强力混合技术在烧结球团行业的应用

周乾刚[1]，戴 波[1,2]，甘 敏[3]，刘 臣[1,2]，王雨朦[4]

(1. 中冶长天国际工程有限责任公司，湖南 长沙 410007；2. 国家烧结球团装备系统工程技术研究中心，湖南 长沙 410007；
3. 中南大学 资源加工与生物工程学院，湖南 长沙 410083；4. 山东莱钢永锋钢铁有限公司，山东 德州 251100)

摘要：烧结、球团工艺所用原料种类多、物料量大、理化性质差异大，其均匀混合对于优质烧结矿、球团矿的制备具有重要意义。本文就强力混合技术对烧结、球团颗粒混合的作用原理、强化效果以及其工业应用情况进行了重点阐述，并就生产中存在的桨叶磨损、核颗粒破碎以及熔剂消化不充分等问题提出增设原料筛分设备、预混合设备以及选择性强化混合等改进建议，以期为行业针对不同原料特点，选择强力混合－制粒工艺提供参考。

关键词：烧结；球团；强力混合；制粒

中图分类号：TF046.4；TF046.6　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000－8764(2023)01－0050－07

doi：10.13403/j.sjqt.2023.01.008

Application of intensive mixing technology in sintering and pelleting industries

ZHOU Qiangang[1]，**DAI Bo**[1,2]，**GAN Min**[3]，**LIU Chen**[1,2]，**WANG Yumeng**[4]

(1. *Zhongye Changtian International Engineering Co.，Ltd.，Changsha* 410007，*Hunan*，*China*；2. *National Engineering Research Center of Sintering and Pelletizing Equipment System*，*Changsha* 410007，*Hunan*，*China*；3. *School of Mineral Processing and Bioengineering*，*Central South University*，*Changsha* 410083，*Hunan*，*China*；
4. *Shandong Laigang Yongfeng Steel Co.，Ltd.*，*Dezhou* 251100 *Shandong*，*China*)

Abstract：The raw materials used in sintering and pelleting process have the characteristics of a variety of kinds，large amount of quantity，and quite different physical and chemical properties. Therefore，the uniform mixing of various raw materials is of great significance for the preparation of high-quality sinter and pellet. In this article，the action principle and strengthening effect of the intensive mixing technology on sintering，pelleting particle mixing，and the industrial application of the technology are elaborated. For the problems of blade wear，nuclear particle fragmentation and insufficient flux digestion in the production，suggestions for the addition of raw material screening equipment，pre-mixing equipment，and selective intensified mixing are proposed，which is expected to provide references for the sintering and pelleting industries to choose the intensive mixing-granulation technology according to the characteristics of different raw materials.

Key words：sintering；pelleting；intensive mixing；granulation

钢铁工业是国民经济的重要命脉产业之一，其发展对于实现中国经济持续稳定增长有着举足轻重的作用[1]。当前大多铁矿资源需经选矿后得到的品位高的细粒铁精矿[2]，铁精矿由于粒度细，不能直接用于高炉冶炼，需通过铁矿烧结、球团的造块方法，将粉状料制成具有较高强度的块状炉料来满足高炉冶炼的需求。烧结矿成分稳定，碱度较高，具备良好的冶炼性能，是当代高炉优质生产的重要基础；球团矿含铁品位高，强度适宜，粒度均匀且还原性好，在高炉冶炼中可有效地提高生产指标，提升经济效益[3]。

收稿日期：2021－08－03；**修回日期**：2022－03－12

基金项目：湖南省重点研发计划资助项目(2018SK2049)；湖南省科技成果转化及产业化计划资助项目(2020GK055)

作者简介：周乾刚(1985—)，男，高级工程师，从事冶金铁前科研管理工作。

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

烧结的主要工艺流程：原料准备→配料→混合→制粒→烧结→冷却→烧结矿整粒；球团的主要工艺流程：原料准备→配料→混合→造球→干燥焙烧→冷却→成品。混合作为烧结、球团工艺中共有的流程，对烧结矿与球团矿成分、性能的均匀性起到了极为重要的作用。我国钢铁企业生产用的铁矿石日渐贫、杂化，铁矿石种类增多、质量降低，国内烧结厂使用的烧结原料大多在 10 种以上，且细粒精矿在烧结中的使用进一步增大了原料混合的难度；而对于球团来说，熔剂性球团是当前球团发展的趋势之一，而熔剂性球团制备增加了细粒物料的种类，对混合也提出了更高的要求。本文就强力混匀技术对烧结、球团颗粒混合的作用原理、强化效果以及其工业应用情况进行了重点阐述，以期为行业针对不同原料特点，选择强力混合－制粒工艺提供参考。

