带式焙烧机球团生产提质降耗措施

张 辉[1]，夏铁玉[2]，宫作岩[2]，刘沛江[2]，周明顺[1]，彭 彬[2]，段立祥[2]
(1. 鞍钢集团钢铁研究院，辽宁 鞍山 114009；2. 鞍钢股份有限公司 炼铁总厂，辽宁 鞍山 114001)

摘要： 为了提高带式焙烧机工艺的球团质量，降低其工序能耗，本文以鞍钢带式焙烧机工艺为基础，从带式焙烧机升级改造，球团生产优化配矿和配加复合黏结剂3方面进行了相关研究。结果表明：改造后，利用系数提高0.036 t/(m²·h)，电单耗和煤气单耗分别降低6.02 kW·h/t和0.165 GJ/t；经过优化配矿，球团矿还原度提高0.4%，转鼓强度提高0.5%，煤气单耗降低0.011 GJ/t；新型复合黏结剂可以替代膨润土应用于球团生产，其适宜的配比为0.6%~0.8%；复合黏结剂应用后，成品球铁品位提高0.58%，转鼓强度提高1.3%，抗压强度提高41 N/P。

关键词： 带式焙烧机；球团；升级改造；优化配矿；复合黏结剂；焙烧制度
中图分类号： TF046.6 **文献标识码：** A **文章编号：** 1000-8764(2021)03-0059-06
doi： 10.13403/j.sjqt.2021.03.040

The measures of improving quality and reducing consumption in pellets production of belt type roasting machine

ZHANG Hui[1], XIA Tieyu[2], GONG Zuoyan[2], LIU Peijiang[2],
ZHOU Mingshun[1], PENG Bin[2], DUAN Lixiang[2]
(1. *Iron and Steel Research Institute, Angang Group, Anshan* 114009, *Liaoning, China*;
2. *Iron-making Plant, Angang Steel Company Limited, Anshan* 114001, *Liaoning, China*)

Abstract: In order to improve the pellets quality of the belt type roasting machine process and to reduce the energy consumption of its process, based on the belt type roasting machine process of Angang, such 3 aspects as upgrading of the belt type roasting machine, optimization of ore proportioning and adding composite binder in pellets production are explored. The results show that, after modification, the utilization coefficient is increased by 0.036 t/m²·h. The unit electricity consumption and the unit gas consumption of pellets production are reduced by 6.02 kW·h/t and 0.165 GJ/t respectively. Through the optimization of ore proportioning, the reduction degree of pellets is increased by 0.4%, the drum strength is increased by 0.5%, and the unit gas consumption is decreased by 0.011 GJ/t. The new composite binder can be used in the pellets production instead of bentonite, and its suitable proportion is from 0.6% to 0.8%. After the application of the composite binder in pellets production, the iron grade of finished ball is increased by 0.58%, the drum strength is increased by 1.3% and the compressive strength is increased by 41 N/P.

Key words: belt type roasting machine; pellets; upgrading; optimization of ore proportioning; composite binder; roasting system

目前我国带式焙烧机生产球团总量约2 170万t/a，在全国球团生产总量的占比低于15%，与62%的世界水平差距较远，其主要原因为该工艺对铁矿品质和台车铸造材料要求较高，并且需要更多高热值燃料[1]。如何使带式焙烧机工艺更好地提质降耗，相关工作中做出了大量的研究，如：叶匡吾[2]采用㶲效率分析法对球团生产节能进行了研究，提出设备大型化是提

收稿日期： 2020-07-07；**修回日期：** 2021-03-09
作者简介： 张 辉(1984—)，男，高级工程师，从事炼铁原料和炼铁工艺技术研究。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

高能效的发展方向；解海波[3]计算了带式焙烧机7个阶段的能量收支情况，为后续的换料焙烧、节能降耗提供了指导；刘丕亮[4]等采用SPSS的相关性分析和Matlab的回归分析对焙烧温度相关量进行数据挖掘，为带式焙烧机温度优化控制、生产降耗提供了借鉴。本文从鞍钢带式焙烧机现场生产出发，针对其装备水平限制、工序能耗较高的问题，开展了带式焙烧机升级改造、优化配矿和配加复合黏结剂对球团指标影响的研究，以提高其球团质量，降低生产能耗。

