烧结节能提效集成新技术在柳钢 2#360 m² 烧结机上的应用

吴丹伟，刘武杨，刘 华，熊爱臣，向小平，谭世全
（广西柳州钢铁集团有限公司烧结厂，广西 柳州 505001）

摘 要： 介绍了柳钢 2#360 m² 烧结机系统上进行的节能提效集成新技术，其主要有熟熔剂的精准配料技术、圆筒混合机不粘料和制粒效果提升技术、混匀料料温提升技术、铺底料粒级优化技术等。该集成技术应用后取得了较明显的效果，其有利于提高生产效率，改善产品质量，降低能耗。对国内同类烧结生产线的节能提效具有一定的借鉴意义。

关键词： 烧结；节能提效；精准配料；圆筒混合机；混匀料料温；铺底料优化
中图分类号： TF046.4 **文献标识码：** B **文章编号：** 1000－8764(2018)02－0025－04
doi： 10.13403/j.sjqt.2018.02.021

Application of integrated new energy-saving and effect-raising sintering technologies in Liusteel No. 2 360 m² sinter machine

Wu Danwei, Liu Wuyang, Liu Hua, Xiong Aichen, Xiang Xiaoping, Tan Shiquan
(*Sintering Plant of Guangxi Liuzhou Iron and Steel Group Company Limited, Liuzhou* 505001, *Guangxi*)

Abstract The integrated new energy-saving and effect-raising sintering technologies of Liusteel No. 2 360 m² sinter machine were introduced, including the accurate proportioning technology of roasted fluxes, technology for preventing sticking of materials on the drum mixer and raising granulation effect, blended material temperature raising technology and optimization of hearth layer material sizing etc. After the application of the integrated technologies, obvious effects have been obtained, which is favorable for increasing production efficiency, improving product quality and reducing energy consumption, and which has certain reference for saving energy and raising effect of similar sintering production lines in China.

Key words sintering; energy-saving and effect-raising; accurate proportioning; drum mixer; blended material temperature; optimization of hearth layer material

1 前 言

柳钢 2#360 m² 烧结机系统于 2008 年 4 月投产，该生产线采用成熟的熟熔剂双螺旋给料、厚料层均质烧结系列技术等，装配、技术水平均达到当时国内先进水平。但随着设备的老化、工艺条件的变化，近年来该系统出现了熟熔剂下料波动大、混合料混匀制粒效果差、烧结过程透气性下降、烧结台车隔热垫、炉条烧损大等现象，导致了作业率低、生产效率差、能耗高等问题，严重影响了该烧结系统的技术经济指标的完成。通过研究分析近 10 年来烧结工序节能提效技术的发展现状发现，现已经形成许多技术成熟的节能提效技术，如强化原料及烧结混合料的混匀效果、采用铺底料及厚料层烧结工艺、混合料预热工艺等[1]。

结合本烧结厂实际运行情况，通过考察、比较和论证，最终选用熟熔剂精准下料、圆筒混合机不粘料和制粒效果提升、混匀料料温提升和铺底料优化分级等技术，于 2017 年 4 月 20 日开始在 2#360 m² 烧结机系统上进行节能提效集成技术的应用化改造。本文对该技术的改造方案及效果做了简要介绍，以供同行参考。

收稿日期： 2017－12－08
作者简介： 吴丹伟(1983－)，男，工程师，主要从事烧结球团方面的生产技术管理工作。

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

2 技术方案

2.1 熟熔剂精准配料技术

长期以来，熟熔剂的双螺旋配料方式，由于结构简单、故障率低、扬尘少等优点，一直被做标配选用。但由于其存在着受物料粒度和填充率等因素的影响而导致的下料精度差的缺陷，已渐渐不能满足烧结矿生产的要求，亟需寻找新的熟熔剂配料技术。近年来，随着新技术、新工艺的不断涌现，螺旋给料器＋精确计量斗＋全封闭拉出式皮带装置成功地解决了精度不够和粉尘外逸的问题。改造前后熟熔剂精准配料系统如图1所示。

