8	11	9.8

Ø780毫米造球盘上试验所得生球质量

表3

试样编号	铁精矿粒度(%)		配料碱度 CaO/SiO ₂	皂土 用量 (%)	是否 润磨	生球 含水量 (%)	抗压强度 (公斤/个球)			落下强度 (次/个球)		
	-200目	-300目					最小	最大	平均	最小	最大	平均
生球-0.25	87.95	62.40	0.25	0.5	润磨	4.53	3.3	5.4	4.39	9	49	20.7
生球-0.9	87.95	62.40	0.9	0.5	润磨	4.55	2.9	4.6	3.81	19	46	27.7
生球-1.2	87.95	62.40	1.2	0.5	润磨	4.98	2.5	4.8	3.59	8	32	23.5
生球-1.5	87.95	62.95	1.5	0.5	润磨	5.04	2.2	4.0	3.13	9	31	18.1

混碾对生球强度的影响

表 4

编 号	是否 混碾	铁精矿粒度 —200目 (%)	配料碱度 CaO/SiO ₂	皂土 用量 (%)	抗压强度 (公斤/个球)			落下强度 (次/个球)		
					最小	最大	平均	最小	最大	平均
生球D—01	混碾	87.4	0.27	1.0	1.40	1.60	1.50	7	14	9.4
生球D—02	混碾	87.4	0.9	1.0	1.52	1.60	1.55	8	10	9.0
生球D—03	混碾	87.4	1.2	1.0	1.40	1.50	1.45	8	11	9.8
生球D—04	未	87.4	0.27	1.0	1.35	1.50	1.43	6	8	7.0
生球D—05	未	87.4	0.9	1.0	1.39	1.52	1.46	5	9	7.0
生球D—06	未	87.4	1.2	1.0	1.37	1.52	1.43	7	9	7.6

可见,将攀枝花铁精矿磨细至-200目85%以上,-320目60%以上,比表面积2000厘米²/克以上是必要的。

二、自熔性球团矿造球试验

通常生产自熔性球团矿采用的熔剂有消石灰与石灰石两种。采用消石灰作熔剂时,因消石灰同时又起粘结剂的作用,对造球有利。但鉴于大规模工业生产有不易得到消化完全、粒度很细的消石灰等项困难,故以使用石灰石较为适宜。有些同志为了节省铁精矿的磨矿费用,建议使用由原粗精矿和再磨细精矿组成的混合精矿,添加消石灰制造自熔性球团矿。但试验研究表明,在连续造球的情况下,造球盘中逐渐聚集起不参予成球的粗粒级精矿,造球料的成球率较低。此外,生球经干燥后球面脱粉现象严重。这些情况对铁精矿的利用和回转窑的正常生产都是不利的。

我们的实验室研究采取以石灰石粉为熔剂的方案。所用石灰石与皂土均应细磨。试验证明,石灰石磨细至-200目占90%以上,皂土磨至-200目100%,效果良好。造球时用磨细至-200目占87.4%的精矿,添加1%的皂土和适量的石灰石粉,配料后实行人工混碾,制得的生球质量良好,试验结果见表2。

在直径为780毫米的造球盘上做造球试验时,采用磨细至-200目87.95%的精矿,添加0.5%皂土和适量石灰石粉,制得了优质的生球,试验结果见表3。

三、混碾的作用

本次试验我们研究了混碾在造球过程中的作用。研究结果表明,造球原料经过混碾后,生球的强度可以显著提高(见表4)。我们认为,其原因是混碾能使造球料混合得更

加均匀,颗粒之间的接触更加密切,对润湿料有更好的揉捏作用,改善了颗粒的表面性质,充分发挥水分和粘结剂的作用。我们认为,在实际生产中设置混碾设备(如润磨机)对造球料实行混碾是必要的。

