钠化球团防止回转窑结圈的研究

扈文斌 胡淑敏 葛铸高

（北京钢铁研究总院）

本文论述了钠化球团回转窑结圈的原因和防止结圈的有效途径。试验表明，提高精矿的磨细度，操作条件适当，可以生产优质钠化球团矿。球团冶金性能显著提高，粉化率大幅度降低。此种钠化球团矿可以有效地防止回转窑结圈。

一、前 言

四川攀西地区钒钛磁铁矿贮量极大，是我国铁、钒、钛资源的重要基地。近年来，许多单位参加了“链篦机—回转窑—水浸提钒—直接还原—铁钛分离新流程”的研究。结果表明，铁、钒、钛三元素可以同时回收，但应解决回转窑的结圈问题。

钠化球团氧化焙烧结圈是在窑的中、后段，＜1 mm的粉料占4—6％。本研究重点是精矿再磨，提高球团质量，减少粉末入窑。尽量不加皂土，以利于提钒、冶炼和提高钛渣质量。

二、试 验 方 法

（一）原料的化学成分和粒度组成

试验所用原料的化学成分和粒度见表1—3。

（二）提高矿粉细度

原精矿（0°）粒度粗，－200目的不

太和精矿化学成分（％） 表1

TFe	FeO	V_2O_5	TiO_2	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	S	P	备 注
55.29	23.61	0.55	14.31	1.92	3.03	0.42	1.59	0.05	0.037	1.0	0.054	80年精矿

芒硝成分（％） 表2

成 分	Na_2SO_4	不溶物	沉淀物	NO_3^-	Cl^-	重金属	NH_4^+	灼失重	批 号
含 量	99.5	0.02	0.1	0.006	0.005	0.004	0.006	0.4	5900

原料粒度组成（%）　　表3

粒级，目	100	120	140	160	180	200	260	320	−320	合计 −200	比重 g/cm³	比表面积 cm²/g
精矿0*	2.0	3.1	0.38	6.7	1.1	17.1	7.8	25.42	36.4	69.62	4.32	1567
精矿20*	0.20	0.06	0	0.6	0.30	9.1	7.4	24.14	58.2	89.74	4.32	2943
精矿50*	0.20	0.44	0	1	0.20	2.44	2.62	6.24	86.86	95.72	4.35	3409.35
芒硝	28.3	12.5	0.9	12.3	1.6	7.6				36.8		

到70%，球团质量差，这是造成回转窑结圈的主要原因。原矿需再磨，提高磨细度[1]。采用φ24×90湿式磨矿机进行磨矿。通过磨矿，得到了攀矿的再磨细度与时间的关系。见表4。

磨矿时间与磨细度的关系　　表4

磨矿时间，min	0	20	50
−200目，%	69.62	89.74	95.72
比表面，cm²/g	1567	2943	3409

（三）配料、混磨和润湿

配料是以精矿重量为基准，另加芒硝[2]。本实验的配料比是分别配入4%，5%，6%的芒硝。过量的Na_2SO_4可以充分保证钒的转浸率[2~4]。

为了将料混匀，用干式球磨机进行混磨。磨好的混合料提前24h做预润湿。即加入7.5—8.5%的水，搅拌混匀[5]。

（四）成　球

采用园盘造球机。盘内径φ800mm，边高145mm，转速V＝0.691m/s，盘倾角46—47°。经过预润湿的混合料，平均水份为8.133%，将少量原料适当多加水，经转动形成母球。母球逐渐成长至球径达11mm时作为成品球。成球时间为15min左右，成球率为80%[2]。生球各项技术指标见表5。

生球技术指标　　表5

球径，mm	表面质量	水分，%	落下强度，次/0.5m	抗压强度，kg/个球	备注
11	光洁	11.02	5.917	3.218	20*，50*矿平均值

在条件相同时造球，矿粉粒度不同，其生球强度不同。生球抗压强度，原精矿(0*)为1.99kg/个球；20*为2.97kg/个球；50*为3.47kg/个球。0*矿落下强度只有1次；20*矿为5.93次。再磨精矿生球强度显著提高。生球质量表明细度高、效果好。