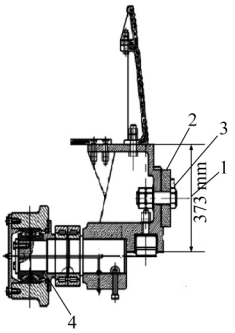
1 带式焙烧机升级改造

鞍钢带式焙烧机投产运行30多年，台车磨损严重，风机系统与生产匹配度降低，点火控制系统和密封装置老化，产量低、能耗高的问题突出，升级改造势在必行。

1.1 台车和运行轨道改造

台车作为焙烧机的关键部件，承受着球团重力荷载、高温烟气热冲击等破坏作用。由于原台车设计理念落后，导致台车更换频繁，无法满足高作业率生产要求。经过对台车运行状态的研究，取消原台车中间车体的上挠结构，改为水平结构；在保证台车车轮中心线至大梁上表面距离基本不变的条件下，台车体高度由355 mm调整为373 mm，台车抗冲击能力显著增强。台车端部车体摩擦板连接部位采用平面翼形结构，增大其落棒密封装置的空间；中间车体内部设计螺栓限位结构，便于车体连接螺栓的拆装；选用滚动轴承辊轮替代原有轴套辊子结构，降低台车更换频率，改造后台车结构如图1所示。

焙烧机原头尾弯道刚性差，经常出现弯道座左右晃动的情况，致使台车在运行中不平稳，出现起拱、车轮啃轨等情况，进而使主传动电机增加额外载荷，造成其不能平稳输出，直接影响作业率。为解决上述问题，增大弯道座截面，以提高其刚性和强度；改善弯道座与头部骨架连接部位的结构形式，以增加头、尾弯道的强度及稳定性，并通过改良弯道材质提高其使用寿命。新型台车通过机头弯道的过程如图2所示。



1—台车体高度；2—台车中间车体；
3—螺栓限位结构；4—滚动轴承辊。

图1 改造后新台车结构

Fig. 1 New trolley structure after modification

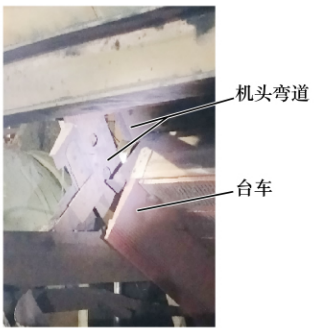


图2 新型台车通过弯道实物图

Fig. 2 Actual picture of the new-type trolley passing through the curve

1.2 点火系统和风机系统改造

升级改造焙烧机点火控制系统，采用新型外混引射式烧嘴，实现燃烧器点火自动控制；更新煤气支管切断阀和调节阀，在阀门操作平台的煤气管道上设人孔和煤气放散管，用于煤气吹扫、取样及放散，保证点火安全；焙烧煤气由混合煤气改为焦炉煤气，预热和焙烧带温度场分布更加合理，生球焙烧效率提高，台车运行速度增加。

为了提高风机利用效率，适应球团焙烧过程工况变化，将工艺风机风量调节由之前的风门式调节升级为变频式自调节，电能利用效率提高。采用定距密封环加旋转轴唇形密封圈结构，取代原有迷宫密封加定距环结构，同时配套智能甘油集中润滑系统，台车与风箱之间的密封效果改善，热利用效率提高。

1.3 改造对生产指标的影响

焙烧机原有设备状况经升级改造后，其对

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

生产指标的影响如表 1 所示。由表 1 可知：通过焙烧机改造，利用系数提高 0.036 t/(m²·h)，电单耗和煤气单耗分别降低 6.02 kW·h/t 和 0.165 GJ/t；扣除计划停机和外部影响的作业率提高 0.49%。

表 1　焙烧机改造对生产指标的影响

表 1　Influence of roasting machine modification on production indexes

项目	利用系数 /(t·m⁻²·h⁻¹)	电单耗 /(kW·h·t⁻¹)	作业率 /%	煤气单耗 /(GJ·t⁻¹)
改造前	0.747	48.95	99.43	0.683
改造后	0.783	42.93	99.92	0.518

