

20 t/h 热风除尘冲天炉熔炼工艺的优化

马顺龙, 石 营

(一汽铸造有限公司 铸造研究所, 吉林 长春 130062)

摘要: 介绍了熔炼灰铸铁采用的 20 t/h 热风冲天炉的主要结构, 对采用 3 种不同产地的焦炭熔炼时的最佳底焦量、层焦量, 以及供风制度、热风温度等工艺参数进行了选择和优化, 最后确定为: 0 号焦炭最佳底焦高度为 1 500 mm, 层焦量为 15%~16%; #1 号、#2 号焦炭最佳底焦高度为 1 400 mm, 层焦量为 12%~13%, 最佳供风量为 260~270 m³/min; 热风温度为 450~550 ℃。20 t/h 热风冲天炉铁液出炉温度高 (高于 1 500 ℃), 化学成分稳定, 且炉渣中 w(FeO) 少, 渗 C 率高, Si、Mn、Cr 的烧损率低, 适合于大批量连续生产。

关键词: 热风冲天炉; 结构; 工艺参数

中图分类号: TG232.1 文献标识码: A 文章编号: 1003-8345(2008)03-0078-04

Melting Process Optimizing of 20 t/h Hot-Blast and Dust-Removing Cupola

MA Shun-long, SHI Yin

(Foundry Research Institute, FAW Foundry Co. Ltd., Changchun 130062, China)

Abstract: The key construction of a 20 t/h hot-blast cupola used for iron melting was introduced. The melting process parameters such as coke bed height, coke split ratio, blasting rate, blast temperature, metal charge ratio and so on were selected and optimized based on using cokes from three providers respectively. It was determined at last that when using #0 coke, the optimum coke bed height was of 1 500 mm, optimum coke split ratio was of 15%~16%; when using #1 and #2 coke, the optimum coke bed height was of 1 400 mm, optimum coke split ratio was of 12%~13%; the optimum blast rate was of 260~270 m³/min, optimum blast temperature was of 450~550 ℃. By adopting above parameters, the cupola exhibited excellent effects: high tapping temperature (higher than 1 500 ℃), low FeO content of slag, high carbon pick up rate, and low loss rate of Si, Mn, Cr, so it is very suitable for mass continuous production.

Key words: hot-blast cupola; construction; process parameters

笔者公司根据日本引进技术, 自行设计、自行制造的具有国际先进水平的 20 t/h 热风除尘冲天炉, 自投入熔炼灰铸铁生产以来, 体现出了焦耗低, 出炉温度高(高于 1 500 ℃), 操作方便, 适合大批量连续化生产等特点。同时解决了长期困扰铸造界的冲天炉污染问题, 达到节能减排的目的。

在冲天炉熔炼中, 焦炭、金属炉料、配料、风量、风温等是直接决定冲天炉冶金过程和铁液质量的主要因素。在实际生产过程中, 分别进行了材料试用和工艺优化等工作。

1 20 t/h 热风冲天炉的主要结构

20 t/h 热风冲天炉主要由冲天炉炉体、燃烧室、换热器、旁通冷却器、冷却器、除尘器等组成。既能利用冲天炉引出的余热提高冲天炉供风的风温(达 450~550 ℃), 又能去除冲天炉排放出的烟气中的尘粒, 保护环境; 同时采用集散型控制系统控制、显示、管理热工参数和工艺参数, 充分发挥了该热风冲天炉的技术经济效果。

20 t/h 热风冲天炉化铁的关键部位是冲天炉炉体, 其结构具有许多特点。其主要结构特点见表 1, 主要结构参数见表 2。

2 20 t/h 热风冲天炉试用原材料条件

2.1 金属炉料

生铁为本溪生铁, 废钢为一汽集团内部废

收稿日期: 2007-12-29 修定日期: 2008-01-31

作者简介: 马顺龙 (1964.09-), 男, 汉族, 河南获嘉县人, 毕业于哈尔滨工业大学铸造专业, 高级工程师, 现任一汽铸造公司铸造研究所所长。

表1 20 t/h 热风冲天炉炉体的主要结构特点

Tab.1 Main construction features of 20 t/h hot blast cupola

部位	特点
送风系统	从高压鼓风机鼓出的空气,经换热器进行热交换,然后经放散阀进入偏心风箱。
炉衬	预热带有炉衬与熔化带无炉衬相结合,熔化带采用外水冷。
风口	采用Cu钢结合的插入式单排水冷风口。
炉体形状	倒锥形。
出铁槽	过桥式压力连续虹吸排出铁渣;设置2个出铁口交替使用。

