

150 t Fuchs 竖式电弧炉的炉料配比对生产效率和产品质量的影响

邹安华^{1,2} 王新华¹

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院,北京 100083; 2 广州珠江钢铁有限责任公司,广州 510730)

摘要 研究了珠钢 150 t Fuchs 竖式电弧炉的各种钢铁料及布料方式对电耗、冶炼周期和冶金质量的影响。结果表明,配料时必须参照生铁、海绵铁最大加入量、上下工序产能匹配、产品中残余元素的控制、冶炼指标等要求,在质量、成本、效率等方面寻求一合理的平衡点。为加速熔化,在第一篮料的下部适当多装一些生铁和/或较优质的废钢;在最后一篮料的上部装一些质量较好的废钢,下压轻薄废钢避免结团挂料,上部不可装入过多生铁,避免化清后碳太高而导致冶炼时间延长。

关键词 竖式电弧炉 炉料 配料 布料

Effect of Charge Mixture Matching on Productivity of 150 t Fuchs Shaft Furnace and Quality of Products

Zou Anhua^{1,2} and Wang Xinhua¹

(1 Metallurgical and Ecological Engineering School, University of Science and Technology, Beijing 100083; 2 Guangzhou Zhujiang Iron and Steel Co Ltd, Guangzhou 510730)

Abstract The effect of grade of iron and steel scrap and charge matching mode on electric power consumption, tap to tap time and metallurgical quality of an 150 t Fuchs shaft furnace at Zhusteel. Results show that the requirements of max adding amount of pig iron and sponge iron, match of capacity of up and down procedure, control of residual elements in products and steelmaking indexes must be consulted in mixture charging process to get a reasonable balance in terms of quality, cost and efficiency. To speed scrap melting, it is available to add more pig iron and / or quality scrap at bottom of first basket, and charge a number of quality scrap at top of final basket above light and thin scrap to avoid the scrap knot while the overburden of pig iron is not available at top to avoid over carbon content in liquid led to prolonging tap to tap time.

Material Index Fuchs Shaft Furnace, Raw Material for Steelmaking, Mixture, Charging Matching

电弧炉炼钢用钢铁料主要为废钢、生铁或铁水、直接还原铁等^[1-3]。各种钢铁料物理与化学特性的不同、配料与炉内布料的不同对冶炼电耗、冶炼周期等指标以及钢水中残余元素含量产生不同的影响,从而影响到生产成本、效率与产品质量。

因此,有必要根据各钢铁料的特点,找出其对电弧炉冶炼的影响规律,进一步改进配料与布料,降低生产成本,提高生产效率,保证产品质量。

1 废钢质量

废钢除极少一部分来自本厂生产出现的铸余与废品外,大部分来自从市场上收购的废钢,种类繁多,料型较杂。废钢尺寸、单重必须与电弧炉炉型、炉体尺寸相适宜,对于竖式电弧炉必须与竖井尺寸相适宜。珠钢竖式电弧炉的竖井尺寸为:高8 350 mm、宽2 430 mm、长7 120 mm,从生产实践中总结出的适合珠钢的废钢标准见表 1。

由于废钢资源紧缺且价格高企,难于走精料路线,但通过采取一定措施,仍能达到降低生产成本、

表 1 珠钢 150 t Fuchs 竖式电弧炉废钢标准

Table 1 Scrap standard for 150t Fuchs shaft furnace at Zhusteel

钢铁料	标准要求
一级废钢	厚度≥6 mm、长≤600 mm、宽≤400 mm 板,长度≤800 mm 条钢、型钢、结构钢,单件重≤150 kg;堆比重≥0.7 t/m ³ 。
二级废钢	厚度≥3 mm、长≤800mm、宽≤500 mm 板,长度≤800 mm 条钢、型钢、结构钢,单件重≤150 kg;堆比重≥0.6 t/m ³ 。
三级废钢	厚度≥1.5 mm、长≤800 mm、宽≤500 mm 板,长度≤800 mm 条钢、型钢、结构钢,单件重≤150 kg;堆比重≥0.5 t/m ³ 。
四级废钢	厚度≥1.0 mm 的轻薄料、小型废钢件,单件重≤150 kg;堆比重≥0.5 t/m ³ 。
破碎料	根据料型和锈蚀的程度,参照一级或二级废钢判定;根据含铜量分类堆放。
冲片、边角料	厚度≥1.0 mm 的冲片、热或冷轧板边角料,为一级废钢。
打包料	长≤500 mm×宽≤300 mm×厚≤200 mm,单件重≤300 kg,无泥沙和砖块。

控制好钢中残余元素的目的。优化利用钢铁料主要有以下措施:

(1)分类堆放:①料型差别大的废钢一定要分

类堆放,特别是残余元素含量相差较大的废钢更要分类堆放,以利于配料时控制钢中残余元素含量,达到产品标准要求;②料型特别好的废钢必须分类堆放,以利于搭配使用,电弧炉冶炼过程顺利进行。