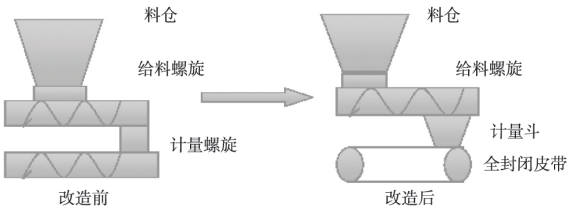


图1 改造前后熟熔剂精准配料系统

本厂在进行如图1所示的改造过程中，并进行了如下优化：

(1) 由于计量斗起到稳流的关键作用，而之前厂家设计的计量斗容积为8.5 m^3，容积较小稳流不明显，本次改造在高度方向已不可能增加的条件下，在宽度方向增加了约20%的有效容积；在料位控制上，采用缩小上下限反馈区间的方法，保持给料螺旋大致恒定的转速来避免螺旋频繁启停；且在计量斗内物料的计量方面，将原来的一个传感器改成对称分布在计量斗四个角的四个传感器，多点累积运算所得计量斗物料总重量，这样计量更准确；

(2) 对计量斗下方的出料整形装置进行了优化，将其侧板由垂直皮带改为75°倾角，并将侧板下部离皮带的间隙由3 mm减少到1.5 mm，避免间隙过大造成粉料外溢；

(3) 对于内部全封闭空间存在狭小不好清理的问题，考虑在皮带秤周边增加压缩空气自动脉冲吹扫装置和漏斗整形抑尘一体化装置，有效地解决了粉尘逃逸和皮带计量部位的积料问题。

上述装置于2017年6月开始在2#360 m^2烧结生产线上应用，表1为改造前(2017年4月)和改造后(2017年6月)的12#～16#仓熟熔剂抛盘精度值(平均标准偏差)。

表1 精准配料改造前后抛盘精度值(%)

项目	12#	13#	14#	15#	16#
改造前	0.305	0.297	0.401	0.436	0.298
改造后	0.176	0.135	0.126	0.108	0.098
比较值	－0.129	－0.162	－0.275	－0.328	－0.2

从上表可以看出：改造后，熟熔剂的下料精度(平均标准偏差)明显提高，最高的提升了0.328%，最低的也提高了0.129%，这对提高混合料水分和烧结矿成分的稳定发挥了关键作用。

2.2 混合圆筒不粘料和制粒效果提升技术

粘料是圆筒混合机的首要问题，其次是耐磨问题，它们不仅相互影响，还严重影响着生产及设备安全。有证据表明，由于圆筒内部粘料后造成的负荷不均匀，对其传动结构产生的不良冲击，会直接缩短其使用寿命；而有生产实践表明，检修时所发生的安全事故，有约1/3与清理圆筒内部积料有关[2]。同时由于圆筒内部粘料，会造成筒体内部有效容积下降，从而使混合时间减少，填充率降低。而根据研究表明，混合制粒效果取决于混合圆筒的填充率和混合时间[1]。因此，解决圆筒混合机粘料与耐磨问题，提升其制粒效果对烧结厂节能提效具有一定作用。解决粘料问题，衬板、提升条的材质和参数、加水方式等都是关键。根据2010～2015年生产经验，结合查阅物料在圆筒内运动的理论[3]，在与生产厂家良好沟通的条件下，最终决定在橡胶材质的基础上粘合耐磨陶瓷片，保持提升条有效高度不变，将橡胶材质的提升条按照一定的角度(圆筒的不同部位采用不同的提升角)直接附着在橡胶衬板上成为一体，再将陶瓷预先粘合在橡胶衬板和提升条的面板上。这样充分利用了橡胶的弹性和陶瓷的耐磨性，从而有利于延长其使用寿命，而安装时只需将衬板用螺杆固定在筒壁上就可以了，节省了约50%左右的安装时间。具体见图2～图4。