四、生球的干燥和预热

试验时研究了生球的爆裂温度、干燥性能和预热球的强度。

实验室研究表明,攀枝花铁精矿的自然碱度球团和自熔性球团生球的爆裂温度均较高。生球的爆裂温度与造球用铁精矿的粒度、石灰石粉的用量以及加热时的气流速度有关,铁精矿粒度愈细,熔剂石灰石粉用量愈多,气流速度愈大,则生球的爆裂温度愈低。采用-200目87.4%的铁精矿制得的生球,在0.6~1.4米/秒的气流速度下试验,生球的爆裂温度在545—790℃的范围。

试验还表明,所得生球的干燥性能良好。生球在430℃的温度和0.6~1.4米/秒的气流速度下,经5—10分钟即可干燥完毕。

预热球的强度是令人满意的。在900℃温度下预热10分钟的预热球,其落下强度平均达到3次/个球以上,抗压强度可达30公斤/个球以上。可以认为,采用大型链篦机——转窑生产球团矿时,预热球的强度足以防止由链篦机落至回转窑内时有大量粉末产生,回从而为回转窑正常生产和防止结圈创造了有利条件。

五、焙烧制度和球团矿的质量

实验室研究结果(表5)表明,用攀枝花铁精矿生产球团矿,适宜的焙烧温度为1200~1275℃(球层温度),在这种温度下适宜的焙烧时间为15~30分钟。所得球团矿的抗压强度可以达到250公斤/个球以上,转鼓指数达到3%以下,含硫量可以降到0.02%以下,含FeO量可以降至3%以下,脱硫率高达95%以上。

实验研究时发现,焙烧球的强度与焙烧球的冷却速度密切相关。冷却速度快时,不仅产品球团矿的强度降低,而且冷却过快时,球团矿甚至破裂成碎块。因此,在焙烧球团矿时,为保证球团矿的强度,必须实行缓冷,即球团矿焙烧后必须有一个缓冷的阶段,以防止急剧冷却引起的应力对球团矿强度的有害作用。

实验研究时对攀枝花球团矿的膨胀性能进行了测定,在“攀枝花铁精矿氧化球团矿的膨胀性能”一文中介绍了研究的结果。研究表明,由攀枝花铁精矿生产的各种碱度的球团矿,其在还原时的膨胀属于正常膨胀范围。

半工业性试验和高炉冶炼试验的实践证明,作者提出的钛磁铁矿铁精矿球团工艺方案是成功的,攀枝花氧化球团矿的质量是良好的。

六、结 语

1. 钛磁铁矿的铁精矿可以采用大型链篦机——回转窑生产球团矿。但现有攀矿公司密地选矿厂生产的铁精矿粒度较粗,造球前必须再磨至-200目85%以上,-300目60%以上,比表面积2000厘米²/克以上。上述粗精矿应该实行全部再磨,而不实行部分再磨以与原粗精矿混合使用,以免仍有粗粒级精矿不参予造球和生球干燥后有脱粉现象。

2. 采用石灰石粉为熔剂生产自熔性球团矿的方案是成功的。这个方案具有熔剂的质量可靠, 制备的工艺简单等优点, 在大规模工业生产上采用是可行的。

实验室试验所得焙烧球的质量

表 5

试样编号	铁精矿粒度 (%)		配料碱度 CaO/SiO ₂	皂土 用量 (%)	焙烧条件			抗压强度⊕ (公斤/个球)	含量 (%)		脱硫 率 (%)
	-200目	-300目			温度 (°C)	时间 (分)	冷却 方式		S	FeO	
C—01	96.6	81.3	0.27	1.0	1200	30	•	>384	0.017	0.97	95.5
C—02	96.6	81.3	0.5	1.0	1200	30	•	>345	0.015	0.41	95.9
C—03	96.6	81.3	0.8	1.0	1200	30	•	>314	0.016	0.31	95.3
C—04	96.6	81.3	1.2	1.0	1200	30	*	273	0.015	0.31	95.8
C—05	96.6	81.3	1.5	1.0	1200	30	*	254	0.019	0.34	94.7
D—01	87.4	77.6	0.27	1.0	1250	30	△	>378	0.012	—	96.5
D—02	87.4	77.6	0.9	1.0	1200	15	△	340	—	—	—
					1250	30		>338	0.015	—	96.0
D—03	87.4	77.6	1.2	1.0	1200	15	△	325	—	—	—
					1250	20		340	0.013	—	96.4

