

流化床烧嘴选型与流化状态的关系

韩 丰 (马钢(合肥)板材有限责任公司制造管理部, 安徽 合肥 231607)

摘要: 本公司酸洗冷连轧生产线配套的废酸处理再生系统为比利时 CMI-UVK 公司提供的流化床盐酸再生机组, 设计处理能力为 $8.15\text{m}^3/\text{h}$, 与国内大部分大型的酸洗冷连轧配套的喷雾焙烧法酸再生工艺上存在较大区别。由于前期烧嘴选型存在问题, 造成不良症状并影响生产持续进行, 经过重新对烧嘴进行选型并更换, 对工艺参数进行调整优化, 目前运行已稳定。

关键词: 流化床; 酸再生; 固定床; 风帽; 风孔

流化床酸再生 (Fluidized Bed) 属于较早出现的盐酸再生技术, 其副产品为再生酸和颗粒球状 (直径 $0.5\text{--}1\text{mm}$) 三氧化二铁, 氧化铁球堆装密度为 $3.5\text{t}/\text{m}^3$ 左右, 可作为抛丸料或回炉烧炼铁使用。流化床酸再生的核心是风箱、烧嘴、反应炉下部反应区, 若烧嘴选型不当, 就会造成一系列的不良症状, 并阻碍生产的连续进行。

1 流化床酸再生布风系统简介

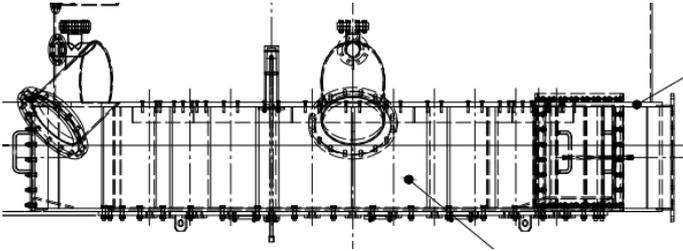


图 1 流化床反应炉底风箱

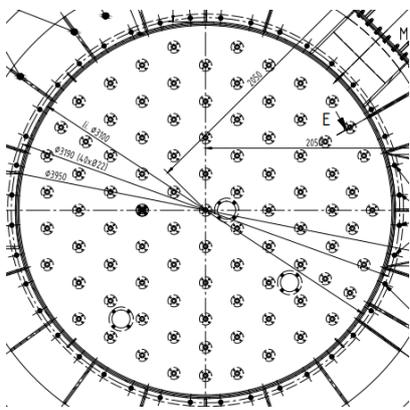


图 2 炉底烧嘴分布位置图

本机组流化床反应炉的核心反应区域为平底床结构, 采用水平布置的风帽式布风板。炉底为圆形平底, 直径 3.1m , 炉底均匀布置 90 个空气烧嘴, 相邻烧嘴间距约 0.28m , 大部分烧嘴呈等边三角形均匀布置在炉底。烧嘴为圆柱形, 侧面周向开风孔, 风孔直径 6mm , 开孔角度为 -15° , 原设计为 18 孔, 每个风孔均可喷出空气和燃气混合气, 进入炉内与温度为 850°C 左右的氧化铁颗粒接触自燃。助燃空气风箱布置在炉子正下方, 也为圆柱形结构, 直径 3.1m , 高度 0.65m , 为单侧水平进风方式, 由罗茨鼓风机送风。每个空气烧嘴内均有 1 支燃气烧嘴, 通过法兰与风箱底板连接, 天然气管道输入天

然气到烧嘴上部, 形成混合气喷入炉内。

反应炉底部反应区域的炉料为颗粒状 850°C 红热状态的三氧化二铁, 平均粒径约 0.6mm 。浓缩后的废酸通过设置在炉子侧壁的钛合金材质管道注入炉内炉料中。炉底 90 个烧嘴, 旧设计为每个烧嘴 18 孔, 燃气和空气注入并燃烧, 气流向上运行, 托起颗粒向上运动。