1　强力混合的作用

强力混合机又称强力逆流混合机[4]，是一种应用逆流相对原理[5]，使物料反复分散掺合的混合设备，其混合强度高且混合时间短，能有效地提高物料的混合程度，以强化混合料的制粒效果，并改善后续的铁矿烧结、球团环节[6]。

1.1　强力混合的机理分析

颗粒的混合是一个十分复杂的过程，普遍采用模拟试验的方式对强力混合机的混合机理进行分析。其中，多采用基于离散单元法，使用 EDEM 建立强力混合机的混合模型，分析强力混合下混合料存在的运动状态，揭示强力混合的机理。根据颗粒的运动情况，将强力混合机划为桨叶影响区、湍流区以及筒壁层流区 3 个区域(图 1) 。在桨叶影响区，物料被高速旋转的桨叶冲击，在作用力下被抛射出去，而物料流不断进入桨叶影响区时，和桨叶发生逆流碰撞，同时还与抛射物料流形成强烈的对流－剪切混合；在湍流区中，物料流在搅拌桨的作用下有水平方向上的位置变换，同时物料流之间也会发生各种对流混合、剪切混合以及扩散混合；在筒壁层流区，由于下层物料对上层物流起到一定的支撑作用，而相对于筒体未发生运动，只起到运输作用。

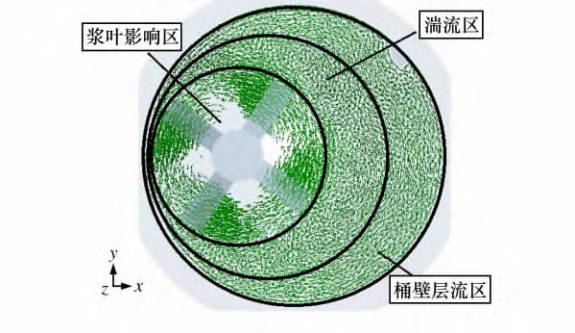
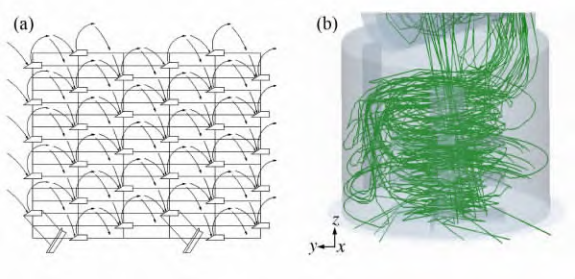


图 1　强力混合机内物料的运动分布模拟模型

Fig. 1　Simulation model of raw materials motion distribution in the intensive mixer

考虑到铁精矿颗粒体积较小，但密度较大，空气对于颗粒运动的影响可以忽略不计，同时桨叶与物料发生碰撞时，颗粒所受到的冲击力远大于与其他颗粒之间的接触力，因此对颗粒的受力只考虑桨叶的冲击作用，颗粒以转轴的切线方向做抛射运动。由于桨叶的冲击，抛射出的松散物料容易下落，但由于搅拌轴的高速运转，下落过程中物料并不能直接落至料盘，而是在搅拌桨周围随筒体做圆周运动，因此物料以一种螺旋下降的状态在筒体内运动。处于搅拌桨周围的物料，由于搅拌桨的高速旋转产生涡流，筒体则因自身的低速旋转，也形成相对较弱的涡流，由于搅拌轴和筒体的逆向运转，搅拌桨处的涡流会和筒体处的涡流发生对流混合，通过不同物料流的不断交叉混合，使物料流内成分发生变化，并趋于均匀。从图 2 模拟图可以看到，筒体壁部的物料流进行螺旋下降，



(a)　抛射运动；(b)　螺旋运动

图 2　混合机垂直面内物料的运动

Fig. 2　The movement of raw materials in the vertical plane of the intensive mixer