表2 20 t/h 水冷热风冲天炉的主要结构参数

Tab.2 Main construction features of 20 t/h hot blast and water-cooled cupola

项目	参数	项目	参数
炉膛内径(风口处)	1 850 mm	风口插入深度	225 mm
风口直径及个数	140 mm×6	风口斜度	15°
冲天炉总高度	23 700 mm	有效高度与风口处炉膛内径之比	5.25%
冲天炉有效高度	9 706 mm	总风口面积与炉膛截面积之比	3.6%

钢,铁合金采用75SiFe、65MnFe、60CrFe。

2.2 非金属炉料

生产中选用山西临汾、洪洞和黑龙江七台河焦炭,3种焦炭的主要技术参数见表3。熔剂采用石灰石。

表3 3种焦炭的主要技术指标

Tab.3 Technical specifications of three sorts of cokes

焦炭种类	固定C (%)	灰分 (%)	挥发物 (%)	水分 (%)	ψS (%)	产地
0号焦炭	69	25.4	2.24	2.840	0.25	黑龙江七台河
号焦炭	84	13.7	1.31	1.142	0.50	山西临汾
号焦炭	84	11.9	2.15	2.020	0.38	山西洪洞

3 20 t/h 热风冲天炉熔炼灰铸铁工艺参数的选择及调整

选择合适的工艺参数是发挥热风冲天炉技术经济效果、生产优质铁液至关重要的工作。根据20 t/h 热风冲天炉设计者的要求,初定工艺参数见表4。

表4 20 t/h 热风冲天炉熔炼灰铸铁的设计工艺参数

Tab.4 Process parameters design of 20 t/h hot blast cupola for gray iron melting

项目	参数	项目	参数
熔化率	18~22 t/h	批料质量	1 300~1 500 kg
热风温度(风箱内)	450~550	层焦比	13%~15%
风箱风压	1.8×10 ⁴ Pa	熔剂量	1/3层焦量
风量	240~270 m ³ /min	底焦高度	(1 400±100) mm

3.1 底焦、层焦量的确定

焦炭是冲天炉熔炼的主要热源,焦炭质量及其用量直接决定着冲天炉熔炼出的铁液温度,因此,必须慎重选择底焦和层焦用量。在实际生产中,我们针对所选用的3种焦炭,以铁液出炉温度和熔化率达到最佳匹配,第一滴铁液开始下落时间及开始出铁时间为判据进行选择。确定了3种焦炭最佳的层焦量和底焦高度(见表5)。

表5 3种焦炭的最佳底焦和层焦加入量

Tab.5 Optimum bed coke weight and coke split weight

焦炭种类	底焦用量/kg	底焦高度/mm	层焦比(%)
0号焦炭	2 500	1 500	15~16
号焦炭	2 400	1 400	12~13
II号焦炭	2 400	1 400	12~13

3.2 最佳供风制度的选择

供风制度是影响冲天炉炉内焦炭燃烧的一个重要因素。为了确定合适的供风制度,采取每10 min 测温一次。每40~60 min 增大10 m³/min 的供风量,经多次调整,得出供风量与铁液出炉温度呈抛物线关系。由此选择最佳供风量为260~270 m³/min,此时送风强度为100 m³/m²·min 左右。

3.3 热风温度的选择与控制

高的热风温度是发挥热风冲天炉技术经济效果、体现热风冲天炉特点的主导因素^[1],但由于受设备等的限制,热风温度又不能选择过高,故我们控制风箱内的热风温度范围为450~550。在实际生产中,为控制热风温度稳定,采取了以下控制措施:当热风温度低时,打开燃烧室辅助热源,提高烟气温度,从而提高热风温度;当热风温度高时,可通过以下措施降温:(1)调节换热器和旁通冷却器连锁阀门;(2)开动冷却风机,向烟气管道内和燃烧室内鼓冷风;(3)开动喷雾泵,向燃烧室内喷雾。