• 缓降坩埚, 是指经30分钟左右自炉内逐挡降落坩埚取出。

△ 缓提吊兰, 是指经30分钟左右逐挡提升吊兰取出。

⊕ 压力计最大量程为411公斤, 有时抗压强度大于411公斤。

3. 在生产自然碱度球团矿和采用石灰石粉生产自熔性球团矿的过程中, 造球原料中添加强少量皂土(0.5~1.0%)是必要的。

4. 造球原料的混碾有显著提高生球强度的作用。在造球工艺中采取混碾措施有改善生球的质量, 提高造球机的产量等优点。

5. 球团矿的强度与焙烧球的冷却过程有关。为了保证球团矿的强度, 球团焙烧后应有一缓冷过程。

6. 用钛磁铁矿铁精矿制得的氧化球团矿在还原时有膨胀现象, 但属于正常膨胀范围。

攀枝花铁精矿氧化球团还原 膨胀特性

攀枝花钢铁研究院 吴锦文、包教成、王玲

以链篦机一回转窑所焙烧的攀枝花铁精矿氧化球团是否可代替烧结矿进行高炉冶炼，曾有两种对立的观点。争议的核心在于球团的还原膨胀性和粉化状态能否危害冶炼的顺行。

本实验对攀球团主要热态性能进行了初步探讨，以寻求其入炉冶炼的可能性。

一、球团试样

以石灰石为熔剂的几种碱度球团工艺条件见附表(1)。此为实验室扩大试验和株州半工业试验所研制的供高炉冶炼用的球团。

二、球团膨胀性、粉化性的测定

(一) 球团线膨胀率的测定

膨胀仪装置如图1。主要传感元件是差动变压器。将球团升温还原膨胀值信号自动记录，经标定校正为长度数值，即为绝对线膨胀值 Δl (毫米)。以试样原始纵向尺寸 l (毫米)计算线膨胀率 P (%)。

$$P = \frac{\Delta l}{l} \quad (\%)$$

试验条件：升温速度 $10^\circ\text{C}/\text{分}$ ；用纯氢和氮与30%CO混合气两种气氛；还原气在炉管内流速4厘米/秒。

(二) 球团粉化率的测定

以热转鼓试验测定球团的粉化率。将出鼓料中小于0.8(毫米)的粉末量(%)定为热转鼓指数。

试验条件：入鼓球团500克。热转鼓内径102(毫米)，30转/分。还原气为 N_2 与30~33%CO混合气。采用 700°C 低温热转鼓法，恒温1小时。

各项测试结果简列于附表(2)、(3)。

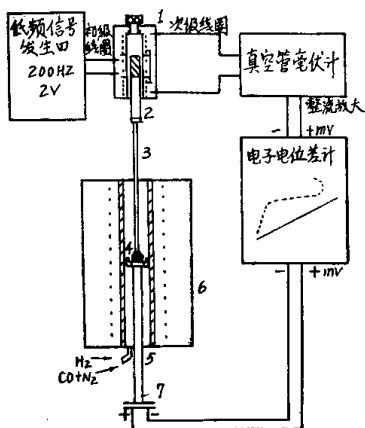


图1 膨胀仪示意图

- | | | | |
|----------|---------|---------|---------|
| 1. 差动变压器 | 2. 滑杆 | 3. 石英压杆 | 4. 球团试样 |
| 5. 石英顶杆 | 6. 电阻丝炉 | 7. 热电偶 | |

三、攀矿球团还原膨胀的特性

(一) 攀矿球团还原膨胀的过程

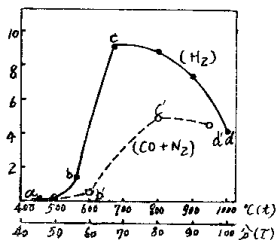


图2 R_{0.8}(株)球团还原温度与线膨胀率关系

攀矿球团还原膨胀是在一定的温度范围内进行的。所用还原剂不同 (H_2 或 CO 混合气)，这个温度区间也不一样。超过此温度界限后，球团不再膨胀，反而逐渐收缩。例如图2之膨胀曲线。

