微细粒级钛精矿生球团爆裂性能研究

侯 静，吴恩辉，李 军，徐 众，喻兴亮
（攀枝花学院，四川 攀枝花 617000）

摘 要： 生球团爆裂温度和爆裂率对球团生产具有重要的影响。以微细粒级钛精矿为研究对象，研究了成型压力、粘结剂添加量和生球含水量对其生球团爆裂性能的影响。结果表明：生球含水量越低，成型压力适宜降低，粘结剂用量越多，球团爆裂性能越好；当生球团在含水量为7%，成型压力为8 MPa，粘结剂用量为0.3%时，生球爆裂温度可达900 ℃以上，且球团不发生爆裂现象，满足生产工艺要求。

关键词： 生球团；微细粒级钛精矿；爆裂性能；爆裂温度
中图分类号： TF046.6 **文献标识码：** A **文章编号：** 1000－8764(2020)01－0040－03
doi： 10.13403/j.sjqt.2020.01.008

Study on bursting performance of fine-grained titanium concentrate pellets

Hou Jing，Wu Enhui，Li Jun，Xu Zhong，Yu Xingliang
(*Panzhihua University*，*Panzhihua* 617000，*Sichuan*)

Abstract The bursting temperature and bursting rate of green pellets have important effects on pellet production. Taking fine-grained titanium concentrate as the research object，the influences of forming pressure，the amount of binder added，and the moisture content of green pellets on the bursting performance of green pellets are studied. The results show that when the moisture content of the green ball declines，the molding pressure mildly increases，the amount of binder goes up，and the bursting performance of the pellet get better；when the moisturer content of the green ball is 7%，the molding pressure is 8 MPa，and the amount of binder is 0.30%，the bursting temperature of the green balls can reach more than 900 ℃，and the pellets do not burst，which meets the production process requirements.

Key words green pellets；fine-grained titanium concentrate；bursting performance；bursting temperature

生球团的爆裂性能（包括爆裂温度和爆裂率）是生球质量的一项重要指标，对球团还原冶炼具有重要的影响。爆裂温度过低的球团，具有极高的爆裂率，易在冶炼过程中发生爆裂粉化现象，并将产生大量粉料，而粉料极易堵塞球团料层空隙，在炉内相互粘接在一起，最终形成“结瘤”现象，将严重影响钛渣冶炼[1－4]。近年来，随着选矿工艺的进步，例如采用新型ZQS高梯度磁选机回收超细粒级钛铁矿[5]和采用悬振选矿机加浮选的新工艺回收细粒级钛铁矿等[6]，虽然实现了钛资源中钛回收率的提高，但却使其粒度越来越细，微细粒级钛精矿越来越多[7]。球团生产实际表明，矿粉颗粒越细，造粒成型将变得越来越困难。如果利用微细粒级钛精矿生球团直接高温入炉冶炼钛渣，球团内部水分不能及时排出，导致球团内部蒸气压瞬间增大，球团的高温爆裂性能变差，球团容易发生爆裂，甚至碎裂粉化现象。而影响生球团高温爆裂性能的因素主要有矿粉粒度、成型压力、球团含水量、粘结剂种类和粘结剂添加量等[8－12]。以攀枝花本地微细粒级钛精矿为原料，研究粘结剂用量、成型压力和球团含水量对微细粒级钛精矿生球团爆裂性能的影响规律，以期为实际生产提供有益的参考。

收稿日期： 2019－08－27
基金项目： 国家自然科学基金资助项目(51174122/E0413)
作者简介： 侯 静(1987—)，男，讲师，从事钒钛磁铁矿资源综合利用研究。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1　试验原料及方法

1.1　试验原料

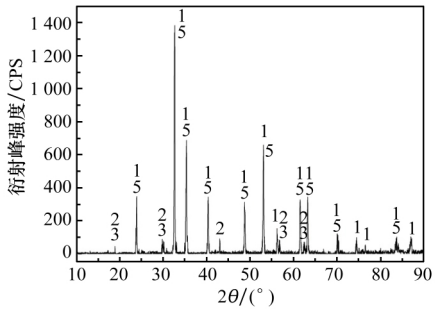
试验原料采用攀枝花市红格南矿区某选矿企业的微细粒级钛精矿，主要化学成分见表 1，粒度组成见表 2，物相组成见图 1。由表 1、2 可见，微细粒级钛精矿的主要化学组分为 TiO_2、Fe_2O_3、FeO、SiO_2、MgO、Al_2O_3、和 CaO，并含有少量的 Mn、Na、Cr 的氧化物；其粒度小于 0.074 mm 占 76.66%，且微细粒级(小于 0.023 mm 部分)组成较多，占 54.48%，相较于钛精矿而言，粒度更细小；从图 1 的 XRD 分析结果可知，微细粒级钛精矿的主要物相与钛精矿的主要物相类似[13-14]，以钛铁矿为主和少量的磁铁矿、镁钛矿、镁铁尖晶石和橄榄石等。