(2)加强分拣:①过长过大的废钢在冶炼过程中易“搭桥”,造成塌料砸断电极,严重时甚至会砸穿电弧炉水冷板,分拣出超长与大型废钢,经切割加工后再用;②分拣出废钢中的电机、电器零部件、电路板等高含铜件;③分拣出橡胶与塑料制品,从源头降低钢水中的硫、磷含量,从而降低冶炼成本。

(3)严格要求废钢供应商不可在废钢中掺杂泥沙与矿粉,以提高钢水的收得率与降低冶炼电耗。

除按表 1 要求进行分类外,还要求按残余元素特别是铜含量的高低进行分类堆放。

2 钢铁料收得率

配料时须参照钢铁料的收得率,各种钢铁料的收得率详见表 2。

表 2 各种钢铁料的收得率

Table 2 Yield of each grade of raw material for steelmaking

钢铁料	收得率/%	备注
生铁	93	
拆船废钢	90~93	
HBI	81~85	BHP 与马来西亚供应
一、二级废钢	88~90	视杂质含量而异
三、四级废钢	86~88	视杂质含量而异
香港废钢	87~90	不同时期差别明显
破碎料	85	铁锈多
钢粒	60	从转炉渣中分离而得,分离不彻底、含渣多

3 钢铁料的冶炼特点

3.1 各钢铁料对冶炼电耗与冶炼周期的影响

实践得出,在保证正常冶炼顺利进行的前提下,珠钢 150 t Fuchs 不带手指的竖式电弧炉(表 3)在冶炼耐候钢、汽车用钢、焊管用带钢时,如减少 1 t 废钢,在保证收得同样多的钢水前提下而增加另一种钢铁料取代 1 t 废钢时对冶炼电耗和周期的影响为:

(1)增加生铁,可降低电耗 0.36 MWh、缩短冶炼时间 0.24 min。(2)增加海绵铁,导致增加电耗 0.23 MWh、延长冶炼时间 0.15 min。(3)增加破碎料,导致增加电耗 0.66 MWh、延长冶炼时间 0.44 min。(4)增加钢粒,导致增加电耗 1.14 MWh、延长冶炼时间 0.76 min。(5)增加铸余废钢,导致增加电耗 1.42 MWh、延长冶炼时间 0.95 min。

炉型、吨位、吹氧能力不同以及废钢质量不同,上述数据也不同,但各钢铁料对冶炼指标的影响程

表 3 竖式电弧炉主要技术参数

Table 3 Main technical parameters of Fuchs shaft furnace

项目	参数
熔炼周期/min	58
日平均炉数	24
平均容量/t	150
炉料组成(生铁、废钢、DRI 等)	生铁 40~60 t,废钢 128~100 t,目前未用 DRI 或 HBI
变压器容量/MVA	120
电极直径/mm	610
电耗/(kWh·t ⁻¹)	330
电极消耗/(kg·t ⁻¹)	1.3
氧耗/(m ³ ·t ⁻¹)	48
燃气耗/(m ³ ·t ⁻¹)	0.7(LPG)
产量/(万 t·a ⁻¹)	110
投产年份	1999

注:炉型为 AC,高阻抗,Shaft,RBT(Round Bottom Tapping)。

度的规律是一致的。

3.2 布料模式对冶炼电耗与冶炼周期的影响

竖式电弧炉典型的布料模式见表 4。

表 4 钢铁料在料篮中的布料模式

Table 4 Matching mode of raw materials for steelmaking in charging basket

层数	钢铁料	第 1 篮/t		第 2 篮/t	
		模式 1	模式 2	模式 1	模式 2
5	废钢	15	15	15	-
4	生铁	15	5	5	-
3	废钢	20	20	15	30
2	生铁	18	28	12	17
1	废钢	15	15	10	10
合计		83	83	57	57

由表 4 可知,模式 2 比模式 1:在第 1 篮的第 2 层增加 10 t 生铁,达到 28 t,相应在第 4 层减少 10 t 生铁,减到 5 t;把第 2 篮第 2 层的 12 t 生铁与第 4 层的 5 t 生铁全部装在第 2 层,共 17 t。其生产结果为:

(1)因生铁堆比重大、熔点低,生铁较多地装在第 1 篮的下部,熔化、脱碳、扩大熔池快,从而加速冶炼,降低电耗 13 kWh/t,缩短冶炼周期 1.33 min/炉。(2)第 2 篮第 4 层的生铁装在第 2 层,可避免化清后有时碳高而导致冶炼时间延长。

在其他生产实践中得出以下结论:(1)泡沫渣状态良好时,加大海绵铁的加入量不会明显导致冶炼时间增长、电耗上升。(2)增加破碎料、钢粒、铸余废钢这几种钢铁料的使用均将导致电耗高、冶炼时间长。在实际生产中,破碎料易粘结在炉壁上、挂料严重,导致电耗高、冶炼时间长;由于钢粒含渣多,导致电耗高、冶炼时间长;铸余废钢块度大、熔化时间长,导致电耗高、冶炼时间长。