2 使用 18 孔烧嘴运行时的异常

因原有设计为 18 孔烧嘴 (风帽), 因此气流被平均分配到 18 个孔, 风孔的气流初速较低。又因为流化床炉内的料位不可能十分平坦, 且炉底风箱为一侧进气。故在生产运行中, 局部炉料较厚区域, 距离助燃空气风箱入口的远端区域, 风速较小, 较低的风速对此区域炉内颗粒产生的托起力小于颗粒自重, 达不到临界流化速度, 因此, 此处的料层产生了“固定床”, 即颗粒未充分流动化的固定床层状态。

固定床产生后, 会产生以下几种次生故障:

2.1 空气风箱漏渣

原因为料层较厚的区域烧嘴风孔风速低, 料层较薄区域对炉底烧嘴的压力小, 大量气流从压力较低的位置“短路”形成“沟流”。而料层较厚的区域的炉料产生正压, 反而会通过烧嘴风孔, 窜入风箱内。运行 20-30 天后, 甚至会充满流化床炉底风箱。需要停产人工清掏。



图 3 助燃风箱进入氧化铁球照片

2.2 炉底床层颗粒粘结结块

酸再生炉底是固、气、液、火共存且剧烈反应的

区域, 因为有固定床的存在, 固定床区域也同时进行 $\text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{HCl}$ 的反应, 新生成的 Fe_2O_3 附着在颗粒上, 因为不存在充分流化和颗粒间的剧烈碰撞, 氧化铁便会彼此粘结, 形成结块 (结瘤)。

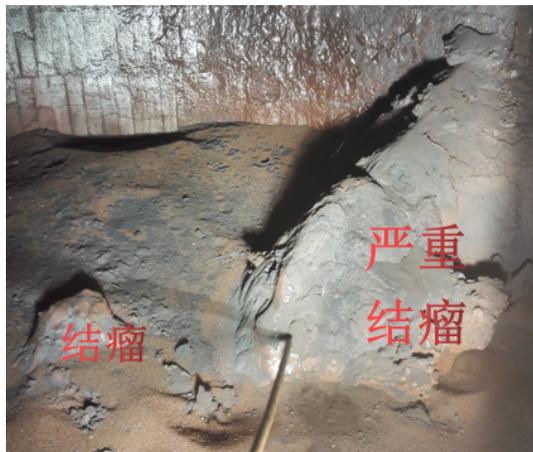


图4 炉底氧化铁结瘤照片

2.3 结瘤的影响

结瘤会进一步长大, 覆盖烧嘴, 导致火焰分配紊乱进而烧坏被结瘤覆盖的烧嘴。结瘤延伸到下料口, 会堵塞颗粒料输出炉子的通道, 一般在启动生产后20天左右, 回因下料口堵塞被迫中止生产。停产时需要用风镐等工具清理结块, 不可避免的损伤到炉内衬砖和浇注料, 也降低了炉子的使用寿命。

2.4 临时应对措施及影响

为减少气流在炉底分配不均的影响, 在生产中采取了降低炉子料位和大风量的方式, 以期获得相对较好的流化状态, 但是风箱漏渣、底部结瘤依旧存在。因采取大风量, 空气和燃气比值较高, 也从另一方面影响流化床的工艺参数控制。

3 使用改型12孔烧嘴后运行状况的改变

为解决使用18孔烧嘴时产生的种种弊端, 通过和厂家交流沟通, 共同确定了12孔烧嘴的改型设计, 该设计的炉底烧嘴数量不变仍为90个, 位置不变, 但每个烧嘴风孔数量减少位12个, 孔径不变仍为6mm。由于烧嘴风孔由原来的 $90 \times 18 = 1620$ 个减少到 $90 \times 12 = 1080$ 个, 减少了1/3, 在供给天然气和空气流量一致时, 小孔风速是原来的1.5倍, 小孔出口气流具有较大的动能, 能使床料与空气产生强烈的扰动和混合, 炉底气体分布也更加均匀, 炉料位高度不均和空气风箱一侧进气对烧嘴气流的分配的影响走弱。