表 1　微细粒级钛精矿主要化学成分(质量分数)　%

TiO_2	Fe_2O_3	FeO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	CaO	MnO	S	Na_2O	Cr_2O_3	P
46.50	25.84	10.29	6.49	5.51	2.41	1.68	0.76	0.27	0.12	0.11	0.02

表 2　微细粒级钛精矿粒度组成(质量分数)　%

>0.154 mm	0.154～0.074 mm	0.074～0.038 mm	0.038～0.023 mm	<0.023 mm
11.69	11.65	8.30	13.88	54.48



1—$FeTiO_3$；2—$MgFe_2O_4$；3—Fe_3O_4；4—Mg_2SiO_4；5—$MgTiO_3$

图 1　微细粒级钛精矿的 XRD 图谱

1.2　试验方法

试验流程包括烘料、混料、加入粘结剂和水混匀、成型、球团高温性能测试等几个环节。微细粒级钛精矿生球团单球质量为 25 g，生球平均抗压强度为 65 N/P，胶垫落下强度为 32 次/(0.5 m)。生球团爆裂性能测试在∅650 mm×1 000 mm 的管式竖炉(采用的是硅碳棒电阻加热)中进行的：先将管式竖炉加热到预定温度(试验研究起始温度为 500 ℃)，每次取 50 个生球放入用镍铬丝编织的吊篮中，然后放入风速为 1.5 m/s(冷态)的管式竖炉中，热风从下往上吹到生球上，生球团在管式竖炉内停留 5 min 后取出，观测球团有无爆裂，将生球团爆裂率为 10% 时所能承受的最高温度设为爆裂温度。

2　结果与分析

2.1　成型压力对生球团爆裂性能的影响

成型压力的大小是影响球团爆裂性能的关键：成型压力小，球团内部粉料之间的孔隙较多，生球团高温受热时，内部水分蒸发通道多，球团不易爆裂；成型压力过大，粉料颗粒与颗粒接触紧密，生球团内部没有孔隙，当受到高温时，球团内部水分难以挥发，瞬时蒸气压增大，球团极易发生爆裂。为了明确成型压力对生球团爆裂性能的影响，在含水量为 7%，粘结剂(5% 浓度的聚乙烯醇(PVA))用量为 0.3% 的条件下，进行生球团爆裂性能相关试验，结果如图 2 所示。

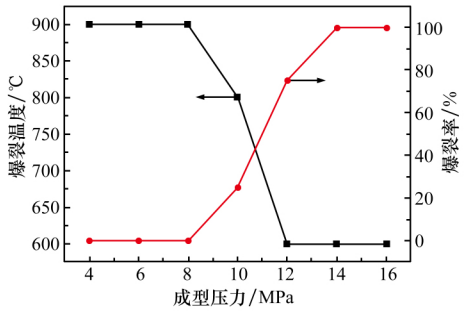


图 2　成型压力对微细粒级钛精矿生球团爆裂性能的影响

从图 2 可看出：随着成型压力的增大，生球的爆裂温度呈下降趋势。成型压力低于 8 MPa 时，生球爆裂温度在 900 ℃以上，成型压力增至 12 MPa 以上时，生球爆裂温度降至 600 ℃；900 ℃时，随着成型压力的增加微细粒级

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

钛精矿生球团在不同成型压力条件下的爆裂率逐渐升高，成型压力低于 8 MPa 时，生球团爆裂率为 0%，成型压力增至 14 MPa 以上时，生球团爆裂率为 100%。

2.2 含水量对生球团爆裂性能的影响

含水量是影响生球团爆裂性能的重要因素：生球团含水量高，高温受热时球团内部水分蒸发量大，产生的瞬时蒸气压大，生球团极易爆裂，且使爆裂温度降低，球团爆裂粉化率变高。为了明确含水量对生球团爆裂性能的影响，在成型压力 6 MPa，粘结剂用量 0.3%（5% 浓度的 PVA）条件下，进行生球爆裂性能相关试验，结果如图 3 所示。