3.4 金属炉料的配料

金属炉料原始情况及冲天炉炉内元素的增减率是影响金属炉料配料的两大因素,而冲天炉炉内元素的变化只有通过化学成分的变化间接了解,实际生产中发现:第一块试样的 ψC 比正常高0.4%;冲天炉炉内 ψC 、 ψS 量的变化规律与铁液温度的变化规律基本一致,即炉内铁液的 ψC 和 ψS 烧损与铁液温度有关。

3.4.1 炉内铁液渗 C

冲天炉炉内铁液的渗 C 主要发生在金属炉料熔化以后,直至铁液流出炉缸为止的整个底焦层内。从操作实践看,主要影响因素有 3 点:(1) 铁液在炉缸内停存时间长则渗 C 明显增加。如每次开炉的初期,铁液在炉缸内约停存 30 min,此时较正常熔化时渗 C 量增加 0.2%~0.4%。故对热风冲天炉而言,为减少冲天炉铁液成分的波动,前 5 批料,废钢加入量要增加 20%~30%。(2) 与熔炼温度有关,铁液的渗 C 率与焦炭中的 C 熔入铁液并在铁液内扩散有关。根据扩散的动力学原理可知,温度愈高,铁液原配料中 $w(C)$ 量愈低,铁液与焦炭中 C 接触面积与其体积之比愈大,铁液在焦炭表面流速愈大,则增 C 率增加。(3) 焦炭的外观质量及内在质量的影响。实际生产表明,焦炭种类及内在质量不同,渗 C 率差异很大。

3.4.2 炉内铁液 Si 的烧损

影响炉内铁液 Si 烧损的因素很多,但主要原因是铁液温度与炉气的氧化性。热风冲天炉炉内过热区集中,过热区温度高,以及炉气中氧化性较冷风冲天炉弱,故 Si 的烧损较低^[2]。

总之,在冲天炉炉内,有很多因素影响铁液中 C、Si、Mn、Cr 等元素的变化及变化规律,在金属炉料配料时,必须综合考虑。

4 熔炼结果及分析

4.1 出铁温度

冲天炉的出铁温度是考核冲天炉技术效果的重要指标。表 6 是笔者公司 20 t/h 热风冲天炉分别采用 3 种焦炭熔炼时,冲天炉出铁温度对比,由表 6 可以看出:20 t/h 热风冲天炉无论采用哪一种焦炭,其出铁温度均高于 1 500 ℃。1 号、2 号焦炭出铁温度均高于 0 号焦炭的出铁温度。这是由于 0 号焦炭固定 C 低的缘故。

在实际生产中也发现,在同样条件下,如果

表 6 采用 3 种焦炭正常熔化时的出炉铁液温度 /
Tab.6 Tapping temperature of normal melting with
three sorts of cokes /

焦炭种类	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
0 号焦炭	1 502	1 536	1 523	1 520	1 540	1 530	1 535	1 530	1 540	1 531	1 530
1 号焦炭	1 509	1 549	1 559	1 534	1 525	1 553	1 541	1 536	1 524	1 534	1 537
2 号焦炭	1 515	1 553	1 569	1 564	1 543	1 534	1 538	1 543	1 547	1 544	1 546

用冷风熔炼,铁液温度只有 1 460 ℃,而用热风熔炼铁液温度可达 1 530 ℃,即热风(450~550 ℃)可使笔者公司 20 t/h 热风冲天炉出铁温度提高 70 ℃。热风提高铁液温度主要是由于:(1) 热风提高了焦炭的理论燃烧温度;(2) 提高氧化带内的炉气温度,因为热风加快了 C 的燃烧反应,使 O₂ 很快地消耗;(3) 改善了冲天炉中心焦炭的燃烧,因风温增大了空气体积,相应提高了空气动能,使其穿透深度加大。

4.2 出炉铁液化学成分及元素增减率

4.2.1 出炉铁液的化学成分

在实际生产中,对热风冲天炉的铁液化学成分(在铁液流槽中取样)进行监控发现,除开炉后第一块试样的 $w(C)$ 、 $w(Si)$ 量较高外,其余试样的化学成分均波动较小,合格率高。这主要由于采用了有效的热风温度稳定控制措施,准确的金属炉料及非金属炉料定量设备。

