

RH 精炼炉真空系统稳定性的研究

杜雨时

(唐山不锈钢有限责任公司, 河北 唐山 063105)

摘要 本文以唐山钢铁集团不锈钢公司为例, 分析 RH 真空系统存在的问题, 并提出对应的改善措施, 以期对提高 RH 精炼炉真空抽取的速度及真空系统的稳定性提供帮助, 以保证设备的正常使用, 为稳定顺利生产打下基础, 从而提高生产效率, 降低维护成本。

关键词 RH 精炼炉 抽真空 真空泵 密封气囊 反冲洗过滤器

中图分类号: TF748

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)01-0118-03

1 前言

RH 精炼炉是一种利用真空环境进行脱碳的二次精炼方式, 是一种重要的炉外精炼的方法, 它可以有效地降低生产成本、保证精炼效果、提高生产效率等特点, 是提高钢种附加价值的主要生产方式。真空系统 (由真空泵、冷却系统、抽气管线、汽水系统和排水系统组成) 是 RH 精炼炉装置的灵魂, 真空抽取的速度和真空系统稳定性的保持直接影响着高强度汽车钢的产量。^[1] 唐山不锈钢公司的 RH 精炼炉于 2014 年筹建, 2015 年正式投产。由于是一个从未接触过的领域, 在 RH 炉投产后的生产过程中, 出现了各种复杂的问题, 其中保障真空度成为了重中之重。根据公司规程体系文件 (TB1-LG-0202 第一版) RH 技术规程要求, 超低碳钢标准真空度 $\leq 2\text{mbar}$ 。2020 年一、二季度, 随着产量的不断提高, 真空泵组开始出现停泵、尤其以罗茨泵停泵为主, 停泵后造成冶炼过程中整体真空度下降, 真空抽不下去连铸降速、连铸拉下等异常事件, 造成钢水质量降低而改判, 5 月份最多时候出现停 5 台罗茨泵的情况, 24 台罗茨泵运行的效率仅为 79%, 而 2020 年 1-5 月份 RH 因真空系统造成 E 类事故 2 次, 总停机时间 278 分钟, 连铸异常降速 2 次, 占 RH 精炼炉设备总异常的 18%, 为了稳定生产节奏, 生产高品质钢种, 真空泵停泵的问题需要进行解决。^[2]

2 真空系统介绍

唐山钢铁集团不锈钢公司 2015 年竣工一座双工位的 RH 精炼炉, 单工位设计冶炼能力为 110t, 主要负责生产 SPHETi-3 汽车骨架用钢, SPHD、SPHE 与 IF 超低碳钢, DP780C 与 DP980C 等高强汽车钢, H220Y 与 H220BH 等磷强化超低碳深冲钢。产品质量已经领先国内 90% 的钢铁企业, 并以宝山钢铁、韩国浦项制铁等

国际一流汽车钢生产公司作为目标, 致力于生产世界一流汽车钢。在整个冶炼过程中, RH 精炼炉炼钢主要在预热 24 小时的耐火材料真空槽中进行。^[3] 真空罐底部是两根浸渍耐火材料的管道。真空罐上部通过 L 形热弯管和气体冷却器与真空泵装置系统相连。氧气枪用于预热真空罐并吹氧, 在冶炼过程中通过真空摄像机观察真空罐内部情况, 启动真空泵系统装置, 由于真空罐内部压强低于大气压强, 钢水通过浸渍管被吸入真空罐。在真空状态中, 钢水通过提升管路连续排入真空罐, 并通过下降管路返回到钢包。启动真空泵装置后, 真空罐内的钢水环流形成时间约为 0.5 分钟至 1 分钟。尤其是在低真空条件下, 上升管和下降管间会产生强的湍流。钢水从下降管流入钢包, 流速降低, 然后缓慢流到钢包底部, 接着会向上加速流到上升管。整个冶炼过程是在真空条件中进行的, 在目前的条件下, 开始冶炼后必须发现并处理真空系统泄漏, 发现和处理泄漏点的时间是不可控的。钢水已经多次由于真空度没有达到标准而导致钢水内部含碳量高, 这对生产计划的实施造成了重大影响。

RH 炉由 A、B 两个冶炼工位、一套机械式真空泵系统及连接管线组成, A、B 两个工位交替生产。主体设备包括真空槽和氧枪座孔密封盒, 上部槽分为上部槽和下部槽, 下部槽连接浸渍管, 上部槽连接 L 型热弯管, 上部槽受料口与下料系统的阻火板连接。

3 影响真空度的主要因素

在实际生产中, 造成真空系统故障的原因是多方面的, 由于 RH 真空设备的特殊性, 很多故障难以判断和发现, 因此在判断设备故障的过程中需要大量的精力和时间, RH 真空系统的一些故障导致真空度偏高。若达不到生产要求, 必须停止生产检查处理, 严重影响订