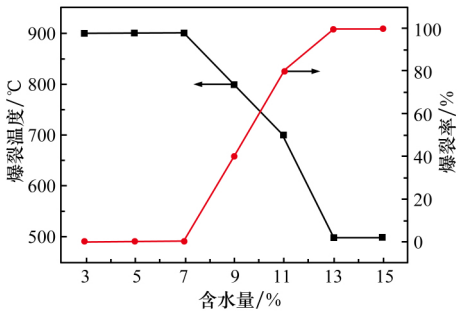


图 3 含水量对微细粒级钛精矿生球团爆裂性能的影响

从图 3 可看出：随着含水量的增加，生球团的爆裂温度呈下降趋势，生球团含水量小于 7% 时，生球团爆裂温度在 900 ℃以上，含水量大于 13% 时，生球爆裂温度降至 500 ℃；900 ℃时，生球团在不同含水量条件下，随着含水量的增加，其爆裂率逐渐升高，含水量低于 7% 时，生球团爆裂率为 0%，含水量大于 13% 时，生球团爆裂率为 100%。

2.3 粘结剂用量对生球团爆裂性能的影响

粘结剂用量是球团成型的关键，既影响生球团的机械强度，又影响生球团的爆裂性能：粘结剂用量过小，生球团的抗压强度、落下强度和爆裂性能变差，不能满足生产实际需要；粘结剂用量增大，造球成本势必提高。为了明确粘结剂用量对生球团爆裂性能的影响，在成型压力 6 MPa，含水量 7% 条件下，进行生球爆裂性能相关试验，结果如图 4 所示。

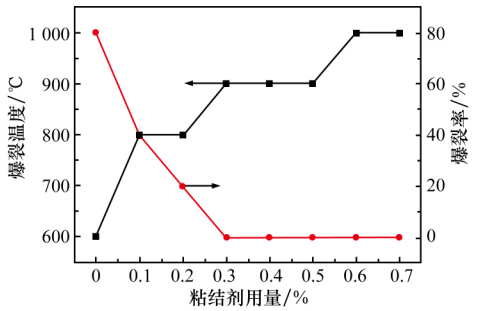


图 4 粘结剂用量对微细粒级钛精矿生球团爆裂性能的影响

从图 4 可看出：随着粘结剂用量的增加，生球团的爆裂温度呈上升趋势，生球团粘结剂用量小于 0.3% 时，生球团爆裂温度低于 900 ℃，粘结剂用量超过 0.6% 时，生球爆裂温度可提高到 1 000 ℃；900 ℃时，生球团在不同粘结剂用量条件下随着粘结剂用量的增加，其爆裂率逐渐降低，粘结剂用量大于 0.3% 时，生球团爆裂率为 0%。

3 结 论

（1）成型压力大小对微细粒级钛精矿生球团爆裂性能有很大影响，研究表明：当成型压力低于 8 MPa 时，生球团爆裂温度最高可达 900 ℃，且爆裂率为 0%；当成型压力增大时，生球团的爆裂温度逐渐降低，爆裂率逐渐增大。

（2）生球团含水量是影响生球爆裂性能的重要因素：当生球团含水量超过 7% 时，生球团爆裂温度下降明显；含水量超过 13% 时，生球团爆裂温度降至 500 ℃以下；900 ℃炉内生球团的爆裂率随含水量的增加明显提高，因此，含水量应控制在 7% 以内。

（3）粘结剂用量是球团成型和造球成本的关键，研究表明粘结剂用量越大，生球团的爆裂温度越高，生球团爆裂率越低，适宜的粘结剂用量为 0.3%，该用量下爆裂温度为 900 ℃。

参考文献

[1] 傅菊英，姜涛，朱德庆. 烧结球团学 [M]. 长沙：中南工业大学出版社，1995.

[2] 侯静，吴恩辉，李军，等. 钒钛铁精矿生球的爆裂性能研究 [J]. 烧结球团，2014，39(1)：25－27；31.