2　优化配矿

随着大磁和鞍千精矿铁品位波动，含硅量升高，产量降低，球团生产造球原料条件发生改变。为了提高球团质量，首先进行弓磁替代大磁精矿与鞍千和关宝山精矿搭配的实验室研究，再通过带式焙烧机验证具体搭配参数。

2.1　实验室试验

2.1.1　试验原料和方案

优化配矿试验所用铁精矿的化学成分如表 2 所示；铁精矿粒度组成和成球指数如表 4 所示；配矿试验所用黏结剂成分如表 3 所示。由表 2 可知：4 种精矿铁品位均大于 65%，属于高品位铁矿；大磁和弓磁属于典型的磁铁精矿；鞍千和关宝山为弱磁性铁精矿。由表 3 可知：复合黏结剂中 SiO_2 和 Al_2O_3 质量分数均低于膨润土，而膨润土中 MgO 质量分数较高，有利于改善球团的质量。以弓磁替代大磁与鞍千和关宝山进行搭配的优化配矿方案，如表 5 所示。

表 2　铁精矿主要化学成分(质量分数)

Table 2　The main chemical composition of iron concentrate　%

名称	TFe	FeO	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3
大磁	65.95	27.68	7.32	0.25	0.24	0.14
弓磁	66.74	28.02	5.86	0.21	0.24	0.21
鞍千	67.02	17.58	4.78	0.46	0.58	0.12
关宝山	65.34	12.31	4.96	0.10	0.17	0.52

表 3　黏结剂主要化学成分(质量分数)

Table 3　The main chemical composition of binder　%

种类	TFe	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	LOI
膨润土	1.93	64.58	2.20	1.75	14.24	1.77	1.88	9.32
复合黏结剂	2.35	41.29	2.53	7.94	9.70	8.79	0.35	23.38

表 4　铁精矿粒度组成与成球指数

Table 4　Particle size composition and pellet forming index of iron concentrate

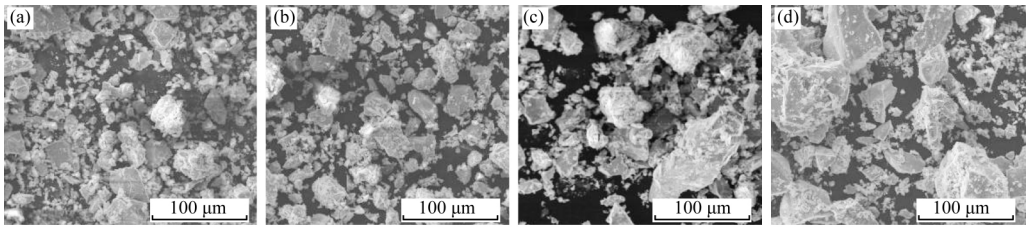
种类	粒度组成(质量分数)/%					成球性指数
	−0.020 mm	0.020～0.063 mm	0.063～0.100 mm	+0.100 mm	平均粒度/mm	
大磁	28.47	66.24	5.01	0.28	0.029	0.80
弓磁	30.39	60.46	8.33	0.82	0.031	0.71
鞍千	29.25	57.27	11.05	2.43	0.037	0.62
关宝山	28.35	56.68	12.01	2.96	0.038	0.60

由表 4 可知：大磁和弓磁 −0.063 mm 的粒度占比均大于 90%，鞍千和关宝山 −0.063 mm 的粒度占比均大于 85%；大磁粒度最细，鞍千和关宝山粒度稍粗。成球性指数是表征精矿成球特性的一个重要指标，其不仅与精矿粒度组成有关，还与其颗粒形貌有关[5]，4 种精矿的微观形貌如图 3 所示。由图 3 可知：大磁和弓磁粒度细小均匀，颗粒棱角分明，表面粗糙，较易成球；鞍千和关宝山的颗粒大小不均匀，表面较平整，不利于成球。结合表 4 可知：大磁的成球性最好，弓磁次之，关宝山的成球性稍差。

