

# Ruthner-喷雾焙烧法废盐酸再生技术在冷轧中的应用

洪运涛, 乔 梁, 刘新华

(邯钢钢铁集团有限责任公司冷轧厂, 河北 邯郸 056015)

**摘要:**邯钢集团公司冷轧厂与酸洗镀锌厂均引进了奥地利 ANDRITZ 公司的 Ruthner 喷雾焙烧废盐酸再生技术, 包括脱硅 (Wapur) 和酸再生 (ARP) 两部分。介绍了该技术的工艺流程、反应原理及应用效果, 并对 Ruthner 喷雾焙烧技术进行了评析。

**关键词:**废盐酸再生; 脱硅; 喷雾焙烧

中图分类号: X78

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2005)01-0048-03

## Application of Ruthner-spray hydrochloric acid regeneration technology in cold rolling

HONG Yun-tao, QIAO Liang, LIU Xin-hua

(Cold Rolling Plant, Handan Iron and Steel Group Limited Company, Handan 056015, China)

**Abstract:** The cold rolling plant and pickling-galvanizing plant in Handan Iron and Steel Group Limited Company have introduced Ruthner-spray process of hydrochloric acid regeneration from ANDRITZ Company in Austria, which includes two parts, namely desilication (WAPUR) and hydrochloric acid regeneration (ARP). The processes, principle and the application of the technique are introduced, and an appraisal of the Ruthner technique is made by comparison with other technologies for hydrochloric acid regeneration.

**Key words:** hydrochloric acid regeneration; desilication; spray baking

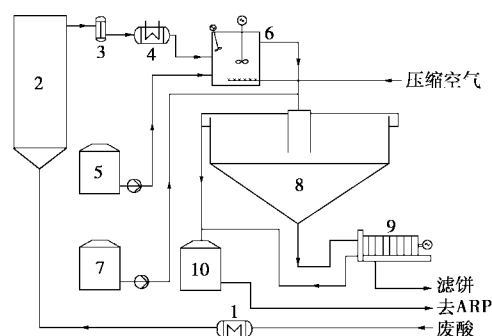
21 世纪初, 为了适应市场发展的需要, 提高自身在钢铁行业的竞争力, 邯钢集团公司实施冷轧薄板工程。酸轧主线采用德国 SMS-Demag 公司 5 机架 6 辊 CVC 轧机和浅槽紊流酸洗技术, 配套引进奥地利 ANDRITZ 公司的 Ruthner 喷雾焙烧废盐酸再生技术。在目前的酸洗工艺中, 大多采用盐酸作为酸洗钢板的介质。板材表面的氧化铁皮被盐酸处理后形成  $\text{FeCl}_2$  和  $\text{FeCl}_3$ , 并溶解在酸液中。酸液中盐酸的质量浓度通常为 200 g/L, 随着酸洗过程的进行, 酸液中的铁离子浓度逐步升高, 而游离盐酸的浓度相应降低。当  $\text{Fe}^{2+}$  的质量浓度达到 110 ~ 130 g/L 时, 酸液就失去了高效酸洗的能力, 成为废酸被连续排出<sup>[1]</sup>。该废酸液量大,  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Cl}^-$  离子浓度高, 温度也高达 80℃。如果就此排放, 不仅会造成严重的环境污染, 也会降低企业的经济效益。为了高效利用盐酸、回收铁离子, 将废酸液送往酸再生站, 再生成游离盐酸送回酸洗机组, 同时副产高效益的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉。为此, 邯钢集团公司引进了奥地利 ANDRITZ 公司的废盐酸再生机组。该机组包含独特的喷雾焙烧和  $\text{FeCl}_2$  净化等专利技术, 分为脱硅 (Wapur) 和酸再生 (ARP) 两部分, Wapur 是 ARP 的前

道工序, 用于去除废酸液中的  $\text{SiO}_2$  等杂质, 从而提高 ARP 工序生产的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  纯度 (ARP 用于盐酸的再生与  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉的回收)<sup>[2]</sup>。