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

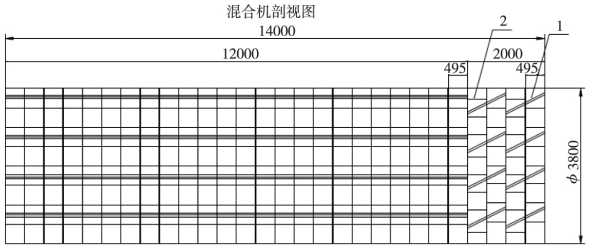


图 2　一混圆筒改造原理图

1—提升条; 2—陶瓷衬板

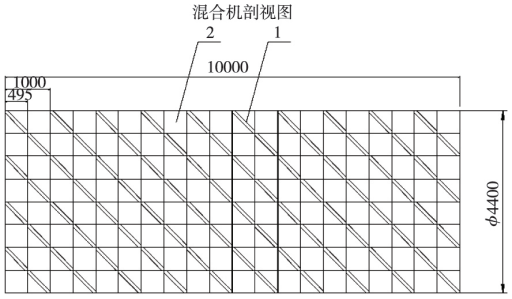


图 3　二混圆筒改造原理图

1—提升条; 2—陶瓷衬板

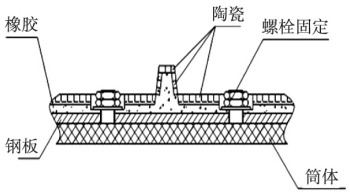


图 4 衬板与筒体固结形式

改造前后圆筒混合机内部物料的粘结情况及制粒效果分别如图 5 与表 2 所示。由图 5 可知，改造后，较好地解决了圆筒混合机衬板提升条的粘料问题。由表 2 可知，改造后，混合料 3 ~ 5 mm 和 5 ~ 6.3 mm 粒级含量有较大幅度的提升，尤其是 <3 mm 粒级含量下降了 3.98%，圆筒混合机的制粒效果得到了改善。此外，据统计：普通橡胶衬板的使用寿命为 12 个月，复合衬板（橡胶 + 耐磨陶瓷片）理论寿命为 36 个月，目前使用了约 10 个月，未见磨损或脱落的情况。

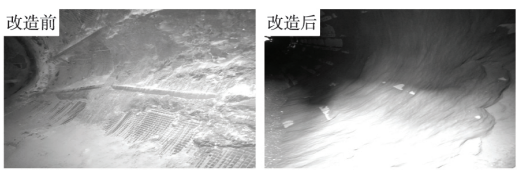


图 5　改造前后圆筒混合机内部物料的粘结情况

表 2　改造前后圆筒混合机制粒效果比较(%)

项目	<3 mm	3 ~ 5 mm	5 ~ 6.3 mm
改造前	43.2	40.23	16.57
改造后	39.22	41.57	19.21
比较值	−3.98	1.34	2.64

由以上分析可见，此改造较好地解决了圆筒衬板提升条粘料问题，提高了其耐磨性，改善了圆筒混合机的混匀制粒效果。且这样改造最直接的好处是每次检修不用考虑清理圆筒内部粘料和修补提升条衬板脱落的问题，既降低了劳动强度，提高了安全系数，又节省了检修时间。下步准备在柳钢烧结厂的其他生产线上全面推广。

2.3　混匀料料温提升技术

柳钢烧结厂的混合料很长时间没有使用外部热源预热工艺，近年来多方面因素综合作用，使得混合料的温度越来越低，由过去的 55 ~ 60 ℃逐渐下降到 40 ~ 45 ℃，过湿层较厚，造成烧结过程的透气性下降，大烟道温度下降，负压上升，烧结料层徘徊在 680 ~ 700 mm 之间。从而导致固体燃耗高，转鼓指数较低。为了解决这一问题，混合料槽采用了蒸汽预热混合料新技术。具体措施如下：

在离料槽下部四周若干米高处（主要考虑物料的粘附情况），以一定的向下斜角（确保气管不堵）插入若干根直径相等的蒸汽管，蒸汽管内输入大烟道余热回收系统的饱和蒸汽，待泥辊漏斗到达一定料位时蒸汽以一定的压力自动喷出，将饱和蒸汽的热量充分传导至混合料中，以提高料温并补充部分水分。现场泥辊漏斗蒸汽管布置图如图 6 所示。