在相同粒级的精矿中，随着芒硝配入量的增加，其生球落下次数减少。但是钠化球团含水量较大，生球抗压强度变化不明显，见图1。

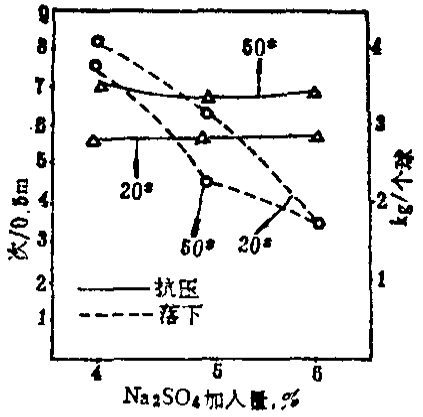


图1 Na_2SO_4加入量对抗压、落下强度的影响

（五）生球烘干焙烧设备

采用自制立式电炉，发热体与双螺纹硅碳管，刚玉管作为炉管，自制电器系统、送风系统、气体净化系统。流量可调范围1—10L/min。电炉高温区为80mm。使用准确稳定。

（六）生球爆裂试验

将三种不同粒度精矿都配5%芒硝造球，其他试验条件相同进行比较。在电炉升温的同时送风6.6L/min（风速1m/s）。升到指定温度，把吊篮中湿球放入高温区，听其声，观其形。一般在10—50s内开始爆裂。爆裂现象完全停止后，仔细检查计算爆裂百分比。

试验结果是0*矿生球200℃全爆裂，400℃爆40%，800℃爆20%，850℃不爆；20*矿600℃开始爆裂，800℃爆20%，850℃不爆；50*矿不爆裂。通过对三种精矿生球21炉次试验，取其爆裂平均值为：

0*矿=56.67%；20*矿=16.67%；50*矿没爆裂。

（七）生球烘干试验

生球的烘干是球团矿质量的关键，根据钠化球团水分高、硫酸盐容易迁移到球团表面、易粘结等特点，必须进行低温烘干。采用50℃和200℃两个温度，时间为5min，风速1m/s。高温和中温烘干是将每种生球都分别做400℃，700℃、900℃三个温度的试验，时间为20min。结果见表6。由表6可知，烘干球的强度随着时间的延长和温度的提高而提高。低温、中温和高温三个梯度的烘干球强度，都随着矿粉细度的提高而上升。显示出三者的一致性。

（八）生球的预焙烧

生球的预焙烧是本试验的最后阶段，目的在于探讨在链篦机—回转窑相似条件下提高质量的途径，以防止回转窑结圈。上次中试测定结圈部位是窑尾、中部。球团从链篦机排矿口经窑尾至窑中部，时间100min，温度900—1100℃。本试验确定预焙烧制度是：900℃，20min；950℃，30min；1000℃，30min；风量6.6L/min（风速1m/s）。每次装100g生球，球层厚60—80mm。当预焙球冷却到室温后，以弹簧拉压试验机测定强度，每炉测定10个而取其平均值。每种矿的预焙球测定结果：0*为33.19kg/个球；20*为50.93kg/个球；50*为63.8kg/个球。

各种矿的预焙球强度与温度的关系在图2示出。

另外各种预焙球强度同样是随着Na_2SO_4配入量的增加而降低。

（九）热转鼓测定球团粉化率

热转鼓测定预焙球的粉化率，模拟回转窑焙烧的反应过程。

1.热转鼓的构造

热转鼓发热体为硅碳棒。炉管为耐热不锈钢，$\phi_{内}$152mm，长1.9m，壁厚8mm，

生　球　烘　干　强　度　　表 6

矿　种	温　度 ℃	时　间 min	风量,L/min	抗压,kg/个球
0*	50	5	6.6	1.22
20*	〃	〃	〃	3.30
50*	〃	〃	〃	2.94
0*	200	5	6.6	1.31
20*	〃	〃	〃	2.40
50*	〃	〃	〃	3.40
0*	400	20	6.6	5.95
20*	〃	〃	〃	18.40
50*	〃	〃	〃	13.81
0*	700	20	6.6	17.10
20*	〃	〃	〃	31.28
50*	〃	〃	〃	45.50
0*	900	20	6.6	23.00
20*	〃	〃	〃	42.50
50*	〃	〃	〃	57.65