## 1 工艺流程

### 1.1 Wapur 工艺流程

Wapur 工艺流程如图 1 所示。

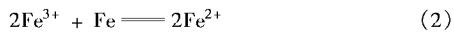
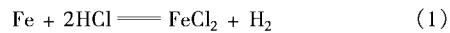


1—加热器; 2—溶解罐; 3—过滤器; 4—冷却器; 5—氨水罐; 6—反应罐; 7—絮凝剂罐; 8—沉淀池; 9—压滤机; 10—净化废酸罐

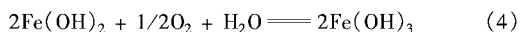
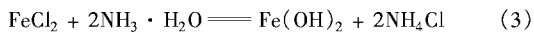
图 1 Wapur 工艺流程

溶解罐内事先加入酸洗线切边碎钢。废酸经加热器升温到 80℃ 由底部进入溶解罐, 在上升过程中与 Fe 接触, 消耗废酸中的游离盐酸, 同时补充  $\text{Fe}^{2+}$

浓度,提高 pH 值。罐内发生如下化学反应:



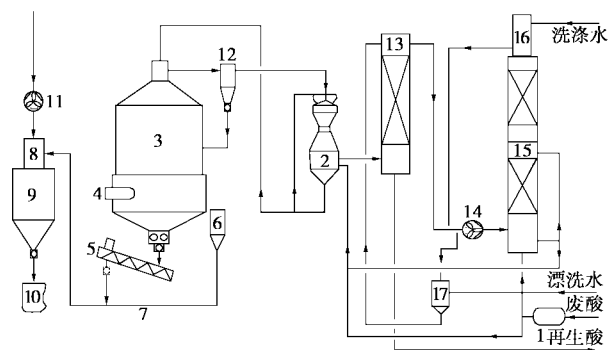
废酸由溶解罐顶部溢流经过滤器和冷却器,水冷至 40℃ 进入反应罐。在反应罐内,按一定比例加入氨水,使废酸的 pH 值上升到 2.5~4.0。同时在反应罐底部鼓入压缩空气进行氧化,生成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  絮状物。利用  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  絮状物较大的比表面吸附废酸中的  $\text{SiO}_2$  等杂质,其反应方程式如下:



然后,在沉淀池中加入絮凝剂使颗粒聚集沉淀,清液送往净化废酸罐备用。淤浆从沉淀池底通过活塞隔膜泵送进压滤机进行压滤,滤饼收集起来置于堆放场,滤液回收到净化废酸罐。

## 1.2 ARP 工艺流程

ARP 工艺流程如图 2 所示。

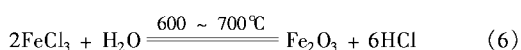
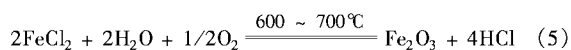


1—酸过滤器;2—预浓缩器;3—焙烧炉;4—烧嘴;5—螺旋输送机;  
6—返回仓;7—风动输送管线;8—袋滤机;9—氧化铁粉仓;  
10—包装袋;11—氧化铁粉输送风机;12—双旋风分离器;  
13—吸收塔 14—主风机;15—洗涤塔;16—烟囱;17—收集水罐

图 2 ARP 工艺流程

废酸从净化废酸罐经泵送至酸过滤器,过滤分离固体颗粒和没有溶解的残留物后进入预浓缩器,通过预浓缩器循环泵在预浓缩器的顶腔进行喷淋,与焙烧炉炉气直接进行热交换,蒸发浓缩废酸,同时冷却净化炉气。

浓缩后的废酸经预浓缩器循环泵和焙烧炉加压泵控制流量打入炉顶喷枪进行雾化喷淋,炉体用切线布置在外壳四周的烧嘴直接加热。燃气在炉膛内形成涡流,逆流烘干由喷嘴喷淋的浓缩废酸液滴。在炉膛高温区进行热分解,生成  $\text{HCl}$  气体和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 反应方程式如下:



刚生成的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉为空心球状,直径约  $0.2 \mu\text{m}$ 。在下落过程中受逆流涡流气体的夹带而上浮,再次遇到喷淋酸液,使粒径逐渐长大至几十微米,落到炉底,通过炉底密封转阀排出。密封转阀用于隔离外部大气,以保持炉内负压。转阀上方装有破碎机,以粉碎由炉壁落下的氧化物块;转阀下方装有带小烧嘴的螺旋输送机,通过燃烧升温达到进一步减少氧化物中残氯含量的目的。铁粉经风动输送到  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉仓,同时被冷却至  $80^\circ\text{C}$ 。位于  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉仓上方的袋式过滤器对输送的气体进行排放前的清洁处理,仓底包装机把合格的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉装袋打包。

由燃烧废气、水蒸气和  $\text{HCl}$  气体等组成的炉气从焙烧炉顶进入双旋风分离器,分离夹杂的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉末,分离出的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉经密封转阀排回焙烧炉。炉气进入预浓缩器,通过与循环废酸直接接触完成冷却与清洁,随后从底部进入吸收塔。吸收塔为逆流操作,用酸洗线含  $\text{Cl}^-$  离子的漂洗水作为喷淋水来吸收  $\text{HCl}$  气体,形成的盐酸经密度泵流进酸再生罐,尾气离开吸收塔顶部进入风机。

风机自动变频控制系统为系统提供动力,并将上游设备压力控制在微负压下,以防  $\text{HCl}$  气体从系统中泄漏。风机前设有喷头,对风机的叶轮进行清洁保护。风机的下游是两级废气洗涤塔,下一级用  $\text{FeCl}_2$  溶液(Wapur 净化废酸液),上一级用脱矿水进行最终的废气洗涤,达标后排放。

## 2 控制系统

控制系统选用德国西门子公司 SIMATIC S7-400H 冗余控制系统。该系统是基于西门子“全集成自动化”概念的新型过程控制系统,其应用范围从计算机技术、控制技术、过程可视化直至过程仪表和控制。SIMATIC S7-400H 系统采用模块化设计,有很高的电磁兼容性和抗冲击、耐振动性能。本机组根据 ARP 区、Wapur 区和公共区 3 个部分,选用了 2 套 SIMATIC S7-400H 冗余控制系统,即 ARP 区和公共区采用 1 套,Wapur 区采用另一套。监控与管理系统配置 1 个工程师站、2 个操作站和 1 台便携式编程器。工程师站与便携式编程器供仪表维护使用并兼作服务器,与上级信息管理网络相连接;操作站供生产操作使用且 2 套 SIMATIC S7-400H 互为运行备用。SIMATIC S7-400H 冗余控制系统和监控与管理系统的通讯用工业以太网实现,可支持 TCP/IP 通讯协议。

整个系统的主要工艺数据,如温度、压力和流量

通过控制室内的数据显示器显示,主要操作数据由 PLC 系统自动控制,设备的启动、控制和停车通过键盘来执行。整个系统处在自动连锁保护控制下,可以自动启动报警分析和防护措施,以防止设备的损坏。操作员可以通过报警和故障记录并检查设备运行情况。

### 3 技术数据及能力、产量

#### 3.1 设计参数

废盐酸再生站设计参数见表 1。

表 1 废盐酸再生站设计参数

指标	数据
酸洗能力/ $\text{kt}\cdot\text{a}^{-1}$	1430
酸洗铁损失质量分数/%	0.4
酸洗线操作时间/ $\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$	6184
酸再生操作时间/ $\text{h}\cdot\text{a}^{-1}$	7200
废酸成分	
$\text{Cl}^-$ 总质量浓度/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	200
游离 HCl 质量浓度/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	20 ~ 50
铁离子质量浓度/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	125
$\text{SiO}_2$ 质量浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	$\leq 150$
氟酸盐质量分数/%	$\leq 5 \times 10^{-4}$
温度/ $^{\circ}\text{C}$	40 ~ 85

