

硫酸法钛白粉生产水解槽搅拌机机械密封的应用

边灵海（甘肃和诚钛业有限公司，甘肃 兰州 732850）

摘要：随着环境保护意识和人类健康要求的提高，对设备的防泄露要求也不断提高，搅拌机机械密封泄漏量很小，密封可靠，被广泛应用于化工、石化和医药工业中。硫酸法钛白粉生产水解槽处于高温、高压运行状态对水解槽搅拌密封方式要求更高。搅拌机机械密封是水解槽防漏、节能、以及控制环境污染的重要基件，对整个生产过程的安全性都有重大影响。

关键词：机械密封；水解质量；安全环保；经济运行

硫酸法钛白粉生产中水解工艺是关键核心工艺过程，水解工艺条件和操作基本上决定微晶体、胶粒和最终产品的原立子大小，归根结底，它决定最终产品——钛白粉的质量。和诚钛业采用外加晶种微压水解工艺，将符合工艺要求的浓钛液和一定浓度的液碱分别预热至一定的温度，然后在较短的时间内用浓钛液中和该液碱，并对该溶胶体系进行升温，测试该体系的稳定性到达一定的指标范围后即完成了水解晶种的制备；迅速将晶种放入已提前预热至一定温度的浓钛液中，晶种数量与水解浓钛液之间的比例已预先设定，晶种放料结束后搅拌5-10min放料至水解锅内，用低压蒸汽直接进行加热，蒸汽加热大约18-28min左右完成一沸。延时30min后直接开启蒸汽阀门对物料加热，约18-28min左右，物料再次沸腾完成二沸。关闭水解槽排气管道蝶阀，调节蒸汽阀门保持体系呈一定的微压状态，保温保压180min后，开启排气管蝶阀，水解槽泄压后开启加水手动阀及气动阀以30m³/h速度加入3-5m³急冷水，搅拌10min后水解过程结束。在整个系统投料、反应、排料的不断循环的过程中，一沸，二沸，保温各阶段水解槽都处于高温、高压状态，水解槽工况复杂。2020年7月以前和诚钛业水解槽搅拌轴采用水银密封，2020年7月开始技改水解槽搅拌为机械密封（单台设备），经过一年时间运行，统计数据对比分析水解槽搅拌机机械密封运行稳定，健康环保、安全、岗位操作平稳，2021年5月将剩余水解槽搅拌都技改为机械密封。

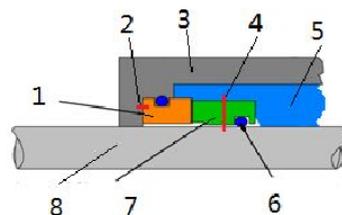
1 两种水解槽搅拌密封原理

1.1 水解槽水银密封原理

使用与槽顶连结的环型凹槽（静部件）和与搅拌轴连结的扣碗（动部件）相扣，将水银灌入环形凹槽高约13-15cm，依靠水银流体自重封存压力以满足水解压力要求。

1.2 水解槽机械密封原理

机械密封是依靠一对动环、静环互相接触的端面在设备内部流体压力和密封自身弹性元件的预紧力作用下紧密贴合在一起，并在产生互相滑动时起到密封作用的。运行状态下，摩擦、润滑与磨损等现象在机械密封端面上同时作用，在这之中基本的是摩擦，润滑是为了改良摩擦状况，摩擦的结果是磨损。



1- 静环（配合环）；2- 防转件；3- 机座；4- 紧固件；5- 密封流体；6- 辅助密封“O”环；7- 动环（补偿环）；8- 轴

图1 机械密封示意图

机械密封基本上由压紧元件、辅助密封元件、动密封环和静密封环等组成，如图1所示。其中动密封环与静密封环的端面构成一对摩擦副，动密封环在密封室中液体的压力的作用下使其端面紧密的压在静环端面上，并在这一对环的端面上保持一层极薄的液体膜以及适当的压力，从而起到到密封的作用。

2 两种水解槽搅拌密封方式运行对比

2.1 两种搅拌密封方式参数对比

表1

	电机功率	电机转速	减速比	运行频率	转速	浆叶长度	浆叶宽度
	kW	r/min		Hz	r/min	mm	mm
搅拌水银密封	5.5	1440	225	50	6.5	3016	316
搅拌机机械密封	7.5	970	83.47	50	12	3000	300

如表1所示对比可见硬件方面，搅拌浆叶面积变化较小，搅拌端面线速度为改造前：1.02m/s，改造后1.88m/s，机械密封搅拌转速变快。

2.2 两种搅拌密封方式运行水解一沸时蒸汽流量操作控制曲线对比

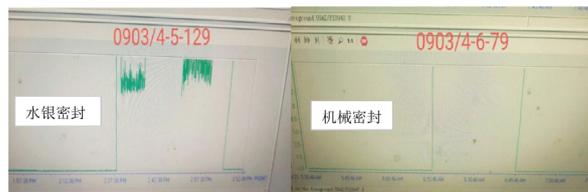


图2 一沸蒸汽流量操作控制曲线

水解一沸时水解槽通入蒸汽使料温达到一沸控制温度，压力达到12.5kPa左右，现搅拌轴处机械密封设计

耐压为 0.15MPa, 水银密封耐值为 16-18kPa, 搅拌机械密封处耐压值提高约 9 倍; 如图 2 所示, 机械密封水解一沸时操作无需频繁开放空泄压力, 蒸汽流量更容易稳定控制。