2.1.2　优化配矿对球团指标的影响

在其它参数一致的条件下，进行精矿搭配对球团指标影响的研究，结果如图4所示。由

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



(a) 大磁; (b) 弓磁; (c) 鞍千; (d) 关宝山

图 3 铁精矿微观形貌

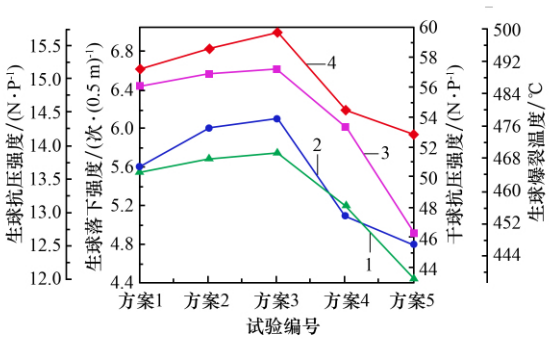
Fig. 3 Micromorphology of iron concentrate

表 5 球团优化配矿方案(质量分数)

Table 5 Test scheme of optimizing iron ores matching of pellet %

项目	大磁	弓磁	鞍千	关宝山
方案 1(基准)	55	0	45	0
方案 2	0	55	45	0
方案 3	0	55	30	15
方案 4	0	55	15	30
方案 5	0	55	0	45

图 4 可知: 方案 3 的落下强度略高于方案 2，方案 2 的落下强度比方案 1 高; 方案 2 和 3 生球的抗压强度接近，但均高于方案 1; 随着关宝山配比的增加，生球落下强度和抗压强度均降低，方案 5 生球落下强度低于 5 次/(0.5 m); 方案 2 和 3 干球抗压强度和生球爆裂温度均高于基准; 方案 4 和 5 干球抗压强度降低到 55 N/P以下，不利于球团生产。在焙烧制度一致的条件下，对方案 1 ~ 5 生球焙烧，检测成品球团指标，结果如表 6 所示。



1—生球抗压强度; 2—生球落下强度; 3—干球抗压; 4—生球爆裂温度。

图 4 配矿方案对生球指标的影响

Fig. 4 Influence of ore blending scheme on green ball index

表 6 成品球团冶金性能指标

Table 6 Metallurgical performance index of finished pellets

项目	抗压强度/(N·P⁻¹)	转鼓强度/%	还原度/%	还原膨胀率/%
方案 1(基准)	2 745	93.81	70.91	12.20
方案 2	2 835	93.95	71.29	12.35
方案 3	2 772	94.11	70.98	12.42
方案 4	2 642	93.22	69.74	13.25
方案 5	2 580	92.23	68.92	13.54

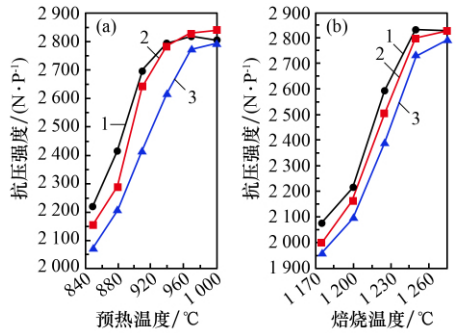
由表 6 可知: 方案 2 和 3 成品球的抗压强度和转鼓强度均高于基准，且方案 2 成品球的抗压强度最高，比基准高 90 N/P; 方案 3 的成品球转鼓强度最高，比基准高 0.3%。方案 2 球团还原度比基准高 0.38%，方案 3 球团的还原度与基准接近; 方案 4 和 5 的球团还原度均低于基准; 方案 2 ~ 5 球团的还原膨胀率比基准高。综合精矿搭配对生球和成品球指标的影响，适合带式机球团生产的为方案 2 和 3。

2.1.3 焙烧制度的优化

对方案 2 和 3 生球进行焙烧试验，在其它参数一致的条件下，控制焙烧温度为 1 250 ℃，研究预热温度对球团强度的影响; 控制预热温度为 950 ℃，研究焙烧温度对球团强度的影响，结果如图 5 所示。