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

搅拌桨与物料发生碰撞产生的抛射运动形成了明显的旋涡流。

1.2 强力混合效果分析

为研究强力混合机区别于其他混合机的技术优势，进行圆筒混合机、卧式强力混合机、立式强力混合机混合的对照试验。水分在烧结、球团原料制粒过程中发挥着重要的作用，对于烧结来讲，混合制粒时，适宜的水分波动范围不能太大，应严格控制在 ±0.5% 以内。水分过大，使混合料过湿变成泥团状，不仅浪费燃料，而且导致料层透气性下降；水分过小，使混合料不能很好成球，同样恶化料层透气性。卢兴福等[7]提出通过混合物中某组分的变异系数来表征混合度，变异系数数值越小则物料的混合均匀度越高。图 3 为 3 种混合方式下用红外水分测定仪测量水分后得到的水分变异系数，立式强力混合机内水分变异系数远低于其它两种，混合程度最佳。

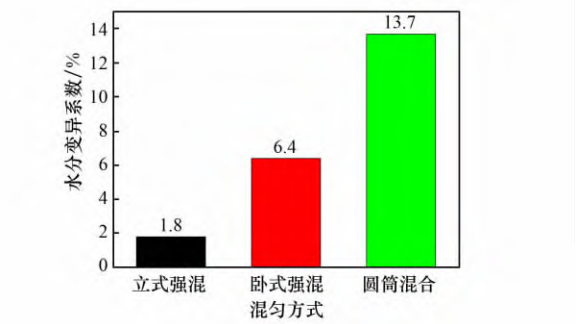


图 3 3 种混合方式下物料中水分的混合均匀度

Fig. 3 The mixing uniformity of moisture in the material under three mixing methods

1.3 强力混合对工艺指标的影响

1.3.1 制粒效果

LI 等[8]分别采用圆筒混合机与强力混合机混合制粒，并进行烧结杯实验。研究圆筒混合及强力混合条件下，制粒后混合料的粒度组成及料层透气性，结果见表 1。由表 1 可以看出：采用强力混合后，制粒小球的平均粒径从 4.6 mm 提高到 4.8 mm，尤其是大于 3 mm 粒级的占比显著增加，且集中在 3 ~ 5 mm 粒级，粒级分布得到明显改善，有利于透气性的提高。结果表明采用强力混合后，改善了烧结混合料的制粒效果。

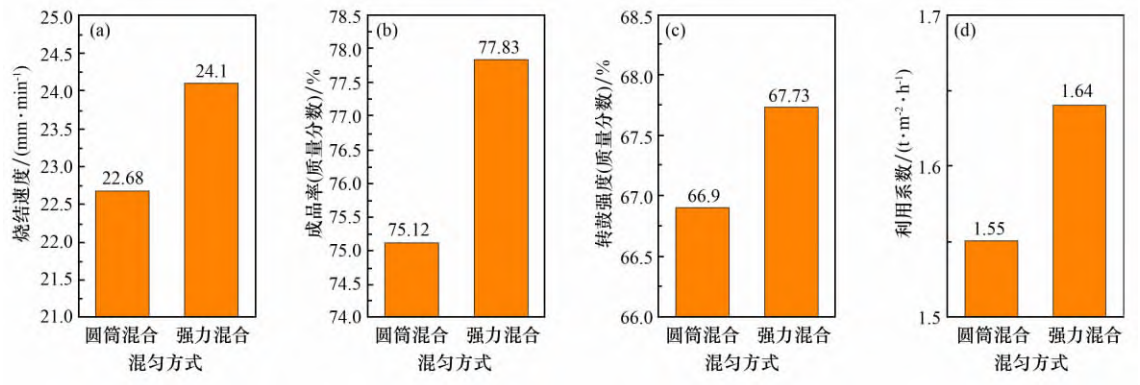
1.3.2 烧结指标

在圆筒混合及强力混合制粒条件下，研究了混合料的烧结指标，结果如图 4 所示。由图 4 可知：与圆筒混合相比，采用强力混合后烧结速度提高 1.42 mm/min，成品率提高 2.71 个百分点，转鼓强度提高 0.83 个百分点，利用系数

表 1 强力混合与圆筒混合制粒效果的比较(质量分数)

Table 1 Granulation effect comparison of intensive mixer and cylinder mixer 1 %

混匀方式	<1 mm	[1,3) mm	[3,5) mm	[5,8) mm	≥8 mm
强力混合	0.40	11.54	50.98	28.05	9.03
圆筒混合	2.26	17.08	45.03	29.08	6.55