攀矿球团还原膨胀的这一规律性特殊变化是与铁的还原反应进程及球团的几何形状密切相关的。

攀枝花铁精矿氧化球团主要物相结构是赤铁矿固溶体 ($Fe_2O_3-FeO \cdot TiO_2$)，以 $\alpha-Fe_2O_3$ 做为固结的基本晶桥。按铁的逐级还原规则，首先应是 Fe_2O_3 中的 Fe^{3+} 向低价的转化。

实验证实：当温度达 $550^\circ C$ (H_2 还原) 或 $600^\circ C$ (CO 混合气) 之前，因温度较低，铁的还原反应很慢，主要处于化学控制范围，球团的膨胀也很缓慢。当超过此温度界限后 (b点)，化学反应即激烈进行。即铁的还原反应第一阶段 $\alpha-Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ 的晶型转变期。伴随反应的激烈进行，球团也产生急剧的膨胀，直至C点达到线膨胀最大值。球团试样表现为 Fe^{3+} 大量消失，而 Fe^{2+} 大量增加，有少量 Fe^0 ，总的失氧量约为 $10 \sim 30\%$ 。

因为 $\alpha-Fe_2O_3$ 是斜方六面晶体， O^{2-} 离子位于密排的六方晶格体系内，当转变为 Fe_3O_4 时即为面心立方晶格。这样就造成了晶格缺陷，体积增加、引起内应力和晶体裂缝。这种晶型转变的反应是球团膨胀或碎裂的主要原因。

以反应动力学而言，这是一个气—固相的界面反应。界面大小是决定性因素。一个球团与气相接触的外表面是很大的，反应一旦开始便以显著速度进行。即随着 $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$ 加速转变的过程，出现了球团体积的急剧膨胀。随着反应界面向球心的推移，界面逐渐缩小，几乎随半径成平方关系衰落。于是产生膨胀的这一化学反应大大减缓了，此时球的中心仍是未反应的 Fe_2O_3 ，而外层却进行着 $Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe^0$ 的逐级推进，形成球团的分层结构 (C点状态)。球心的相变反应处于扩散控制范围，膨胀率不再增加，即各层反应产生的膨胀与收缩几乎达到稳定平衡状态。在高炉冶炼试验时也发现有

“核”球存在。

当反应主要处于第二、三阶段时，尤其是 $FeO \rightarrow Fe^0$ 转化时，膨胀率反而下降 (Cd线)，球团体积收缩，直至还原终了球外层形成金属铁壳。未发现由富氏体 ($Fe_{1-x}O$) $\rightarrow Fe^0$ 转变产生“铁须”而引起的异常膨胀现象。

将达最大膨胀值的试样在氮气中冷却至室温，球团体积有较大收缩，其保留的线膨胀率 $P'\%$ 有如下近似关系 [见图3]。

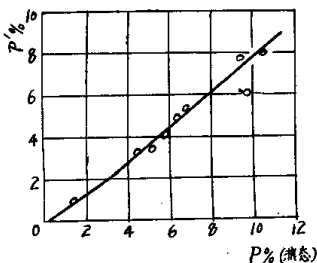


图3 热态测定膨胀率 $P\%$ 与冷至室温保留值 $P'\%$ 的关系

$$P' = 0.85P_{\max} - 0.60 \quad (\%)$$

这也说明用“排斥法”测定体膨

胀,不能获得热态时真实的最大膨胀值。

(二) 影响球团膨胀的因素

(1) 还原气氛的影响

H_2 还原: 约在550~700℃为最大膨胀区间。各种球的最大线胀率为6~12%。

($CO + N_2$)还原: 约在600~760℃区间。线胀率不超过8%。有的球没有明显的急剧膨胀温度区间,而是缓慢地膨胀。因为气相中CO约30%,它的分压较低,与高炉炉身部位CO%相近,这种低浓度的还原气使铁的还原进程变缓,对消除晶格缺陷、减轻膨胀危害有一定作用。