由图 5 可知: 方案 2 球团抗压强度随预热温度的提高而增加; 当预热温度为 940 ℃时，方案 2 和基准球团的抗压强度接近，但当预热温度超过 940 ℃后，其抗压强度提高幅度不大，这是因为预热温度提高，磁铁精矿氧化速度加快，球团中 Fe_2O_3 再结晶连接增强，但当预热温度过高时球团表面氧化形成一个致密球壳，

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



1—方案 1；2—方案 2；3—方案 3。

图 5　焙烧制度对球团抗压强度的影响

Fig. 5　Influence of roasting system on compressive strength of pellets

阻碍内部氧化进程[6-7]；方案 3 球团抗压强度随预热温度的提高而增加，但均低于方案 1 和 2。方案 2 和 3 球团的抗压强度随焙烧温度的提高而增加，但当焙烧温度超过 1 250 ℃后，抗压强度提高幅度不大且均低于方案 1。综合预热温度和焙烧温度对球团强度的影响，方案 2 和 3 的适宜焙烧制度：预热温度为 910 ~ 940 ℃，焙烧温度为1 220 ~ 1 250 ℃。

2.2　工业试验

2019 年，方案 2 和 3 在球团车间进行工业试验，结果如表 7 所示。由表 7 可知：与基准相比，方案 2 生球和成品球抗压强度分别提高 0.59 和 56 N/P，还原度提高 0.77%；方案 3 成品球抗压强度比基准提高 31 N/P，还原性能改善。依据工业试验结果和原料供应条件，方案 3 应用于带式机球团生产，应用后球团还原度提高 0.4%，转鼓强度提高 0.5%，煤气单耗降低 0.011 GJ/t。

表 7　工业试验球团指标

Table 7　Pellets indexes of industrial test

项目	生球抗压强度 /(N·P^{-1})	成品球抗压强度 /(N·P^{-1})	还原度 /%	转鼓强度 /%	煤气单耗 /(GJ·t^{-1})
方案 1(基准)	12.26	2 806	70.18	92.7	0.518
方案 2	12.85	2 862	70.95	93.0	0.509
方案 3	12.36	2 837	70.58	93.2	0.507

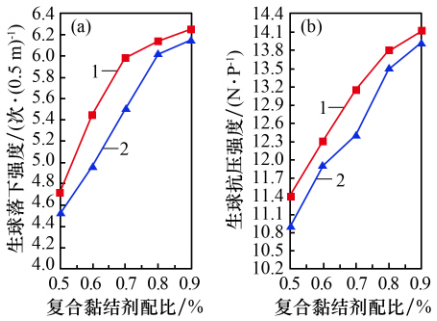
3　新型复合黏结剂的应用

黏结剂作为球团生产的重要辅料，对球团制备过程和质量有重要影响[8]。膨润土是球团生产常用的黏结剂，由于其含有大量脉石元素，导致球团铁品位降低[9]。复合黏结剂具有无机黏结剂和有机黏结剂的双重优点[10-11]，本文进行复合黏结剂对球团指标影响的研究，依据结果指导其应用于球团工业生产。

3.1　实验室试验

以方案 2 和 3 为原料，进行复合黏结剂配比对生球指标影响的研究，结果如图 6 所示。

由图 6 可知：方案 2 和 3 生球落下强度均随复合黏结剂配比的增加而提高，但随着配比的增加，其落下强度提高幅度减小。在复合黏结剂配比相同时，方案 2 的落下强度高于方案 3；随黏结剂配比的提高，方案 2 和 3 的落下强度接近。方案 2 和 3 生球落下强度均在复合黏结剂配比超过 0.6% 时大于5 次/(0.5 m)。方案 2 和 3 的生球抗压强度均随复合黏结剂配比的增加而提高；在配比相同时，方案 3 生球的抗压强度低于方案 2；方案 2 和 3 生球的抗压强度分别在复合黏结剂配比超过 0.6% 和 0.7% 时大于12 N/P。综合复合黏结剂配比对生球指标的影响，方案 2