单的兑现和生产的连续性,要确保 RH 真空系统高效稳定运行,首先要了解真空系统故障的原因,根据现场实际情况分析,蒸汽真空系统故障的原因有以下几点。

3.1 真空系统外漏

真空系统的外部泄漏是指在抽真空过程中与大气接触的真空管及相关联的连接设备存在间隙、孔洞、裂缝等问题,空气进入真空管线的现象。真空系统外泄现象在实际生产中非常普遍,主要是空气进入真空管线后气体量增加,抽气平衡被破坏,每单位时间的气体量超过真空泵设计的抽气能力,达不到设计的真空度要求真空度在一定的值下不会下降。一方面,单独的大漏点很容易检查。另一方面,如果漏的是多个小漏点的话,检查会很麻烦,而且很耗费精力。

3.2 真空系统设备问题

真空系统是一个没有运动部件的封闭系统,由多个单级泵、冷凝器和阀门串联和并联组成。水主要用作工作介质,这一特点也使得故障发生后很难判断故障的实际位置,只有在逐步检查之后,才能确定故障的具体位置,因此导致搜索时间更长。真空系统设备故障原因归纳如下:

1. 真空泵体问题。在整个钢水处理过程中,系统真空度随钢水流量的减小而增大。处理前,系统真空度低,放气量大。笔者认为有必要增加前级泵的泵送能力。通常,多台泵并联使用,以提高系统的抽真空能力。为了减少蒸汽消耗和节约能源,需要关闭前级的多个并联泵。因此,罗茨泵和螺杆泵泵体在高温、高速蒸汽冲刷条件下长期磨损本体会产生裂痕,管道会产孔洞,导致真空度无法下降到 2mbr 以下,不能满足工艺要求。

2. 设备位置偏移。由于 RH 生产过程中的真空槽可能发生振荡,长时间振荡会磨损密封性,管道同心度与活动连接位置的偏差,以及其他相关装置的位移。影响真空效果。同时,导致真空度升高延迟的一个重要因素是真空系统关键装置中真空泵雾化器的高度同心度,在安装泵体时必须保证准确定位和安装质量。

(1) 现场对气囊破损的位置进行统计、破损位置进行切口观察铸造情况。气囊不是整体铸造,胶粘位置强度不足,容易发生破裂。

(2) 密封盒积渣未得到及时清理,导致补偿器伸缩速度慢,高温热气烘烤密封圈时间长,造成密封圈失效。

(3) 密封条安装到座孔时,环境温度急剧上升导致密封条膨胀,从凹槽中挤出,需要对密封条进行多

次切割、调整。

(4) 经过查阅资料,现用密封胶耐热温度为 260 度,使用环境温度在 220~300 度之间。在密封漏气时拆解人孔发现密封胶已经软化、变性,并因为压力差而被挤出结合面处。影响范围大、处理困难。

(5) 泵组反吹时间短,不能将转子上的积灰吹扫干净。积灰造成转子卡阻,停泵,影响抽真空能力。

(6) 气冷器冷却水管内壁有水垢、外壁有积灰,在冷却能力下降,造成二级泵停机,从而导致整组泵停机,严重影响抽真空能力。

(7) 反冲洗过滤器堵塞,造成所有真空泵冷却水流量不足,导致真空泵温高停机,严重影响抽真空能力。

影响 RH 真空泵停泵的诸多因素有管路锈蚀,滤芯堵塞、回水压差大,冷却效果不好,真空泵组温度超标、冶炼杂质沉积机械卡组等只要找到影响这些问题的根源进行解决,即可降低真空泵本体故障时间。

4 对应改善策略

1. 与气囊生产厂家技术人员共同改善铸造工艺,将气囊铸造为整体形势,铸造冒口选在气囊进气口位置,使得整体强度满足使用要求。

2. 完善岗位规程,每次更换热弯管或者发生喷溅事故后,对密封盒进行拆解、清理。

3. 制定密封条更换维修作业标准,根据温差变化和密封条膨胀系数确定密封条切割长度,避免线上人为调节造成密封条出现缺口。

4. 重新对密封胶进行选型,由耐热 260 度改为耐热 400 度。

5. 将该吹扫程序时间由 5S 修改为 300 秒,且 HMI 数据可根据生产实际情况进行调整。若连铸机浇铸大段面,生产节奏紧张,炉次间隔达不到 300 秒,可通过现场提升操作面板按钮提前结束反吹,进入抽真空模式。每个冶炼批次结束后,真空泵要求运行 2 小时候后才可以停泵,所以默认 7200 秒反吹。同时也可以手动修改。

6. 完善点检标准,增加气冷器检查标准、清理作业标准。增加反冲洗过滤器检查、清理标准。

5 效果验证

不锈钢 RH 精炼炉真空系统运行越来越稳定,真空系统主体设备故障率由 1~5 月份的平均 55.6 分钟降低至 0 分钟,生产降效异常停机次数也由 2~6 月份的平均每月 2 次降低至目前的 0 次。B 工位氧枪密封气囊在冶炼过程中破裂,造成 2 炉真空度超过 2mbar,其余 110 炉真空度全部合格,合格率 98%。A 工位交班炉次