2.3 两种搅拌密封方式运行水后粒径分布及沉降数据对比

表 2

	沉降高度	水后抽速	D10	D50	D90	D[3,2]	D[4,3]	比表面积	产率
	mm	s	μm	μm	μm	μm	μm	m ² /kg	%
水银密封	103.86	245	0.68	1.75	3.29	1.35	1.95	4295	95.84
机械密封	110.01	273	0.68	1.60	2.80	1.22	1.69	4885	95.50

注:

改造前统计数据为 100#0903/1-4, 2021 年 4 月份水后均值。

改造后统计数据为 100#0903/1-4, 2021 年 6 月份水后均值。

根据水后统计数据表二结果来看, 改造后的 D50 粒径在控制范围之内, 水解粒子比水银密封细, 且粒度分布更为集中, 完全满足使用要求, 产率略有降低不排除受来料性能影响。

2.4 两种搅拌密封方式运行水解槽结垢对比

两种水解槽搅拌密封方式转速不同, 水解槽清槽时底部结垢数量及形态有所不同, 转速在 12r/min 时, 清出的结垢重量约为 50kg, 转速在 6.5r/min 时清出的结垢重量约为 130kg, 转速慢, 结垢呈片状结块, 容易粘连至槽底部, 搅拌转速较快, 结垢数量较少, 且相互碰撞摩擦为较小体积的结块。搅拌转速越慢, 清槽频率就必须增加。

2.5 两种搅拌密封方式运行水洗工序操作数据对比

表 3

	一洗挂片时间	厚度	洗涤时间	卸料时间
	min	mm	min	min
水银密封	97	49	198	10
机械密封	103	49	205	10

以 2021 年 4 月份和 6 月份水洗操作时间表三数据对比, 水解槽搅拌技改成机械密封对水洗操作无明显影响。

3 两种水解槽搅拌密封方式操作优缺点对比

水解槽搅拌水银密封方式的优点是: 转动部件只与水银接触, 使用液态金属流体自重封存压力, 在正常运行过程中无机械磨损。缺点有以下几个方面: ①水银在常温下就易挥发, 且水解槽运行时长期处于高温状态, 水银挥发损耗较大, 必须定期测量高度, 补加缺损量以满足压力要求, 水银价格较为昂贵, 损耗量较大, 运行成本高; ②水解槽压力承受值在搅拌水银密封处为薄弱

点, 在设备故障和人员操作失误时, 槽内压力上涨超出水银高度耐压值后造成水银喷溅, 致使生产中中断, 必须回收水银重新补足高度后方能继续使用; ③水解现场操作人员在清槽、日常操作及回收水银过程中会吸入暴露在外的水银所形成的汞蒸气, 汞蒸气有剧毒, 对操作人员职业健康安全会造成危害; ④生产现场水解槽顶环境很难保持干净。

水解槽搅拌机械密封的方式依靠机械端面就能达到很好的密封效果, 且密封处耐压值远远大于工作压力, 设备运行平稳, 可靠, 需注意观察控制搅拌密封冷却水流畅, 使用优点: ①机械密封材料对操作人员身体无毒害作用; ②水解操作压力安全范围宽, 无介质泄漏, 操作控制更为安全、方便; ③水解操作控制无需频繁开放空阀, 升温稳定, 节约蒸汽能源, 2021 年 4 月蒸汽单耗 4.69t, 6 月蒸汽单耗 4.65t, 每生产 1t 钛白粉节约蒸汽 0.04t, 以和诚每月 7200t 产量计算, 每月可节约蒸汽 288t 蒸汽; ④生产现场环境卫生整洁。

缺点是: ①一次性投入高; ②机械密封端面长期使用后期会出现磨损, 需专业人员维护。

4 对比结论

通过以上分析对比, 水解槽搅拌技改成机械密封对操作人员更健康环保、安全, 运行稳定, 水解操作控制过程更为平稳有利于稳定控制水解质量, 操作方便节约蒸汽能源, 减轻清理水解槽工作量, 泄露率低, 密封性能可靠, 使用寿命长, 较水银密封运行效果好, 更经济运行。

参考文献:

- [1] 裴润. 硫酸法钛白粉生产 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1982.
- [2] 张益都. 硫酸法钛白粉生产技术创新 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [3] 顾炳其. 立式搅拌釜机械密封的结构分析与改进 [J]. 石油化工技术与经济, 2012(8):153-155.
- [4] 冯晓敏. 浅谈机械密封的选用 [J]. 教学交流, 2011(25): 122-123.
- [5] 高武民. 机械密封的失效原因分析及实际应用 [J]. 石油化工设备技术, 2002(23):55-59.
- [6] 赵加来. 浅析硫酸法钛白粉清洁生产工艺 [J]. 幸福生活指南, 2019(31):1-1.
- [7] 李红, 钟璟, 邢卫红. 硫酸法钛白粉生产工艺中的偏钛酸回收新技术研究 [J]. 水处理技术, 1995(06):325-329.
- [8] 孙根儿. 硫酸法钛白粉生产过程中废酸和废水的治理 [J]. 山东环境, 2002(06):45-46.
- [9] 李大成, 周大利, 刘恒, 等. 我国硫酸法钛白粉生产工艺存在的问题和技改措施 [J]. 现代化工, 2000(08):30-33.
- [10] 牛萌, 田强. 硫酸法生产钛白粉的主要环境问题及对策 [J]. 工程技术(全文版), 2016(9):225-225.
- [11] 熊素玉. 硫酸法生产钛白粉的主要环境问题及对策 [J]. 化工设计通讯, 2005(02):48-50+53.