用蒸汽预热混合料后，烧结过程发生了一些显著而积极的改变，特别是风箱温度（见图 7）。从图中可以看出，烧结废气温度上升点（Burn Rising Point，BRP）已经提前了两个风箱，且风箱温度比改造前有不同程度的上升。

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



图6 现场泥辊漏斗蒸汽管布置图

通过此技术，能够将2#360 m² 烧结机混合料的温度由40～45 ℃稳步提升到65～70 ℃，超过了“露点”温度，消除了烧结料层的过湿现象，过程透气性改善，主管负压下降，温度上升，而且不会因为气温的降低和熔剂质量的下降受到影响。同时为提高烧结料层、降低燃料消耗发挥了积极作用。具体参数和相关结果如表3所示。

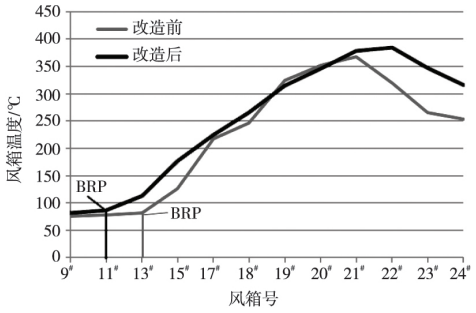


图7 改造前后风箱温度的变化曲线

表3 料温提升前后工艺参数和消耗比较

项目	大烟道温度/℃	大烟道负压/ kPa	烧结料层/mm	蒸汽消耗/ $t \cdot h^{-1}$	固体燃耗/ $kgce \cdot t^{-1}$
预热前	125～135	17.5～17.8	700	0	52.57
预热后	130～137	16.8～17.2	720	5	51.86
比较值	5～12	−0.3～1.0	20	5	0.63

2.4 铺底料粒级优化技术

柳钢2#360 m² 烧结系统一直使用6～16 mm的粒级烧结矿作为铺底料，由于筛分工艺本身的限制，铺底料中细粒级含量大，台车炉条烧损后间隙变大，铺底料未能真正起到工艺作用。其大部分进入烟道，部分夹塞在炉条中，导致炉条大部分直接裸露在高温环境中而烧损严重；同时由于通风面积明显缩小，通风点不均匀，导致烧结均匀性不一致，产量低、能耗高。为了较好地解决这一问题，柳钢烧结厂根据实际情况，采用了铺底料粒级优化技术，具体做法如下：

将原有铺底料进料皮带头部抬高2 m，对应的皮带支架，除尘管道进行相应改造；另外，在其头部增设一台孔径为10 mm，处理量为180 t/h的棒条筛，并增加相应的除尘管道；同时，将原铺底料漏斗进行分仓改造，按4∶6的比例在中间用12 mm厚钢板进行分隔，粗粒级仓占比为40%，细粒级仓占比60%，并实现溢流处理，铺底料小斗做同样的分隔处理，使铺底料下层粗颗粒厚度约为28 mm，上层细粒级占厚度约为42 mm；并增加棒条筛下铺底料仓的对应漏斗及溜槽等。

铺底料优化分级技术前后台车炉条夹塞效果及烧结矿质量和能耗指标分别如图8与表4所示。由图8可知，改造后炉条夹塞明显减少。由表4可知，改造后烧结矿的转鼓指数上升了0.38%，−0.5 mm粒度下降了0.54%，−10 mm下降了1.63%，固体燃耗（焦粉＋煤粉）综合下降了0.63 kgce/t，煤气消耗下降了0.42 m^3/t，电耗下降了3.17 kW·h/t。因此，此技术改造，有效地解决了之前铺底料存在的问题。其既能较好地保护炉条、隔热垫免受高温烧损，又能减少炉条夹塞，保证烧结通风面积，还能减少大烟道的灰量，降低能耗，提高系统生产能力。