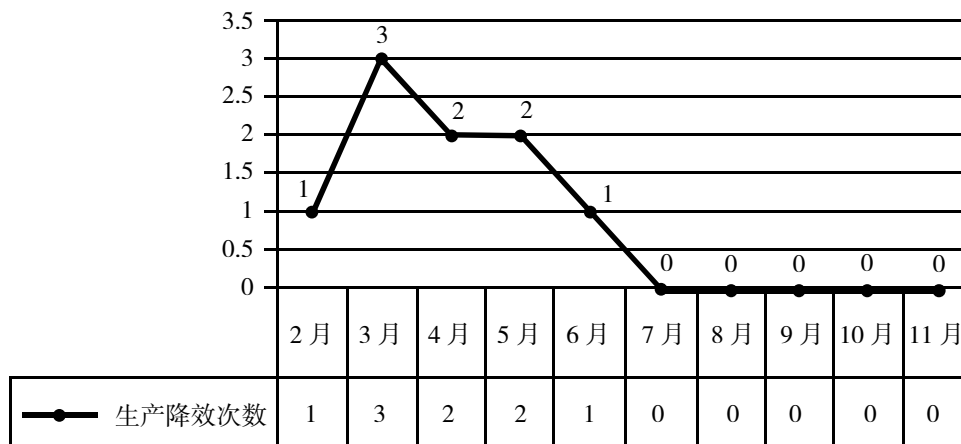


图 1 2020 年度 RH 真空系统故障生产降效次数

冶炼时真空度 4.9mbar, 交班未确认放灰阀密封面状态。整改冶炼过程中, 真空度合格率 99.2% (详情见图 1)。

直接经济效益测算:

2020 年 1-5 月真空泵停泵造成的事故总时间为 278 分钟, 平均每月 278 分钟 / 5 个月 = 55.6 分钟, 为满足生产要求特定目标未 0 分钟 / 月。

效益测算 (月利润): 278 分钟 / 35 分钟每炉钢 $\times$ 110t $\times$ 155 元 / 吨净利润 = 135425 元

2020 年 1-6 月份共计 9 次真空泵降效, 共计 9 炉钢, 连铸降速生产平均每炉钢 15 分钟, 合计影响产量 15 分钟 $\times$ 9 炉 $\times$ 1 吨钢 = 135 吨钢, 每吨钢平均利润 155 元, 合计 135 吨钢 $\times$ 155 元 / 吨钢 = 20925 元。

合计直接效益: 135425 元 + 20925 元 = 156350 元

材料费: 管材费用 9500 元 + 阀门及弯头约 10000 元

人工费: 6 人 $\times$ 5 天 $\times$ 7 小时 $\times$ 55 元 / 小时 = 11550 元

过滤器费用: 24 个 $\times$ 400 元 / 个 = 9600 元

总效益 = 156350 - 9500 - 10000 - 11550 - 9600 = 115700 元

间接效益: RH 真空泵的稳定运行间接降低了整体的真空度, 满足 2mbar 的生产需求、稳定生产节奏提高钢水质量。

6 结语

通过总结、分析和现场实践, 解决了 rh 精炼炉波动大、不稳定、不符合真空要求等问题, 在不到一年的时间内实现了 RH 真空系统的高效稳定运行, 保证了各类钢的生产质量, 真空设备的稳定运行率达到 99%, 真空率达到 98% 以上。确保右侧真空系统稳定运行的措施有:

1. 法兰面接触的链接部位密封检查和维护。在密封件安装法兰面接触件之前, 必须检查法兰面平面,

接触面必须无灰尘和杂物, 密封介质必须良好无损坏, 卡口或螺钉必须均匀受力, 连接后必须涂抹密封胶和胶带, 以防止生产过程中泄漏。建立使用过程中不同部件的定期更换、检查和维护台账。

2. 生产前对介质进行确认。生产前通知动力系统将冷却水流量、压力、温度稳定在要求的范围。

3. 耐材修砌的检查。真空槽修砌过程中必须按照砌筑要求和标准进行, 必须把真空槽内部, 耐材表面的粘连钢渣清理干净, 接触部位的耐材砖不能超过法兰面, 并保持平整, 上线炼钢之前要对精炼工、相关方和设备管理人员进行确认, 确保无误后才能上线生产。^[4]

4. 生产前清空真空管。由于在生产之前。真空槽长时间烘烤过程中内部气体燃烧和耐材内部的水份产生的水蒸汽冷凝液化附着在管式冷却器和板式冷却器上, 生产中抽气时真空泵转速降低。因此, 在处理钢水之前, 应排空真空管道中的水。

参考文献:

- [1] 李英涛, 渠超. 转炉炼钢的新型自动化机械控制技术初探 [J]. 中国化工贸易, 2017(09):76.
- [2] 魏翔. 转炉炼钢 RH 精炼炉发展过程 [J]. 科技创新导报, 2014(26):59.
- [3] 张亮亮, 李月欣, 王强, 等. 转炉炼钢中的常见问题及应对措施分析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2016(13): 1228.
- [4] 丁中. RH 真空系统高效稳定运行的研究与实践 [J]. 金属世界, 2012(15):59.