4.2.2 元素增减率

元素的增减率是反映冲天炉技术经济效果的另一个重要指标,直接关系到金属炉料的配用比例及炉料成本的高低。熔炼采用的焦炭不同,C、Si、Mn、Cr 等元素的增减率会有所不同,如表 7 所示。增减率计算方法为:增减率 $a = (X_{\text{铁液平均成分}} / X_{\text{炉料成分}}) - 1$,其中 X 代表元素。

表 7 3 种焦炭相应的元素增减率

Tab.7 Elements content changing rate in melting process with three sorts of cokes

焦炭种类	ΔC	ΔSi	ΔMn	ΔCr
0 号焦炭	+80	-15	-23	-5
1 号焦炭	+67	-15	-24	-5
2 号焦炭	+83	-13	-22	-5

由表 7 可以看出,热风冲天炉铁液的渗 C 率高, Si、Mn、Cr 烧损率低、可使配料时增大价廉的废钢比例,降低 Si、Mn、Cr 的加入量,仅此一项与冷风冲天炉相比,1 t 铁液就可节约 50 元人民币。冲天炉采用炉内热风可增加铁液渗 C 率,减少 Si、Mn、Cr 的烧损,已有大量文献报导^[1,2],原因可以归纳为:(1) 热风提高了炉内铁液的温度,加快焦炭中的 C 向铁液中的溶解速度,另一方面,铁液温度的增高,抑制了 Si、Mn、Cr 的烧损反应;(2) 热风缩短了冲天炉氧化带,加长了还原带,因而也可以降低 Si、Mn、Cr 的烧损。

4.3 炉渣成分

表 8 是采用 0 号和 1 号焦炭熔炼时的炉渣分析数据。由表 8 可见,热风冲天炉的 $w(\text{FeO})$ 量为 2.2% 左右,远远低于冷风冲天炉的 $w(\text{FeO})$ 量(大约为 8%)。文献[3]报道:生产实践表明,铁液中的 $w(\text{FeO})$ 量与炉渣中的 $w(\text{FeO})$ 量是同向变化的,即渣中的 $w(\text{FeO})$ 量多则铁液中的 $w(\text{FeO})$ 量也多,反之亦然。因此,为了保证铁液质量和减少元素烧损,常对渣中 $w(\text{FeO})$ 量规定限量。采用热风冲天炉熔炼铸铁,由于炉渣中的 $w(\text{FeO})$ 量远比冷风冲天炉熔炼低,因而其铁液中的 $w(\text{FeO})$ 量也低,所以铁液质量较好。

表 8 0 号焦炭和 1 号焦炭对应的炉渣分析数据

Tab.8 Slag analysis data of melting with # 0 and # 1 coke

焦炭种类	MgO+CaO	SiO ₂	FeO	碱度
0 号焦炭	42.54	37.7	2.23	1.130
1 号焦炭	46.18	36.5	2.16	1.265

5 结论


(1) 20 t/h 热风冲天炉操作简单,工人劳动强度低,连续出铁除渣,适合于大批量连续生产。

(2) 20 t/h 热风冲天炉最佳工艺参数:0 号焦炭为底焦 1 500 mm,层焦 15%~16%; 1 号、2 号焦炭为底焦 1 400 mm,层焦 12%~13%;最佳供风量 260~270 m³/min,热风温度 450~550 ℃。

(3) 20 t/h 热风冲天炉铁液出炉温度高(高于 1 500 ℃),化学成分稳定,且炉渣中 $w(\text{FeO})$ 量少,保证了优质高温铁液的获得。

(4) 20 t/h 热风冲天炉渗 C 率高,可加大价廉的废钢配比,使每批炉料节约 50 元左右,且 Si、Mn、Cr 的烧损率低。

参 考 文 献

- [1] 刘幼华,胡起萱.冲天炉手册[M].北京:机械工业出版社,1996:356-357.
- [2] 纪朝辉,宋强.冲天炉熔炼的发展回顾及我国的应用现状[J].铸造设备研究,2001(2):2-5.
- [3] 吴德海,钱立,胡家骢.灰铸铁、球墨铸铁及其熔炼[M].北京:中国水利水电出版社,2006:290-291. 