#### 3.2 ARP 及 Wapur 能力

基于表 1 中的参数,每年的铁损失量为 5 720 t/a,即每年有 5 720 t 的铁溶解在酸中。废盐酸排放标准为: $\text{Fe}^{2+}$  的质量浓度为 110 ~ 130 g/L,通常设定点为 125 g/L。由于酸再生过程的效果并非 100%,总是有 3 ~ 5 g/L 的铁离子残留在再生酸中,因此废酸中铁离子质量浓度应修正为 120 g/L<sup>[2-3]</sup>。经计算,废酸再生量为  $47.67 \times 10^6 \text{L/a}$ 。ARP 与酸洗线相连,故取酸洗线操作时间 6 184 h/a。理论上 ARP 能力为 7 708 L/h,考虑到一定的预留能力,取 ARP 的额定能力为 8 000 L/h,操作范围设定为 80% ~ 110%。根据 ARP 的能力,协调配套 Wapur 能力为 8 000 L/h。

#### 3.3 盐酸及 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 粉产量计算

选机组作为单元进行  $\text{Cl}^-$  离子及  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉的物料衡算,经计算,废酸再生量为  $8.22 \text{m}^3/\text{h}$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉产量为 1 620.2 kg/h。

### 4 评析

经过对氧化铁粉市场的考察,结合对邯钢集团公司 1# 酸再生站和对其他工厂酸再生站的考察,Ruthner 喷雾喷烧法具有以下优点:

(1)技术先进、工艺简洁、设备布置紧凑、层次排布合理、充分利用了重力势能,机组运行稳定、设备维护量小,操作方便、控制灵活、采用了先进的计算机控制技术。

(2)盐酸再生率高达 99.1%,大大降低了冷轧厂酸洗成本,盐酸再生站机组运行参数见表 2,其中系统能力为 8 000 L/h。

表 2 盐酸再生站机组运行参数

指标	数据
再生酸	
回收率/%	$\geq 99.1$
质量浓度/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	195
产量/ $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$	8200
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ 粉	
产量/ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	1620
纯度/%	$\geq 99.3$
$\text{SiO}_2$ 质量分数/%	$\leq 8 \times 10^{-3}$
$\text{Cl}^-$ 离子质量分数/%	$\leq 0.1$
比表面积/ $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$	3.0 ~ 4.0
废气	
HCl(湿)质量浓度/ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	20
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (湿)质量浓度/ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	35
$\text{Cl}_2$ (湿)质量浓度/ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	5
工作区噪声/dB	$\leq 85$
滤饼产量/ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$	170

(3)该工艺生产的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉被世界磁材行业公认为磁材专用原料,其物理性能与化学成分相当稳定。在使用低硫燃料、脱矿水和处理低碳钢废酸液条件下,进行脱硅净化处理,机组即可副产高质量的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉,其纯度不低于 99.3%,其余各项指标均符合电子工业部用于软磁材料的 YHT2 牌号  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉质量标准<sup>[3]</sup>,是优质高档永磁原料,其市价在 3 000 元/t 以上,经济效益可观。

(4)机组内采用文丘里式预浓缩器,这种结构特殊的直接接触式换热器充分利用了热能,体现了热能综合利用的理念,对节能降耗具有推动意义。

(5)机组处理酸洗线产生的废酸,解决了因废酸排放而造成的环境污染。系统正常运转没有废液产生。尾气中  $\text{Cl}_2$ 、HCl 等有害气体和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉尘的排放按欧洲标准设计,均高于国家冶金环保一级标准。整套机组对环境的污染较低,环保效益显著。

### 参考文献

- [1] 傅作宝. 冷轧薄钢板生产[M]. 北京:冶金工业出版社,1996. 129-131.
- [2] 高华北.[J]. 中国物资再生,1998,(12):15-16.
- [3] 林宜精.[J]. 化工环保,1998,18(4):208-214. ■