(a) 烧结速度；(b) 成品率；(c) 转鼓强度；(d) 利用系数

图 4 强力混合与圆筒混合烧结指标的比较

Fig. 4 Sintering indexes comparison of intensive mixer and cylinder mixer

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

提高 0.09 t/(m^2·h) 。这是因为采用强力混合后制粒效果得到改善，混合料中细粒级颗粒占比减少，平均粒度增大，料层孔隙率上升，透气性提高，有助于烧结过程的燃料燃烧。同时，由于熔剂和铁矿石经强力混合后，均匀性得到提高，有利于熔剂和铁矿石之间的成矿反应，并提高了烧结矿的均匀性，使得成品率和转鼓强度都有较大程度的提高。

1.3.3　球团指标

分别将圆筒混合机和强力混合机处理的铁精矿用于造球、预热和焙烧，其结果比较如表 2 所示。由表 2 可以看出：在使用强力混合机进行混合后，球团的各项指标均有不同程度的提高，尤其是生球强度，提高的效果十分显著，主要原因是强力混合机使膨润土在物料中分散得更加均匀，颗粒与颗粒之间黏结得更加紧密，从而提高了生球的落下强度和抗压强度，预热球及焙烧球抗压强度分别提高 66、118 N/P。

表 2　强力混合机与圆筒混合机处理物料制备球团的比较

Table 2　Comparison of pellets prepared from materials treated by intensive mixer and cylinder mixer

混匀方式	生球落下强度 /［次·(0.5 m) $^{-1}$］	生球抗压强度 /(N·P^{-1})	爆裂温度 /℃	预热球抗压强度 /(N·P^{-1})	焙烧球抗压强度 /(N·P^{-1})
圆筒混合	4.2	14.5	460	436	2 467
强力混合	6.6	17.2	510	502	2 685

2　强力混合在烧结球团行业中的应用

2.1　在烧结生产上的应用

国内外很多钢铁企业为加强混合料的混合制粒效果，配置了强力混合机强化混合制粒，并取得了显著的成果。宝钢[9] 和本钢[10] 在原有的二段混合制粒的基础上引入了强力混合机，改造为强力混合－圆筒制粒－圆筒制粒流程的三段式混合制粒，强化混合，使烧结指标得到显著提高。三段式混合制粒工艺见图 5，其烧结效果的变化见表 3。

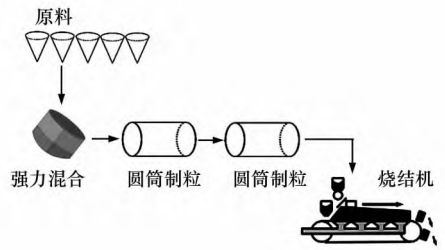


图 5　三段式混合制粒工艺

Fig. 5　Three-stage intensive mixing-granulation process

龙钢[11] 和巴西 Usiminas 钢铁厂[12] 则通过将强力混合机替换之前用作混合作业的圆筒混合机，形成两段式混合制粒工艺。由于强力混合机的混合效率高，故也省去了预混合的流程，这不仅节约了生产作业面积，同时得到了符合生产要求的混合料。两段式混合制粒工艺见图 6，其烧结效果的变化见表 3。

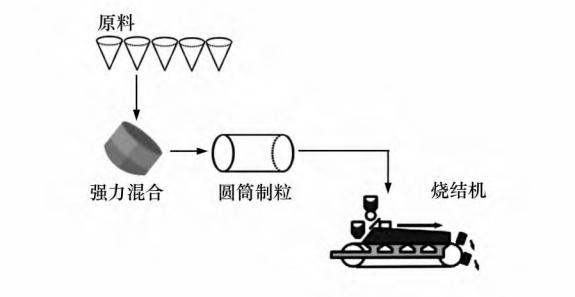


图 6　两段式混合制粒工艺

Fig. 6　Two-stage intensive mixing-granulation process

安塞乐米塔尔比利时根特厂[13] 针对圆筒混合机难以混合的细粒铁精矿，在引入强力混合机后，采用选择性强化制粒工艺，对粗粒粉矿采用圆筒混合机混合，而细粒铁精矿则采用强力混合机进行预混合，再使用圆筒混合机进行充分混合，并将两种混合矿共同加入至圆筒混合机中进行制粒。选择性强力混合－制粒工艺见图 7，其烧结效果的变化见表 3。