（下转第 66 页）

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[2] 闫晓淼,李玉然,朱廷钰,等. 钢铁烧结烟气多污染物排放及协同控制概述[J]. 环境工程技术学报,2015,5(2):85-90.
[3] 陈健. 烧结烟气氮氧化物减排技术路径探讨[J]. 环境工程,2014,32(S1):459-464.
[4] 邢芳芳,姜琪,张亚志,等. 钢铁工业烧结烟气多污染物协同控制技术分析[J]. 环境工程,2014,32(4):75-78.
[5] 魏淑娟,王爽,周然. 我国烧结烟气脱硫现状及脱硝技术研究[J]. 环境工程,2014,32(2):95-97;142.
[6] 鲁健. 烧结烟气特点及处理技术的发展趋势[J]. 内蒙古科技大学学报,2012,31(3):227-230.
[7] 贾冯睿,王恩刚,赫冀成,等. 烧结烟气SO_2浓度分布规律及影响因素分析[J]. 东北大学学报(自然科学版),2017,38(5):661-665;670.
[8] 刘传鹏,杨东伟,惠建明,等. 烧结余热梯级利用及脱硫脱硝一站式解决方案[J]. 钢铁研究学报,2016,28(10):50-54.
[9] 苍大强,魏汝飞,张玲玲,等. 钢铁工业烧结过程二噁英的产生机理与减排研究进展[J]. 钢铁,2014,49(8):1-8.
[10] 李志玲. 基于主成分分析和偏最小二乘的高炉炉温预测模型的研究[D]. 包头:内蒙古科技大学,2011.
[11] 潘建,朱德庆,崔瑜,等. 铁矿烧结烟气中SO_2的排放规律[J]. 中南大学学报(自然科学版),2011,42(6):1 495-1 500.
[12] 高景栋,范振宇,陈慧艳,等. 烧结主要工艺参数对烟气SO_2排放的影响[J]. 烧结球团,2012,37(4):57-60.
[13] 龚佑发. 烧结烟气SO_2排放线性回归预测模型的建立与验证[J]. 鞍钢技术,2017(3):32-38.
[14] 贾冯睿,王恩刚,赫冀成,等. 烧结烟气SO_2浓度分布规律及影响因素分析[J]. 东北大学学报(自然科学版),2017,38(5):661-665;670.
[15] 何峰,杜力,富田武. 强化烧结烟气SO_2富集的工业试验[J]. 烧结球团,2015,40(4):48-50.
[16] 张英,陈旺生,韩军,等. 烧结烟气NO_x分布规律研究[J]. 工业安全与环保,2014,40(4):23-25.
[17] 刘臣. $SO_2/NO_x/CO_x$在铁矿石烟气循环烧结过程中的行为研究[D]. 长沙:中南大学,2013.
[18] 郑琨. 烧结烟气分段式综合处理新工艺的设计[J]. 钢铁研究,2016,44(2):41-44.

(上接第42页)

[3] Fan Xiaohui, Gan Min, Jiang Tao. Influence of flux additives on iron ore oxidized pellets [J]. Journal of central south university of technology, 2010(4):732-737.
[4] 肖琪. 球团理论与实践[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1991.
[5] 杨招君,王丰雨,罗荣飞,等. 攀西超细粒级钒钛磁铁矿磁选富集方法[J]. 钢铁钒钛,2019,40(3):26-29.
[6] 高建安,张雨田,纪翠翠. 攀钢选钛厂微细粒级钛铁矿回收新工艺研究[J]. 矿山机械,2016,44(11):58-62.
[7] 张松,文书明,刘建,等. 微细粒钛铁矿选矿技术研究进展[J]. 矿产保护与利用,2019,39(1):131-137.
[8] 韩可喜. 细粒级钛精矿造粒试验研究[J]. 攀枝花科技与信息,2011,36(4):52-56.
[9] 朱德庆,蔡汝卓. 提高铁精矿冷固结球团矿强度的途径[J]. 烧结球团,1994,20(4):5-7.
[10] 侯静,吴恩辉,李军,等. 钒钛铁精矿内配煤冷固结压力成型试验研究[J]. 矿产综合利用,2018(5):76-78.
[11] 侯静,吴恩辉,李军,等. 改性有机粘结剂对球团性能的影响分析[J]. 烧结球团,2017,42(5):35-38.
[12] 刘杰,宫作岩,周明顺,等. 鞍钢球团生产配加有机粘结剂的研究[J]. 烧结球团,2015,40(5):28-31.
[13] 宋兵. 攀枝花氧化钛精矿碳热还原动力学[J]. 钢铁钒钛,2018,39(4):41-47.
[14] 魏光亮. 攀枝花钛精矿预还原制备金属化球团技术研究[J]. 钢铁钒钛,2018,39(3):7-11.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net