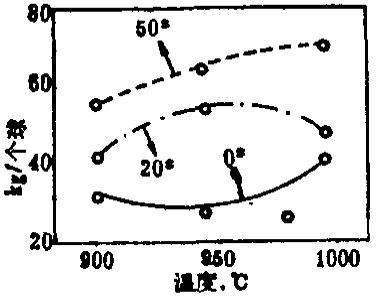


图2　各种矿焙球强度与温度关系

恒温工作区200mm，其间沿轴向焊有2根28×22mm的角钢，另配有自动控制器。

2.热转鼓操作制度

转鼓升温至690℃时装预焙球150g，装后自动打点慢升温慢转，20 min转8圈。升到指定温度800℃，开始以每分钟10转的速度转10min，而后降温。降温时间40min（16转）。停后用2,5和1mm筛筛分。

3.热转鼓测定结果

共测定44炉次，取其不同磨细度矿粉的焙球粉化率，以粉化率的平均值绘于图3。

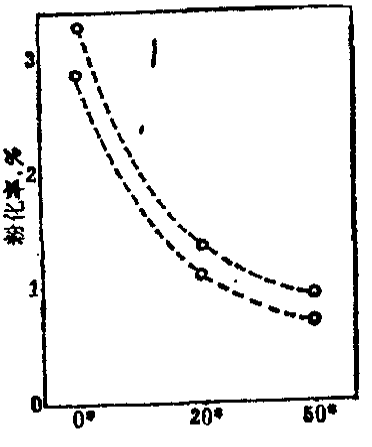


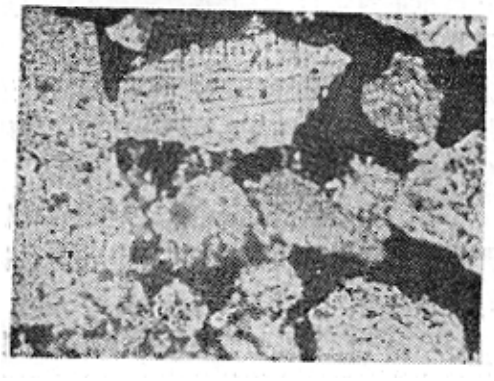
图3　各种矿粉焙球与粉化率

由图3示出的结果看，在试验条件完全

一样的情况下，原矿球团粉化率为3.22%（2.5mm筛）和2.99%（1 mm筛）；20°矿球团粉化率为1.436%和1.147%；50°矿球团粉化率为1.034%和0.798%。再磨矿球团粉化率比原矿球团粉化率降低2—3倍，效果明显。

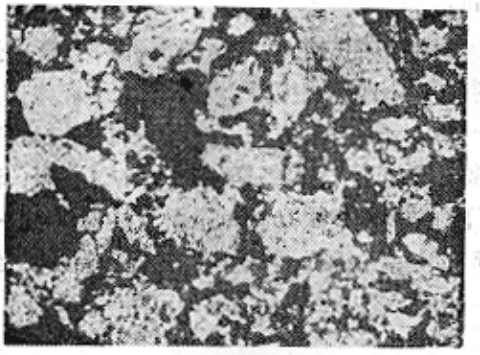
（十）球团矿相鉴定

对两种球团（原矿、再磨矿）的镜下观察，矿物组成以赤铁矿为主，其次是磁铁矿。胶结相以铁板钛矿为主，硅酸盐玻璃和金红石次之。两种球团的显微结构有区别，原矿球团的赤铁矿颗粒粗大，磁铁矿刚刚被氧化为赤铁矿，仍保留着原磁铁矿的完全自形晶，绝大部分矿粒之间还不接触，如照片1所示，其含量为75%；再磨矿球团的赤铁矿颗粒明显变小且不均匀，大颗粒多为棱角状自形晶，小的为不规则形状，矿物颗粒间的联接较好，如照片2所示。赤铁矿具有再结晶长大的趋势，含量为73%。其次胶结相铁板钛矿的颗粒有所增大，含量为20%，冶金性能较好。