另外，在对含铁二次资源的处理上，鞍钢[14] 和马鞍山钢铁厂[15] 等也采用强力混合机对轧铁污泥、除尘灰以及其他固体废弃物等进行处理，将这些理化性质差异大、粒度组成不均匀的含铁废料进行强力混合，能够得到满足烧结要求的原料，并将其用于混合配矿，实现了

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

表3 强力混合机在烧结上的的应用

Table 3 Application of the intensive mixer in sintering

工艺	应用厂家	应用效果
三段混合制粒	宝钢	采用卧式强力混合－圆筒制粒－圆筒制粒的流程进行混合制粒，烧结料层透气性得到明显改善，烧结矿成品率由76.63%提高至77.92%，转鼓强度也从75.98%提升到78.36%
	本钢	采用一段立式强力混合润湿混合物料，二三段圆筒混合强化制粒，投入生产后大于3 mm粒级占比提高了20%，主抽风压降低1 000 Pa，混合料的粒度组成和透气性得到改善
强化混合制粒	龙钢	采用一段立式强力混合机强化混合，第二段仍采用圆筒混合机进行制粒，由于省去了对原料的预混合过程，有效节约了生产作业面积，使混合矿均匀度大大提高，烧结过程的料层透气性得到明显改善，烧结矿的粉化现象也有所好转
	巴西Usiminas钢铁厂	采用新型的立式强力混合机进行混合料的混合，并将原有的圆筒混合机进行改造用于制粒。投产后，混合效率提升，有效改善了烧结料的制粒效果
选择性强化制粒	安塞乐米塔尔比利时根特厂	使用立式强力混合机对细粒铁精矿进行混合和预制粒，同时粗粒粉矿由圆筒混合机进行混合，最后再由圆筒混合机对两种已被预制粒的混合料进行混合制粒，投入生产使用后，预制粒效果明显，生产情况稳定
含铁二次资源处理	鞍钢	采用强力混合机对固体废弃物进行处理，并将其用于烧结配料，降低了铁料消耗，为企业带来了较大的经济效益
	马鞍山钢铁厂	将由高炉输送来的高炉污泥经浓缩、脱水，然后与轧钢污泥、钢渣、各种除尘灰按照一定的比例进行配料，经强力混合后形成含水量7%~8%、粒度≤3 mm的原料，参与料场混合配矿，有利用于冶金废弃物的充分利用

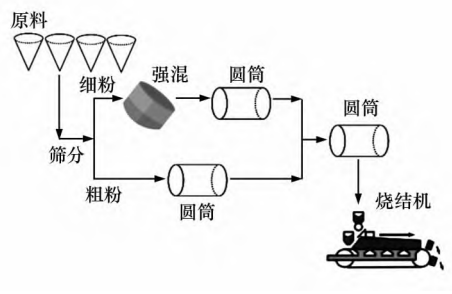


图7 选择性强力混合－制粒工艺

Fig. 7 Selective intensive mixing－granulation process

资源的二次利用。

2.2 在球团生产上的应用

在球团领域，强力混合机的应用历史较早，自上个世纪以来，强力混合机就被广泛应用于各大钢铁厂，用来改善其造球效果。本钢[10]和济钢[16]等钢铁厂早在上世纪就已经将强力混合机应用在球团生产中，在采用竖炉法生产球团矿时，自主研制了新型的强力混合机替换了老式的滚筒混合机，确保了竖炉顺行，有效提高了球团矿质量；首钢[17]和柳钢[18]在对其链算机—回转窑的混合造球系统进行改造时，引入了强力混合机进行强化混合，显著提高了设备作业率，同时改善了混合料的成球性，降低膨润土的消耗，进而也提高了球团矿的铁品位；包钢[19]在对624 m^2的带式焙烧机进行大改时，引入了德国进口的立式强力混合机，投入生产后，混合效率大大提高，在减少黏结剂配加量的同时还能进一步提高生球的落下强度，使球团矿的铁品位和机械强度都得到了保障，相关应用见表3。