(编辑:杨 杨, E-mail: xdz_t_yy@fawfc.com)

近年铸造行业发展迅猛,然而满足实际需要的技术资料很少,为此本部自编函授教材、技术问答(不断滚动翻新),欢迎需要者选购、咨询,款到即寄(用包裹挂号邮寄,另加邮资费为购资料款的 5%)。资料目录如下:

- 1、铸造基础及工艺 40 元/本
- 2、铸件缺陷和防止办法 30 元/本
- 3、铸铁熔炼 30 元/本
- 4、铸铁问答上、下册各 25 元/本
- 5、铸铁熔炼问答上、下册各 30 元/本
- 6、铸造基础问答 25 元/本
- 7、碳钢及合金钢铸造 60 元/本
- 8、熔模精密铸造 45 元/本
- 9、熔模精密铸造问答:第一、二、四、五集各 25 元/本,第三集 30 元/本
- 10、熔模精密铸造经验选编集 30 元/本
- 11、熔模精密铸造缺陷分析 25 元/本
- 12、球墨铸铁 60 元/本
- 13、合金铸铁 65 元/本
- 14、有色合金铸造 60 元/本
- 15、挤压铸造(液体模锻)30 元/本
- 16、铸造磨球 25 元/本
- 17、不锈钢熔炼 30 元/本
- 18、高锰钢熔铸 30 元/本
- 19、感应电炉及电器维修 30 元/本
- 20、树脂砂工艺 30 元/本
- 21、压力铸造 45 元/本
- 22、金属型铸造 30 元/本
- 23、离心铸造 40 元/本
- 24、可锻铸铁 30 元/本
- 25、铸造基础及铸铁熔炼 60 元/本
- 26、提高标准件模具寿命的途径 10 元/本
- 27、低压铸造 30 元/本
- 28、实型铸造 30 元/本
- 29、铸造磨球(技术交流讲座培训资料选编)50 元/本
- 30、(一)抗磨铸铁(二)耐热铸铁、耐蚀铸铁各 30 元/本
- 31、我国冶金矿山用磨球的生产、使用状况及行业标准的制订 25 元/本
- 32、首届全国粉磨介质与耐磨材料技术研讨会论文集 100 元/本
- 33、连续铸铁管 30 元/本
- 34、工艺品铜合金铸钢(衬板、磨球、腮板、锤头、冲击板等)的应用 30 元/本
- 35、蠕墨铸铁及钢锭模 30 元/本
- 36、铸造衬板 30 元/本
- 37、铸造用涂料 30 元/本
- 38、铸造铝合金标准及新工艺 50 元/本
- 39、中高碳低中合金铸钢(衬板、磨球、腮板、锤头、冲击板等)的应用 30 元/本
- 40、高铬铸铁 35 元/本
- 41、消失模铸造磨球衬板及概况 35 元/本
- 42、消失模铸造论文、生产实践经验汇集(无锡锡南铸机)25 元/本
- 43、消失模铸造技术文集 30 元/本
- 44、消失模铸造 06 年文章集 30 元/本

单位名称:杭州市西湖区学林科技开发服务部 开户银行:建行杭州高新开发区支行 账号:33001616735053012490 邮编:310012
地址:浙江杭州文二路 60 号 235 室 联系人:章舟工程师
电话:0571-88062120

杭州富阳市 联发消失模成型设备有限公司

下属公司杭州富阳市江南轻工包装机械厂、杭州富阳联发消失模成型设备厂,自 1993 年加入中国铸协实型铸造委员会成为会员单位,并为 EPC 白模发泡、成型设备的定点制造厂,企业在原设备制造加工的基础上,针对消失模铸造特点,研制开发成功多种间隙式预发泡机、成型机,能制得物理性能好、密度梯度小、比重轻而且均匀表面光洁的白模模样,设备广泛用于消失模铸造厂家,并赢得良好的声誉。在这十几年的设备推广和提供服务的同时,企业技术人员积累了丰富的实践操作经验,提高白模模样制作(交钥匙工程)一条龙设备技术服务:

- 1、按铸件试样、图纸,设计制作模具,试制合格的白模;
- 2、提供原料预发设备,按要求提供成型设备和备件,培训人员预发、成型操作;

3、提供切割机、涂料搅拌机及制作白模相关配件;

4、另提供泡沫包装设备、泡塑回收料粉碎机。

地址:杭州富阳市大源镇经纬路路亭山路口 邮编:311413

经理:厉三余 手机:13706814520 13357152007

电话:0571-63596366 传真:0571-63596166

网址:www.fyxsm.com