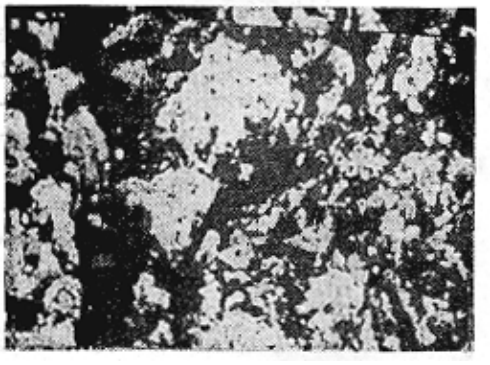


照片1　0°赤铁矿与铁板钛矿的共晶结构
反光　×400

灰白色：赤铁矿；浅灰色：铁板钛矿；灰色：硅酸盐玻璃；黑色：气孔



20°反光　×400



照片2　赤铁矿与铁板钛矿的共晶结构和赤铁矿颗粒间的连接现象
50°反光　×400

白色：赤铁矿；灰白色：铁板钛矿；灰色：金红石；深灰色：硅酸盐玻璃；黑色：气孔

三、试验结果与讨论

1.试验表明攀枝花原磁铁精矿成球性能差，球团质量低劣，尤其是球团表面大颗粒矿粉脱落严重。本试验条件下，粉化仍在3%上下，这是造成回转窑结圈的主要原因。研究表明，精矿再磨势在必行。

2.原精矿再磨提高细度，使－200目占89—95%，成球性能良好。分别配有4%，5%，6%芒硝，水分适宜、操作

恰当、不加粘结剂，生产优质钠化球团是可行的。

3.在同样条件下对原矿和再磨精矿进行了对比试验。生球、烘干球和预焙球前后一致，比原矿球团强度都有成倍的提高，获得生球抗压强度2.96—3.78kg/个球；落下强度5.917次/0.5m；预焙烧球50.93—63.8kg/个球。特别是在热转鼓内经过70min、124转的磨擦和撞击后，获得粉化率为1.034%（热转鼓<2.5mm）和0.798%（<1mm）的结果，比原矿球团粉化率降低3.1—3.7倍。这种球团在氧化钠化焙烧中可防止回转窑结圈。

4.矿相鉴定表明再磨矿球团冶金性能良好，可以防止回转窑结圈。

参　考　文　献

〔1〕中南矿冶学院，铁精矿成球机理的研究（内部资料），1979.10
〔2〕北京钢铁研究总院，球团水法提钒（内部资料），1973.7
〔3〕北京钢铁研究总院，攀枝花钒钛磁铁矿先提钒流程试验研究（内部资料）1980.3
〔4〕北京矿冶研究总院，链篦机—回转窑钠化球团氧化焙烧（内部资料），1979.12
〔5〕中南矿冶学院，链篦机—回转窑钠化球团氧化焙烧的研究（内部资料），1983.5

（紧接第11页）
度发生变化时（例如在换炉时，钢坯温度降低），也能控制钢轨断面尺寸。

6．改善轧辊材质，提高轧机作业率。我厂开工时950开坯采用60CrMnMo的锻钢辊，800Ⅰ架、Ⅱ架和850机架均用球墨铸铁辊。为了提高轧辊使用寿命和作业率，1980年将含铜无限冷硬辊用于成品机架上，每个孔型的轧出量由原来的300根提高到600根以上，最多可轧1050根钢轨，提高2～3倍。目前生产重轨时，800Ⅱ架也采用含铜无限冷硬辊。

三、结　语

1．攀钢轨梁厂生产了五种规格的重轨，钢轨的品种数量，一级品率和合格率在国内均占领先地位。

2．在两列式四架轧机上，为提高重轨小时产量，950开坯以轧5道为宜。攀钢轨梁厂生产重轨的2：1：1：1操作经验值得推广。

3．采用矩形坯，进行固定面和低侧压高压下的轧制方法是提高钢轨质量的重要措施。

4．生产重型钢轨（75kg重轨）时，采用6个轨形孔的孔型系统能提高钢轨的轧制精度和减少轧辊的磨损。

5．重轨生产时最后两个机架的轧辊采用含铜无限冷硬辊能使孔型轧出质量提高一倍。

6．用帽形孔切偏方法既保证了轧制的稳定性，又防止钢轨轨底上部产生元角和下部过充满的缺陷。

7．用腿部往里搬的成品孔设计方法能解决钢轨不对称问题。

8．为保证钢轨尺寸的稳定，成品孔各部分应按实际温度取收缩系数。