

浅谈链篦机—回转窑法在我国球团矿生产中的应用

刘红卫

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司 辽宁 沈阳 110066

摘要: 本文简述了国内外球团矿生产的发展方向,总结出链篦机—回转窑法是球团矿生产发展的趋势,根据我国自身矿产资源情况以及三种球团矿生产工艺的分析对比,得出我国高炉炼铁以球团矿为主实现低成本、低燃料应该是正确又合理的方向。

关键词: 球团矿;链篦机—回转窑;生产工艺;高炉

1 前言

我国高炉炼铁生产原料主要以烧结矿和球团矿为主,其产品质量对后续的炼铁和炼钢生产具有重要影响。随着钢铁工业的快速发展,我国优质铁矿资源供不应求的矛盾日益突出,自2000年以来,我国进口铁矿量逐年增加,随着进口量的剧增,进口矿的价格也在持续上涨,导致全行业经济效益下滑,因此我国钢铁企业不得不利用各种各样的非传统和低品位含铁资源。在采用了品种繁杂、品质不断下降的含铁原料进行高炉炼铁,势必会产生大量污染物的排放,仅钢铁生产企业的第一环节烧结球团工序所排放的 SO_2 就占企业总排放量的70%以上。因此这就要求我国的烧结球团矿生产不仅要优质、高效,而且必须清洁^[1]。

在原料品质下降的不利条件下,选矿后的精矿粒度很细,而精矿粉用于烧结时料层透气性很差,影响烧结矿的产量和质量。而原料粒度越细越有利于造球,正好适合球团矿的生产。因此我国高炉炉料有以球团矿替代烧结矿的趋势。

2 国外球团矿生产的发展方向

目前国外生产铁矿球团的主要手段之一就是使用链篦机等设备。在20世纪40年代,国外球团矿才开始生产,现在公认的世界第一个球团厂(竖炉球团厂)是在瑞典诞生的,并在50、60年代得到较大发展。随后,美国与加拿大的冶金工作者又研究采用生产水泥的链篦机—回转窑设备生产球团矿的可行性,并于1960年在美国亨博尔特建成世界第一座处理铁精矿的链篦机—回转窑球团厂,最终使这一移植设备获得成功,年产球团矿33万吨。此后五十年内在工艺、设备技术、自动化、产品质量、工厂作业率、劳动生产率和环境保护等方面都十分成熟,达到了很高的水平。国外球团矿含铁品位大多数高于66%,有的高达67%~68%。抗压强度巴西CVRD达3939N/球、加拿大ISO达2891N/球、瑞典LKAB

达2500N/球;转鼓指数巴西CVRD达97%、加拿大ISO达95%、瑞典LKAB达95%。

竖炉球团法是国外用来焙烧铁矿球团最早的设备,具有工艺简单、对设备材质无特殊要求、建设投资小等特点得到较快发展。随着高炉大型化的发展,对球团矿的质量要求更高、需求不断增加,球团生产开始走向优质化、大型化的发展。由于竖炉法存在自身对原料要求高,成品质量不均匀、单台设备生产能力小、生球爆裂温度要求高等缺点,已无法优质化、大型化发展。自20世纪70年代以后,国外就再没有建造了^[2]。

带式焙烧机法全部工艺是在同一台设备上完成的。该机具有设备简单、适合各种原料、单机生产能力大等特点。但由于作业温度高且温度波动大,对设备材质要求过高,因而使得链篦机—回转窑得到了极大的发展。因为链篦机—回转窑工艺中的干燥、预热、焙烧和冷却是在不同设备中完成的,由于链篦机和回转窑内部均采用耐火砖或耐火水泥浇筑,从而降低设备对材质的高要求,并且各阶段温度都能单独控制,操作灵活性强。当带式焙烧机在台车上铺上底料和边料,并采用镍铬合金钢材质后,才获得较大发展。

3 国内球团矿生产的发展方向

1955年中南矿业学院、北京钢铁学院等单位就已经开始了铁精矿球团法的试验研究,直到1958年国家组织有关单位进行工业试验,并于1959年在鞍钢和本钢建成隧道窑焙烧装置进行球团矿生产。1968年由济南钢铁公司自主设计并建成了我国第一座球团竖炉。70年代后期,南京钢铁厂引进一套处理硫酸渣的链篦机—回转窑球团设备。

我国链篦机—回转窑生产氧化球团矿工艺起步比较晚。1976年12月,我国第一套工业规模的沈阳立新铁矿链篦机—回转窑氧化球团设备(9万t/a)通过了技术鉴定,随后成都钢铁厂的链篦机—回转窑也建成投

产。1982年规模最大的链篦机—回转窑（链篦机型号YQL2.4×28.96m，回转窑φ3.5×30m）建在承德钢铁厂，原设计为生产钠化球团矿，后根据生产需要转为生产氧化球团矿，经过攻关改造，球团矿的质量可满足高炉冶炼要求，生产情况良好，这为在我国发展链篦机—回转窑球团提供了可借鉴的经验^[3]。

进入21世纪后，我国球团矿的生产得到了快速发展。2000年首钢矿业公司120万t/a链篦机—回转窑生产线改造成功，为我国链篦机—回转窑球团法的发展提供了示范作用。

作为球团生产的一种主要方法，链篦机—回转窑法因为具有能耗低、污染小、品位高、强度高、产量大等优点，在我国得到了迅速发展，并受到各大钢厂的青睐。目前全国共建成120万t/a及以上能力的链篦机—回转窑共100台套之多，120万t/a以下能力的已经无法统计，其中500万t/a能力已经在武钢鄂州和宝钢湛江建成并投产。