3 强力混合技术展望

强力混合机具有混合效率高，混合效果优异的特点，具备改善混合制粒效果的潜力，但针对细粒铁精矿的混合制粒过程依旧存在着一些不足之处，其主要问题如下。

(1) 强力混合机搅拌强度高，颗粒与搅拌桨叶发生剧烈碰撞，易造成搅拌桨叶的磨损，降低设备作业率，同时部分在制粒过程中起核

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

表 3　强力混合机在球团上的应用

Table 3　Application of the intensive mixer in pelleting

工艺	应用厂家	应用效果
竖炉法	本钢	采用新型强力混合机后，混合效率大大提高，促进了造球，提高了生球质量及其均匀性，保证了竖炉顺行，也使球团矿成品率、转鼓强度、作业率以及总产量都得到不同程度的提升
	济钢	在 8 m^2 竖炉球团工程中自主开发并研制设计了强力混合机，通过工业试验以及技术的不断改进，在强力混合机投入生产后效果显著，降低了膨润土用量 1.61%，球团矿成品率提高 3.11%，铁品位提高 1.00%。
链算机—回转窑法	首钢	采用强力混合机代替圆筒混合机进行混合，混合效率由 91.01% 提高到 98.88%，改善了混合料的成球性，也降低了膨润土的消耗，同时提高了球团矿的铁品位
	柳钢	在将旧式混合机更换为陶瓷料耙的强力混合机后，强力混合机的设备作业率由原来的 50% 提高到目前的 90%，减少了维修工作量和岗位工人的劳动强度，为厂区带来了较大的经济效益
带式焙烧机	包钢	采用进口的立式强力混合机，使混合效率提高至 98% 以上，同时在保证生球落下强度的同时还减少了黏结剂的配加量，有效提高了球团矿的品位，降低了高炉能耗

颗粒作用的粗颗粒被破碎成微细颗粒，对制粒效果有不利影响。

(2) 强力混合机的混合效率高，混合时间较短，熔剂在混合过程中难以充分消化，以至于在后续的制粒环节会继续发生消化，从而降低制粒小球的强度，恶化制粒效果。

随着设备技术的不断革新，强力混合机也将针对上述问题进行改进，例如增设原料筛分设备与预混合设备，将筛分出的粗颗粒采用圆筒混合机混合，细颗粒则采用强力混合机强化混合，防止桨叶磨损和核颗粒的破碎，同时，预混合设备能够使熔剂充分消化，改善制粒效果。

4　结　论

强力混合技术能够有效地改善物料的混合制粒效果，提升烧结、球团工艺的各项指标，对企业的降本增效具有积极的意义，钢铁企业可根据物料本身的特点，选择适宜的强力混合制粒工艺，以保证产品的优质高产，为企业带来更大的经济效益。

参考文献:

[1] 王剑. 预制粒强化细粒铁精矿烧结的技术研究[D]. 长沙: 中南大学,2014.
WANG Jian. Improving sintering performance of fine iron ore concentrate by pre-granulation technology [D]. Changsha: Central South University,2014.

[2] 李思导. 细磨铁精矿烧结混合料制粒的研究[J]. 烧结球团,1988,13(6):7－12.
LI Sidao. Study on granulation of sintered mixture of fine grinding iron concentrate[J]. Sintering and Pelletizing,1988,13(6):7－12.

[3] 李蒙,任伟,陈三凤. 国内外球团矿生产现状和展望[J]. 中国冶金,2004(11):3－5.
LI Meng, REN Wei, CHEN Sanfeng. Present situation and prospect of pellet production at home and abroad[J]. China Metallurgy,2004(11):3－5.

[4] 董春亮. 粉体混合原理与混合设备发展概况的浅析[J]. 医药工程设计,1988(6):36－40.
DONG Chunliang. Brief analysis on the principle of powder mixing and development of mixing equipment[J]. Pharmaceutical Engineering Design,1988(6):36－40.

[5] 鹿民. 强力逆流式混合机资料简介[J]. 炭素技术,1984(6):12－13.
LU Min. A brief introduction to the data of strong countercurrent mixer[J]. Carbon Technology,1984(6):12－13.

[6] HARA Masaki, KAWAGUCHI Takazo, MATSUMURA Masaru, et al. Analysis of raw material flow with axial direction in continuous drum mixer for sintering process[C]//The Proceedings of 13th China-Japan Symposium on Science and Technology of Iron and Steel. Beijing: Society for Metals, 2013:57－67.