4 配料要点

各种钢铁料的配比及其在料篮中的分布情况对冶炼周期、电耗以及产品中残余元素含量等影响较大,遵循一定的配料与布料规律,可达到提高效率、降低成本与控制产品质量的目的。

4.1 残余元素的控制

在实际生产中,最主要的残余元素是铜,在此对残余元素的控制讨论中以铜为例,各种钢铁料中的铜含量详见表5。

表5 各种钢铁料中的铜含量

Table 5 Copper content in each raw material for steelmaking

钢铁料	铜含量 / %
国内1~3级废钢	≤0.30
国内拆船废钢	≤0.20
国内冲片	≤0.03
美国与俄罗斯一级废钢	≤0.20
其他国外废钢	≤0.40
生铁	0.010~0.030
海绵铁	≤0.007
破碎料	≤0.30
钢粒	≤0.10

在生产中按以下两点可较准确地控制残余元素含量:(1)根据产品标准确定控制目标,针对废钢资源按表5中数据可确定废钢与生铁+海绵铁的比例。(2)相比废钢而言,生铁中的残余元素低、海绵铁中的残余元素更低,可视为无,那么,在生产过程中根据产品中残余元素的含量,可反推出当时所用废钢中残余元素的含量,并以此对配料比例加以调整,达到准确控制残余元素含量的目的。

4.2 配料

(1)根据氧枪脱碳能力,以及生铁配入过多时冶炼是否顺行,确定生铁的最大加入量。(2)根据海绵铁连续加料能力和料篮中的加入能力,以及加入过多时冶炼是否顺行,确定海绵铁的最大加入量。(3)根据电弧炉与连铸产能衔接的要求,确定不短于连铸浇一包钢水时间的电弧炉冶炼周期。(4)根据产品标准对残余元素的控制要求,以及废钢含铜状况,确定生铁与海绵铁总量的最小加入量。(5)根据冶炼电耗、冶炼周期目标,确定可供选择的废钢。

上述(1)、(2)点中生铁与海绵铁的最大加入量因炉型、变压器容量、吹氧能力已定,一般是不变的。因其一具体的钢种,在一定时期内其连铸浇一炉钢的时间也是不变的,(3)点中电弧炉最短冶炼周期

也是确定的,因此,在满足上述(1)~(3)点的前提下,配料的关键是上述(4)、(5)点,要根据当时的废钢资源情况,确定购买使用哪类废钢及其加入量,并确定生铁与海绵铁的加入量,起到既控制了残余元素又达到适中的成本消耗和冶炼周期的作用,达到既不影响生产效率又可降低成本的目的。

4.3 布料

各种钢铁料在料篮中的各层分布,要求满足以下规律:(1)在第1篮料除了垫底料外,紧接着应装生铁或较优质的废钢,有利于熔炼初期时加速熔化,迅速扩大熔池,浸没其他废钢,起到降低电耗、缩短冶炼周期的效果。(2)在最后一篮料的上部装料型较好的废钢,起到下压其他废钢尤其是轻薄料与破碎料的效果,减低其挂料的几率。(3)生铁尽量不装或少装在最后一篮料的上部,避免化清后因碳太高而导致冶炼时间延长。

5 结论

(1)通过对废钢实施分类堆放、加强分拣、减少泥沙等措施,可降低电耗,缩短冶炼周期,提高钢水收得率,降低或控制钢中的残余元素。

(2)各种钢铁料降低电耗与缩短冶炼周期的能力由大到小排序为:生铁>废钢>海绵铁>破碎料>钢粒>铸余废钢。

(3)配料时必须参照生铁的最大加入量、海绵铁的最大加入量、上下工序产能的匹配、产品中残余元素的控制、冶炼指标等要求,在质量、成本、效率等方面寻求一合理的平衡点。

(4)为加速熔化,布料时必须第1篮料的下部适当多装一些生铁或堆比重大的优质废钢;在最后一篮料中的上部装一些质量较好的废钢,下压废钢、下压轻薄废钢避免结团挂料,上部不可装入过多生铁,避免化清后碳太高而导致冶炼时间延长。

参考文献

- 1 史美伦,徐迎铁,刘阳春,等.现代炼钢流程冶炼工序的炉料结构研究.炼钢,2007,23(4):39
- 2 徐迎铁,王新江,傅杰,等.现代电弧炉冶炼能量结构模型.钢铁,2005,40(4):35
- 3 汪学瑶.电弧炉用钢铁炉料的发展动态.特殊钢,1997,18(1):1

邹安华(1963-),男,博士生,炼钢工艺研究和产品质量控制与管理。

收稿日期:2009-10-21