1—方案 2；2—方案 3。

图 6　复合黏结剂配比对生球指标的影响

Fig. 6　Influence ofcomposite binder ratio on the index of green pellets

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

复合黏结剂的适宜配比为0.6%~0.7%，方案3复合黏结剂的适宜配比为0.7%~0.8%。

3.2 工业试验

复合黏结剂工业应用试验于2019年5月进行，本次工业试验原料为方案3。在其它参数一致的条件下，基准期配加1.5%的膨润土，试验期配加0.7%的复合黏结剂，工业试验结果如表8所示。

表8 工业试验球团指标

Table 8 Pellets indexes of industrial test

项目	落下强度/(次·(0.5m)$^{-1}$)	生球抗压/(N·P^{-1})	成品球抗压/(N·P^{-1})	转鼓强度/%	品位/%
膨润土	5.12	12.18	2 813	93.2	64.57
复合黏结剂	5.28	12.92	2 854	94.5	65.15

由表8可知：复合黏结剂应用于带式机球团生产后，生球抗压强度比基准提高0.74 N/P，落下强度比基准提高0.16次/(0.5 m)，即0.7%的复合黏结剂替代1.5%的膨润土进行球团生产，生球指标改善。配加复合黏结剂后，成品球铁品位提高0.58%，转鼓强度提高1.3%，抗压强度提高41 N/P；工业试验后，新型复合黏结剂在带式焙烧机球团生产中得到应用。

4 结 论

(1) 鞍钢带式焙烧机经过改造后，利用系数提高0.036 t/(m^2·h)，电单耗和煤气单耗分别降低6.02 kW·h/t和0.165 GJ/t。

(2) 通过优化配矿，弓磁精矿和关宝山精矿应用于带式机球团生产；应用后球团还原度提高0.4%，转鼓强度提高0.5%，煤气单耗降低0.011 GJ/t。

(3) 复合黏结剂可以替代膨润土应用于球团生产，其适宜配比为0.6%~0.8%；复合黏结剂应用后，成品球抗压强度提高41 N/P，铁品位从64.57%提高到65.15%。

参考文献:

[1] 余海钊,廖继勇,范晓慧. 带式焙烧机球团技术的应用及研究进展[J]. 烧结球团,2020,45(4):47-54.
YU Haizhao, LIAO Jiyong, FAN Xiaohui. Application and research progress of pelletizing technology of belt roaster[J]. Sintering and Pelltizing,2020,45(4):47-54.

[2] 叶匡吾. 烧结过程、球团过程的能量流和优化选择[J]. 烧结球团,2010,35(10):1-6.
YE Kuangwu. Energy flows in the sintering process and pelletizing process and their optimization selection[J]. Sintering and Pelltizing,2010,35(10):1-6.

[3] 解海波. 504 m^2 带式焙烧机设计理论模型的分析论证[J]. 中国冶金,2015,25(2):21-28.
XIE Haibo. Analytic demonstration of the theoretical design model of 504 m^2 D-L straight grate[J]. China Metallurgy,2015,25(2):21-28.

[4] 刘丕亮,臧日浩,崔桂梅,等. 带式焙烧机焙烧温度分析研究[J]. 烧结球团,2018,43(2):29-32.
LIU Piliang,ZANG Rihao,CUI Guimei,et al. Study on roasting temperature analysis of belt roaster[J]. Sintering and Pelltizing,2018,43(2):29-32.

[5] 张辉,周明顺,翟立委,等. 鞍钢球团生产中提高赤铁矿配比的研究[J]. 烧结球团,2013,38(5):27-30.
ZHANG Hui,ZHOU Mingshun,ZHAI Liwei,et al. Study on increasing hematite proportion in pellet production of Ansteel[J]. Sintering and Pelltizing,2013,38(5):27-30.

[6] 范建军,张文平,刘慈光,等. 预热焙烧参数对超细粒度磁铁矿粉球团性能的影响[J]. 钢铁,2013,12(12):20-24.
FAN Jianjun,ZHANG Wenping,LIU Ciguang,et al. Effect of preheating and roasting parameters on pellet property of superfine magnetite concentrate[J]. Iron and Steel,2013,12(12):20-24.