(2) 球团物质成分的影响

不同碱度配比的攀矿球团其膨胀性也略有差异。自然碱度 $R_{0.29}$ 和高碱度 $R_{1.5}$ 球,其膨胀率较低,还原膨胀后的球仍有一定的抗压强度。这是由于 $R_{0.29}$ 球还原进程较慢, $R_{1.5}$ 球有新的铁酸钙渣相所致。

攀矿球团含较高的 TiO_2 。在氧化焙烧固结时形成钛赤铁矿($Fe_2O_3 \cdot FeO \cdot TiO_2$)和难还原的铁板钛矿($Fe_2O_3 \cdot TiO_2$)。在还原过程中又形成最难还原的磁铁矿—钛铁晶石固溶体($Fe_3O_4 \cdot 2FeO \cdot TiO_2$)。 TiO_2 的存在改变了铁氧化物的结合状态,使易于还原的处于自由状态的 Fe_2O_3 数量减少,造成铁还原的第一阶段向 Fe_3O_4 之转化有所减弱,对球团的膨胀起了一些抑制作用。

(3) 工艺因素的影响

同种球团往往由于配矿粒度、成球方式、焙烧制度和冷却制度的不同而造成不同的性能,使球团的膨胀特性差别很大。氧化球团各工艺因素都可能成为影响膨胀的不可忽视的因素。

四、攀矿球团的粉化特性

(一) 球团的粉化状态

攀矿球团还原膨胀后只产生微细裂纹,严重者有大裂缝或碎裂为几个小块,碎块断面比较平滑,而很少有粉化现象。这种“刚性”破裂,完全不同于钠化氧化焙烧球团由于“灾难性”膨胀而造成的严重粉化。因此,攀矿球团粉化状态的显著特征成为高炉冶炼顺行的有利条件。

攀矿球团的冷转鼓指数极低,无甚粉化,远远优越于同矿种的烧结矿。由热转鼓指数表示的粉化率也都不高, $R_{0.8}$ (株)球为20.9%,其余均低于10%, $R_{0.29}$ 、 $R_{1.5}$ 球几乎没有极细的粉末。

(二) 球团粉化与膨胀的关系

膨胀与粉化应视为两种概念。攀矿球团虽然膨胀率稍高,但粉化却少。而某些矿种球团膨胀率并不高,却碎裂严重,以致粉化了。

实验数据说明,攀矿球团的粉化率与膨胀速率之间有一致关系。

膨胀速率: 球团在急剧膨胀温度区间内,单位时间(或单位温升)中线膨胀率的变化值。即 $dp/d\tau$ (或 dp/dt)它表示图(2)中bc线的斜率。

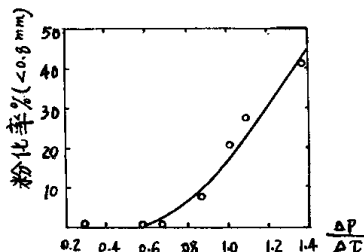


图4 攀矿球团膨胀速率与粉化率关系

将几种攀矿球团计算的膨胀速率 ($\Delta p/\Delta \tau$) 及与之对应的粉化率做出图4之曲线。说明粉化率是膨胀速率的函数。就是说球团膨胀得越快, 即铁的还原反应快, 晶型转变体积膨胀产生的内应力在极短时间内得不到释放, 这种内应力的聚集对球团结晶组织起破坏作用。所以膨胀速率越大粉化越严重, 而缓慢膨胀的球不易粉化。

结 论

(1) 攀枝花铁精矿氧化球团的膨胀主要表现在 $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ 的晶型转变过程。它的膨胀率均属于正常膨胀范围, 并为以后的高炉冶炼试验所证实。