自从2020年底更换烧嘴后, 运行周期最长已达63天, 且运行情况发生如下改变:

3.1 空气风箱漏渣情况改善

高度为0.65m的风箱在运行20天左右, 在18孔烧嘴工况下基本填满漏渣, 从而影响助燃空气的正常流通。使用改型烧嘴后, 在运行42天和63天后, 停产检修打开风箱检查时, 风箱底部仅仅一层约3-4cm厚的氧化铁, 不影响助燃空气正常流通。

3.2 炉底结块情况改善

更换12孔烧嘴后, 机组正常运行了42天和63天, 检修打开炉门观察炉底情况, 炉底无氧化铁结块。说明在流化床运行期间, 各处烧嘴的气流分布较为均匀, 颗粒均能被鼓起流化, 炉内颗粒形成了良好的流化状态, 颗粒能充分碰撞、流动、参与化学反应, 氯化亚铁反应生成盐酸和三氧化二铁的酸再生反应可以持续进行。

3.3 风机负荷的变化

由于炉底可以形成良好的流化状态, 因此也适当提高了燃气和空气的流量以期达到额定生产负荷, 又因烧嘴孔数量减少了1/3, 阻力增加, 因此助燃风机和废气风机的负荷变大。尤其是废气风机, 其连接轴出现振动值增大、温度升高的异常。因此需要对风机特别关注, 加强维护、保养及润滑。

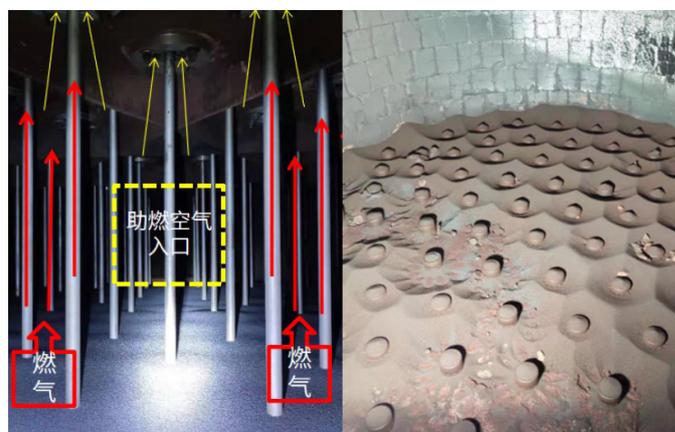


图5 风箱内仅少量氧化铁, 炉底无结瘤

4 结语

流化床布风系统是整个酸再生的核心, 因此炉底布风的均匀性是保证正常生产的基础。不合理的阻力较小的烧嘴 (风帽) 影响布风均匀性, 造成沟流和固定床并导致一系列异常, 因此适当阻力的风帽选型对流化床正常运行至关重要。但也要保证合适的开口率, 开孔过少, 阻力过大, 反而会增加风机的负荷、故障率以及电耗。

参考文献:

- [1] 王波, 沈诗怡, 阮琰炜, 程淑勇, 彭望君, 张捷宇. 冶金过程中的气液两相流模拟 [J]. 金属学报, 2020(4):619-632.
- [2] 郑大海, 陈增强, 周恩会, 杨伟桥. 振动流化床流化特性与细粒煤分选研究 [J]. 煤炭技术, 2018(2):78-80.
- [3] 李皓宇. 流化速度的实验研究增压流化床最小 [J]. 锅炉技术, 2017, 48(5):35-41.
- [4] 刘洪鹏, 肖剑波, 王敬斌, 王擎. 循环流化床气固两相流动数值模拟的研究进展 [J]. 化工机械, 2014(1):6-8.
- [5] 罗国民, 温志红, 谢国威. 究流化床煤调湿装置的热工特性分析与试验研究 [J]. 冶金能源, 2020, 39(2):19-22+51.

作者简介:

韩丰 (1984-), 男, 汉族, 安徽合肥人, 管理师, 研究方向: 酸洗冷连轧工艺及盐酸再生工艺控制。