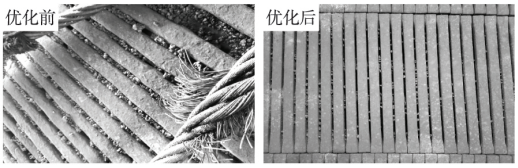


图8 铺底料优化分级技术前后台车炉条夹塞效果比对

（下转第63页）

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

4 总　结

烧结烟气净化采用的脱硫技术中湿法所占比例极高，2012 年国家颁布的《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》对 NO_x 排放有明确限制，部分地方标准更加严格。对已实施湿法脱硫设备的烧结机如何进行升级改造实现目前的环保要求是国内烧结烟气净化技术面临的一大难题，其中也蕴藏着巨大的市场商机。NO_x 源头控制是一种最佳的控制方法，采取此方法，烧结烟气排放基本能满足国家标准的要求，但此方法抑制 NO_x 生成能力有限，难以满足日益严格的环保要求，必须配以其他 NO_x 末端治理技术。如果现有湿法脱硫设施难以正常运转，建议考虑直接采用活性炭烟气净化技术，实现烧结烟气的多污染物协同治理；如果现有湿法脱硫设施还能满足脱硫要求，在燃气充足的前提下，可考虑 SCR 脱硝；对于改造项目，建议综合烟气循环和专用脱硝烟道技术，降低烟气净化系统投资及运行成本。

参考文献

[1] 关于印发《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》的通知. http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201512/t20151215_319170.htmkeywords = 全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案,2005 - 12 - 11.

[2] K Skalska, JS Miller, S Ledakowicz. Intensification of NO_x absorption process by means of ozone injection into exhaust gas stream [J]. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 2012, 61(4): 69 - 74.

[3] 张瑞. 臭氧预氧化米用钙法烟气同步脱硫脱硝的研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2014.

[4] 周茂军. 大型烧结机烟气净化工艺方案比较与分析[J]. 世界钢铁. 2014, (2): 9 - 14.

[5] F Stieler, N Magedanz, W Gerlach, et al. Process for sintering iron oxide - containing materials on a sintering machine: U. S, 5476533 [P]. 1995 - 12 - 19.

[6] 丁路. 煤粉着火阶段 NO_x 生成及影响规律的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.

[7] 吕薇. 铁矿烧结过程 NO_x 生成行为及其减排技术[D]. 长沙: 中南大学, 2014.

[8] 金永龙. 烧结过程中 NO_x 的生成机理解析[J]. 烧结球团. 2004, 20(5): 6 - 8.

[9] BL Newman, G Carta. Mass transfer in the absorption of nitrogen oxides in alkaline solutions [J]. Aiche Journal, 1988, 34(7): 1190 - 1199.

(上接第 28 页)

表 4　烧结矿质量和能耗比对

项目	转鼓指数 (>6.3 mm)/%	筛分指数 (<5 mm)/%	粒级比例/%		焦粉	煤粉	煤气耗	电耗
			<10 mm	>40 mm	/kgce·t^{-1}	/kgce·t^{-1}	/m^3·t^{-1}	/kW·h·t^{-1}
改造后	75.92	2.89	20.20	9.75	38.42	13.42	3.46	38.16
改造前	75.54	3.43	21.83	9.66	35.48	17.09	3.88	41.87
比较值	0.38	-0.54	-1.63	0.09	2.94	-3.57	-0.42.	-3.17

3 结　论

通过本次节能提效集成技术的应用，一方面较好地解决了 2$^{\#}$360 m^2 烧结机系统存在的效率低、能耗高、产品质量不够稳定等问题，收到了较好的经济效益；另一方面又能较好地保持设备的稳定性，较大幅度地降低安全风险，发挥了较好的社会效益，值得借鉴与推广。

参考文献

[1] 王梁. 烧结工序节能降耗新技术发展趋势[J]. 中国冶金, 2015, 12(25): 64 ~ 70.

[2] 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, 1996: 180 ~ 181.

[3] 何云华, 白云华. 圆筒混合机内物料运动状态研究[J]. 烧结球团, 2007, 30(2): 1 ~ 4.

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