我国是钢铁大国，钢铁生产是能源消耗和污染物排放集中的行业，钢铁生产能耗高和污染物排放量大的问题也随之凸显出来，因此使用链篦机可以将污染物排放量减少55%以上。链篦机这种高技术，高安全性能，高价位的产品，生产厂家一般是通过订单生产，交付时间双方协商决定。

4 链篦机—回转窑法在我国球团矿生产中的应用

据现有钢铁生产规模估计，我国每年需消耗各类含铁原料约10亿吨，这些原料大部分都得需要经过烧结或球团加工后才能生产，因此就需要通过设备大型化来增大球团产量。我国自主设计国内最大的链篦机—回转窑球团线年产量为500万t/a，从国内机械加工及制造能力分析，除强力混合机和回转窑的主驱动马达采用进口外，其余主体设备如：链篦机链节和链篦床的精密铸造、回转窑大齿圈的分段式铸造和精密加工均能自主生产，并且制造成本明显低于国外。

2012年我国球团矿产量约为2.4亿吨，产品质量好能耗低的链篦机—回转窑工艺生产线产量达到1.5亿~1.6亿吨，约占我国球团矿产能64%。我国大多数企业的球团矿含铁品位在63.5%左右，其主要原因是，我国铁矿石含铁品位低、含多组分、难选，造成铁精矿的品位低。我国选矿技术水平已达到国际先进水平，可以将赤铁矿选到品位68%以上，但一些企业因选矿成本、金属收得率等问题，配加低价劣质矿和高炉除尘灰等，不生产高品位的铁精矿粉（成本约差20元/t），造成高炉效能下降，有害元素含量增加、接圈、结块严重。所以，链篦机在我国

发展的前景很好^[4]。

由于我国铁矿原料供应稳定性差，复杂多变，因此采取链篦机—回转窑工艺更为合适。目前我国球团矿的热源主要依靠煤，高热值的燃气和燃油供应十分困难，势必影响到球团矿的生产成本，如果燃料采用煤具有较大的优势，而这正好适合采用链篦机—回转窑工艺。

链篦机—回转窑法是通过造球机制好的生球，由筛分布料机筛选，将合格的（φ8~φ16mm）生球均匀分布在链篦机尾部的布料区上。随着链篦床的运行，料球依次经过抽风干燥Ⅰ段、抽风干燥Ⅱ段、预热Ⅰ段、预热Ⅱ段，最后经铲料板、窑尾溜槽进入到回转窑中。抽风干燥Ⅰ段（温度200~250℃）主要是脱去料球的附着水分，故温度不能一下升得很高；抽风干燥Ⅱ段（温度400~450℃）主要是脱去料球的结晶水，温度应控制在爆裂温度以下；预热Ⅰ段（温度650~750℃）和预热Ⅱ段（温度950~1050℃）主要是将料球加热。其工作原理是球团在链篦机中完成干燥、预热的过程，使料球具有一定的抗压强度，在回转窑焙烧中不致破裂损坏。本系统应用的热源主要来自回转窑尾的高温气流及环冷机、链篦机中的余热，如图1、图2、图3所示。

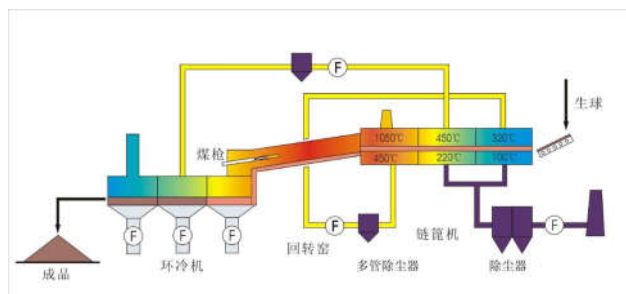


图1 链篦机—回转窑球团工艺



图2 链篦机—回转窑球团流程图



图3 链篦机—回转窑球团流程局部图

5 结论

球团矿生产的主要工艺根据球团焙烧方法有竖炉法、链篦机—回转窑法、带式焙烧机法。而这三种生产工艺中，竖炉法生产的球团质量不均匀，原料适应性差，仅限于磁铁矿，大型化困难；带式焙烧机法利用能源及运行成本昂贵、投资高等因素阻碍其发展和应用；链篦机—回转窑法设备环节多、投资大、对预热球强度要求高，但由于焙烧过程均匀、设备易于大型化、原料适宜性广等特点受到我国钢铁企业的青睐，更适合我国炼铁原料加工工业的发展，主要优点为：

①球团产品抗压强度最高，最佳可达2999N/球。

②还原度达1.05~1.44，而带式焙烧机为0.88。

③电耗低、工序能耗低，链篦机—回转窑电耗平均为29.43kW.h/t，工序能耗平均为24.45kgce/t，均低于竖炉和带式焙烧机。

④热处理时间短，仅需2小时（竖炉5小时），可用煤作燃料，这适合我们产煤大国的能源供应，可降低球团矿的生产成本。

⑤适应能力强，磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿等其他矿粉均能生产出优质酸性球团。

⑥高等级合金钢材料使用量较少，设备实现国产化，节约投资。

因此，我国高炉炼铁大力发展球团矿的生产，以球团矿为主实现低成本、低燃料应该是正确又合理的方向。

参考文献

[1]杨天均，张建良.我国高炉炼铁的方向：高效节能，环保低成本[J].炼铁，2014（6）：90-91.

[2]田本昌，杨金宝，刘福来.我国球团矿技术发展面临的问题及对策[C].《2010全国炼铁生产技术会议暨炼铁学术年会文集》上册（315）.

[3]姜涛.烧结球团生产技术手册[M].北京：冶金工业出版社，2014（5）：58.

[4]中国市场调查研究中心.中国链篦机市场发展研究报告[C].，2020（Z1）：200-201.