[7] 卢兴福,付森,刘克俭,等. 立式强力混合机混合过程仿真及工业实验研究[J]. 烧结球团,2017,42(3):59－63.
LU Xingfu, FU Sen, LIU Kejian, et al. Numerical simulation and industrial experiment for vertical intensive mixer[J]. Sintering and Pelletizing,2017,42(3):59－63.

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

[8] HSIEH Liheng. Effect of iron ore concentrate on sintering properties [J]. ISIJ International, 2017, 57(11): 1937 – 1946.

[9] 李洁,周志安,周茂军. 宝钢三烧结大修改造600 m^2 烧结机的设计特点及生产实践[J]. 烧结球团,2017,42(3):21 – 25.
LI Jie, ZHOU Zhian, ZHOU Maojun. Design characteristics and production practice of bao steel No. 3 sinter machine renewal [J]. Sintering and Pelletizing,2017,42(3):21 – 25.

[10] 陈有庆,赵吉祥. ∅1 600 × 3 500 强力混合机的研制及应用效果[J]. 烧结球团,1996,21(5):57 – 59.
CHEN Youqing, ZHAO Jixiang. Development and application effect of ∅1 600 × 3 500 the intensive mixer [J]. Sintering and Pelletizing,1996,21(5):57 – 59.

[11] 薛晓茹,董怀涛. 龙钢烧结的技术进步与发展[J]. 甘肃冶金,2008(3):5 – 7.
XUE Xiaoru, DONG Huaitao. Technical progress and development of sintering in longgang [J]. Gansu Metallurgy, 2008(3):5 – 7.

[12] 刘文权. 强力混合机在烧结中的应用和创新[C]//第九届中国钢铁年会论文集. 北京: 冶金工业出版社,2013:299 – 302.
LIU Wenquan. Application and innovation of sintering intensive mixing and granulation [C]//Proceedings of the 9th China Iron and Steel Annual Conference. Beijing: Metallrugical Industry Press,2013:299 – 302.

[13] 刘文权. 强力混合机在烧结机上的应用与实践[N]. 世界金属导报,2013 – 11 – 12(B02).
LIU Wenquan. Application and practice of power mixer in sintering machine [N]. World Metals,2013 – 11 – 12(B02).

[14] 孙俊波,张晓雷,江治飞,等. 鞍钢鲅鱼圈固体废弃物的综合利用[J]. 鞍钢技术,2012(5):59 – 62.
SUN Junbo, ZHANG Xiaolei, JIANG Zhifei, et al. Comprehensive utilization of solid waste in bayuquan steel works of angang [J]. Angang Technology,2012(5):59 – 62.

[15] 王丽彦. 强力混合机在高炉污泥处理系统中的应用[J]. 安徽冶金,2008(1):29 – 32.
WANG Liyan. Application of powerful mixer in sludge treatment system of blast furnace [J]. Anhui Metallurgy,2008(1):29 – 32.

[16] 董宝利. 竖炉球团混合料强力混合机研制及应用[J]. 山东冶金,1999(S1):58 – 60.
DONG Baoli. Development and application of forcing mixer used in shaft furnace pellet mixture [J]. Shandong Metallurgy, 1999(S1):58 – 60.

[17] 陈庆恒. 工艺进步是球团生产升级的关键[J]. 烧结球团,2001,26(3):3 – 5.
CHEN Qingheng. Technical innovation is the key of pelletizing plant successful modification [J]. Sintering and Pelletizing, 2001,26(3):3 – 5.

[18] 唐建波. 柳钢120万吨/年球团生产线卧式强力混合机设备作业率攻关[J]. 烧结球团,2012,37(6):57 – 59.
TANG Jianbo. Brainstorming equipment availability of horizontal intensive mixer for liusteel 1.2 million t/a pellet production line [J]. Sintering and Pelletizing,2012,37(6):57 – 59.

[19] 智谦,韩志国,易毅辉,等. 包钢624 m^2 大型带式球团焙烧机设计创新与应用[J]. 中国冶金,2017,27(4):61 – 66.
ZHI Qian, HAN Zhiguo, YI Yihui, et al. Design innovation and application of 624 m^2 large-scale travelling grate machine at baogang [J]. China Metallurgy,2017,27(4):61 – 66.

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