(2) 攀矿球团还原膨胀后只形成裂纹或碎为小块而很少粉化。这种粉化状态转征成为高炉冶炼顺行的有利因素。

(3) 影响球团膨胀和粉化的因素是多方面的, 本实验对膨胀机理的认识尚不充分, 有待深化。

附表(1)

球团试样的工艺数据

序 号	编 号	矿 种	配 料 CaO/SiO ₂	配料比(%)		氧化焙烧 温 度 (°C)	氧化球化学成分(%)							冷 抗 压 (公斤/个球)	
				石 灰 精 矿	石 灰		TFe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MqO	TiO ₂		S
1	R0.29	攀枝花矿	0.29	100		1250	51.07	3.27	4.90	1.45	—	—	—	0.011	330
2	R0.7	"	0.7	95	5	900~1250	50.69	3.48	6.22	4.21	4.72	3.12	—	—	260
3	R0.8(株)	"	0.8	93	6	1200~1250	48.92	1.29	5.31	4.23	4.74	3.56	11.63	—	286
4	R0.9	"	0.9	100	7.11	1250	48.86	3.09	4.97	4.42	—	—	—	0.022	380
5	R1.2	"	1.2	100	10.93	1250	46.81	2.73	5.20	6.20	—	—	—	0.011	241~380
6	R1.5	"	1.5	100	14.70	1250	45.93	1.23	5.63	8.06	—	—	—	0.023	290~300

附表(2)

攀枝花铁精矿氧化球团粉化率测定

序号	编号	出鼓筛分组成(%)			入鼓样重 (克)	整球率 (%)	整球抗压 (公斤/个球)	球还原率 (%)	氧化球冷转鼓指数 ≤5毫米(%)
		>3.2毫米	3.2~1.61毫米	1.61~0.8毫米					
1	R0.29	98.16	0.62	0.61	489	77.0	136	21.96	3
2	R0.8(株)	66.80	8.60	3.70	500	13.8	6	12.5	2
3	R0.9	87.29	4.17	1.25	480	58.4	185	20.72	2
4	R1.2	91.29	2.95	0.45	482	48.0	121	16.25	1
5	R1.5	98.30	0.85	0.22	473	70.0	48	27.65	10

* 如果转鼓指数不能相对比较, 可再以<3.2毫米的百分数做为补充指标

球团试样还原膨胀测定参数

H₂还原

附表(3)

序号	编号	剧烈膨胀区 (℃)	球团膨胀平均率 (%)	还原球化学成分 (%)			分析失重还原或原度 (%)	还原膨胀 (公斤/个球)	后冷抗压 (公斤/个球)	膨胀球外观
				TFe	FeO	MFe				
1	R0.29	590~700	7.29	54.86	30.15	1.47	15.15	42		球完整, 纵向有裂纹
2	R0.7	550~660	11.43	51.10	32.60	1.47	20.00	—		球有局部剥落, 裂纹
3	R0.8(株)	560~660	10.07	50.39	12.92	18.01	18.48	10		球基本完整, 裂纹较多, 无粉化
4	R0.9	600~720	9.46	51.58	50.30	2.93	30.12	—		球完整, 表层轻微剥落
5	R1.2	560~700	7.9	49.85	32.43	7.93	32.78	24		球完整, 有极少细裂纹
6	R1.5	560~700	6.1	47.90	32.87	6.56	31.48	85		球完整, 有细裂纹

CO30% + N₂70%还原

1	R0.29	室温—750 (缓慢膨胀)	0.65	—	—	—	0.214	—		球完整, 无裂纹
2	R0.7	580~770	7.04	—	—	—	32.65	—		球完整, 有少量微细裂纹
3	R0.8(株)	620~760	6.13	51.52	49.78	4.93	34.62	61		球完整, 有很多粗细裂纹
4	R0.9	670~760	5.12	—	—	—	5.82	—		球完整, 未见裂纹
5	R1.2	室温—900 (缓慢膨胀)	2.54	—	—	—	12.56	—		球完整, 未见裂纹
6	R1.5	590~730	4.32	—	—	—	18.74	—		球完整, 未见裂纹