[7] 杨雪峰. 赤磁混合铁精矿球团焙烧固结机理[J]. 钢铁研究学报,2010,22(2):6-8.
YANG Xuefeng. Mechanism of roasting and agglomeration on the pellets produced by blended iron ore fines of hematite and-magnetite[J]. Journal of Iron and Steel Research,2010,22(2):6-8.

[8] FAN Xiaohui,GAN Min,JIANG Tao. Influence of flux additiveson iron ore oxidized pellets[J]. Journal of central southuniversity of technology,2010(4):732-737.

[9] 葛英勇,季荣,袁武谱,等. 新型有机黏结剂GPS用于铁矿球团的研究[J]. 烧结球团,2008,33(5):10-14.
GE Yingyong,JI Rong,YUAN Wupu,et al. Study on preparation of iron ore pellet using new style organic binder GPS[J]. Sintering and Pelltizing,2008,33(5):10-14.

(下转第98页)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

process determining [J]. Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering,2017(5):185 - 197.

[12] TAHIR Sofilić, ALENKA Rastovč an-Mioč, ŠTEFICA Cerjan-Stefanović. Characterization of steel mill electric-arc furnace dust [J]. Journal of Hazardous Materials,2004(B109):59 - 70.

[13] 曹克,胡利光,贾永铭. 水力旋流分离技术在瓦斯泥脱锌工程中的研究 [J]. 冶金动力,2006(5):52 - 58.
CAO Ke,HU Liguang,JIA Yongming. Application of hydrocyclone separation technology in dezincification engineering of gas scrubbing slime [J]. Metallurgical Power,2006(5):52 - 58.

[14] 邹宽林,高平,胡利光. 使用水力旋流器回收高炉瓦斯泥 [J]. 中国冶金,2003(9):29 - 36.
ZHOU Kuanlin,GAO Ping,HU Liguang. Recovery of by sludge by hydrocyclone [J]. China Metallurgy,2003(9):29 - 36.

[15] YU Jianfeng,FU Jian,CHNEG Hao. Recycling of rare earth particle by mini-hydrocyclones [J]. Waste Management,2017(61):362 - 371.

[16] 胡清,熊果,刘欣. 一种含锌转炉尘泥资源化利用的方法:201911226820.1 [P]. 2019 - 12 - 04.
HU Qing,XIONG Guo,LIU Xin. A method fir utilization of dust and sludge in zinc containing converter:201911226820.1 [P]. 2019 - 12 - 04.

(上接第64页)

[10] 李金莲,朱建伟,宫作岩,等. 铁矿球团复合黏结剂技术经济评价 [J]. 鞍钢技术,2020,36(2):18 - 24.
LI Jinlian,ZHU Jianwei,GONG Zuoyan,et al. Economic evaluation on technologies for composite binders for iron ore pellets [J]. Angang Technology,2020,36(2):18 - 24.

[11] 侯静,吴恩辉,李军,等. 改性有机黏结剂对球团性能的影响分析 [J]. 烧结球团,2017,42(5):35 - 38.
HOU Jing,WU Enhui,LI Jun,et a. Analysis of effect of modified organic binder on pelletizing properties [J]. Sintering and Pelltizing,2017,42(5):35 - 38.

(上接第79页)

[43] CORBOS E C, ELBOUAZZAOUI S, COURTOIS X, et al. NO_x storage capacity, SO_2 resistance and regeneration of Pt/(Ba)/CeZr model catalysts for NO_x-trap system [J]. Topics in Catalysis,2007,42 - 43(1 - 4):9 - 13.

[44] CORBOS E C, COURTOIS X, BION N, et al. Impact of the support oxide and Ba loading on the sulfur resistance and regeneration of Pt/Ba/support catalysts [J]. Applied Catalysis B: Environmental,2008,80(1 - 2):62 - 71.

[45] WANG J, LI Y, SHEN M, et al. Influence of sulfation and regeneration on Pt/Al_2O_3 for NO oxidation [J]. Catalysis Science and Technology,2015,5(3):1731 - 1740.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net