钒钛磁铁矿球团的膨胀性能 和微区应力

重庆大学 徐楚韶 陈光碧 姜运淮

关于铁精矿氧化球团的膨胀性能研究较多,但针对钒钛磁铁矿型球团矿的膨胀性能报导甚少。近几年来,为了综合利用攀枝花钒钛磁铁矿资源,对这类球团矿的膨胀性能进行了深入研究,其中氧化钠化球团矿的异常膨胀和粉化,给某些工艺流程带来很大困难。因此,探讨钒钛磁铁矿型球团的膨胀机理和粉化原因,具有十分重要的意义。

一、试样和研究设备

研究的试样分氧化球团矿、钠化球团矿和浸钒后球团矿三类。氧化性球团矿系用攀枝花铁精矿(含铁49.62%, TiO_2 10.07%)配加石灰石粉和少量皂土制成,碱度为1.2。不配加熔剂制成自然碱度0.27的氧化性球团矿。

钠化球团矿系用93%的铁精矿,1%皂土和6%芒硝制成。为探讨芒硝配加量对球团矿膨胀性能的影响,制成含3%、2%、1%和0.5%芒硝含量的钠化球团矿。将氧化焙烧的钠化球团矿(6%芒硝),经水浸提钒后获得浸钒球团矿。

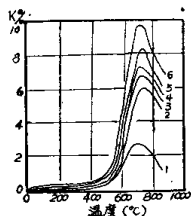
采用西德莱兹 HTV 型膨胀仪测定球团矿的膨胀性能。试样用氢气作还原剂在升温条件下进行还原。

球团矿的X射线研究使用日本理学X射线衍射仪。研究条件是: $\text{CoK}\alpha$ 、电压30千伏、电流25毫安。所研究试样同时用纪尼叶聚焦相机摄得衍射图谱,以资对照。照相条件是: $\text{CoK}\alpha$ 、电压30千伏、电流10毫安、照相时间6小时。

二、研究结果

1. 球团矿的膨胀性能

图1列出各类球团矿的膨胀曲线,指出球团矿在近500℃时开始急剧膨胀,在700℃左右达最大值后开始收缩。自然碱度氧化球团矿线膨胀率为3.3%~5.2%,体积膨胀率10.15%~16.3%。随着碱度升高,线膨胀率有些增加。碱度1.2球团矿线膨胀率为6.3%~7.3%,体积膨胀率为20.1%~22%,氧化性球团矿还原膨胀后外观完好,无裂纹或碎裂,属正常膨胀。钠化球团矿和浸钒球团矿的线膨胀率大于7%,膨胀后发生粉化,属异常膨胀。



- 1—自然碱度球团矿
- 2—碱度1.2球团矿
- 3—碳酸盐球团矿
- 4—浸钒后的球团矿
- 5—硫酸钠6%球团矿
- 6—硫酸钾6%球团矿

图1 攀枝花球团矿还原膨胀曲线

大量测定证实，当攀枝花球团矿中铁氧化物以 Fe_2O_3 型存在，发生急剧膨胀；若以 Fe_3O_4 型存在，膨胀很小，线膨胀率约1%。镜下鉴定开始膨胀的500°C试样中，铁矿物主要为赤铁矿，夹有少量还原生成的磁铁矿。在700°C试样中，铁矿物主要是磁铁矿，夹有少量赤铁矿，晶粒出现裂纹，特别是钠化球团矿产生相当多的裂纹。从而证实，攀枝花球团矿的急剧膨胀发生在 Fe_2O_3 向 Fe_3O_4 转变阶段。参见图2。



图2a 500°C还原的自然碱度球团矿

显微照片反光320× 白色—赤铁矿

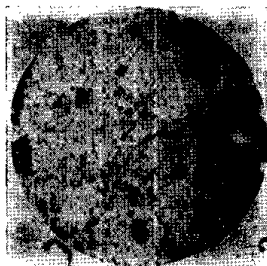


图2b 700°C还原的自然碱度

球团矿显微照片反光320×
灰色——磁铁矿有裂纹