

# 不锈钢酸洗项目中防腐蚀材料及结构选择

(上海富晨化工有限公司 上海 200233)

## 摘要:

本文根据不锈钢酸洗项目中腐蚀介质的状态, 主要分析了常见防腐蚀材料的不同性能, 对酸液贮罐、地面、设备、地沟地坑、废液处理池等需防腐的地方进行了结构和选材方面的优化设计, 给出了不同介质情况下, 如何选择合适的防腐蚀材料的建议, 在保证防腐蚀寿命的基础上, 合理的降低了成本, 可以作为生产厂家和防腐蚀公司的选材及施工的指导。

## 关键词:

不锈钢酸洗 防腐蚀 材料 结构 树脂

## 1、前言

由于不锈钢具有优越的耐蚀性、耐磨性、强韧性和良好的加工性能, 被广泛的应用于航空、海洋、军工、化工、能源及日用家具、建筑装潢、交通等领域, 市场前景看好, 而不锈钢的酸洗处理过程是不锈钢生产和制品加工中的一个必不可少的一环。不锈钢酸洗工艺选用的酸洗液一般为多种酸的混合物, 主要有硫酸、硝酸和氢氟酸等, 这些混合酸的腐蚀性很强且具有很强的氧化性, 腐蚀介质的温度也比较高, 这些对防腐材料的耐蚀性能提出了很高的要求。

我们公司根据多年树脂的应用经验, 和对不锈钢酸洗生产线的工艺和防腐工程的研究, 针对不同应用场合的介质条件选用的防腐蚀材料进行了归纳, 希望能给不锈钢酸洗生产线的防腐蚀提供参考。

## 2、不锈钢酸洗项目介绍

不锈钢酸洗原理是使用酸性液体, 去除预处理后钢材表面的氧化物表皮, 去除表面的金属离子, 使其具有美好的光洁度。酸洗的材料形态有带洗、管洗、板洗、线洗等, 无论何种工艺的酸洗, 不锈钢酸洗生产线工艺从生产到废水废气回收系统之间的各个环节都存在很强的腐蚀状态。因此, 防腐材料选择的好坏直接关系到设备、车间地坪、地沟、废水废气的环保回收系统等处的正常使用。常用的酸洗工艺如下:

### 2.1 酸洗段工艺流程:

→原酸贮备→预清洗段(约 3.5 米)→硫酸酸洗段(约 12 米)→HF+HNO<sub>3</sub>混酸酸洗段(约 14 米)→清洗段(三段式约 8 米)→烘干段(约 4 米)→废酸液回收→废水废气处理系统

根据以上酸洗工艺的流程, 需要防腐蚀处理工作的地方主要有:

1) 酸(清)洗钢制槽体及平台;

2) 酸路系统(包括新酸系统、酸循环系统、废酸系统的贮罐和管道);

3) 酸雾收集系统(包括槽盖及收集管道);

4) 车间的钢筋混凝土地坪(包括设备基础地坪)、地沟和地坑。

## 2.2 不锈钢酸洗工艺的腐蚀介质:

不锈钢酸洗工艺中,各个工段具有不同的腐蚀介质,由某钢铁公司提供的酸洗液介质状况如下:

1) 原酸液:

硫酸:槽中液浓度 150—300g/L,温度为<90℃,原液浓度 98%;

硝酸:槽中液浓度 100—200g/L,温度为<90℃,原液浓度 65%;

氢氟酸:槽中液浓度 40—60g/L,温度为<65℃,原液浓度 70%。

2) 混合酸:

硝酸和氢氟酸:槽中液浓度 40—60g/L,温度为<65℃。

3) 废水:

含多种重金属离子、盐类和含氟离子的酸性废水。

4) 废气:

含 HF、NO<sub>x</sub> 的废气。

从以上介质条件可以看出,介质的腐蚀性很强,尤其是硫酸和硝酸的浓度和温度比较高,具有很强的氧化性;因此在酸洗工艺中介质的贮存和使用介质的设备对防腐材料的要求很高。

## 3、各处防腐蚀处理方法

根据以上工段的不同腐蚀介质,对不同工段的设备和地面需要不同的防腐蚀处理,具体的防腐蚀方式在下表中进行了总结:

序号	名称	说明
1	酸(清)洗槽体	1、所有槽体均为钢结构焊接件,内外衬玻璃钢防腐,内部厚度不低于 6mm,外部为二布一毡四油; 2、槽内设置 PVC20 防撞层; 3、槽两侧设置玻璃钢格栅平台;
2	酸路系统	1、酸泵选用优质耐酸泵类; 2、酸路系统的管道材质采用玻璃钢; 3、酸贮罐材质: 硫酸原酸罐:铝罐; 硝酸原酸罐:铝罐;

		氢氟酸原酸罐：玻璃钢； 混酸配酸罐：玻璃钢； 硫酸循环罐：玻璃钢； 混酸循环罐：玻璃钢； 清洗水循环罐：玻璃钢； 废酸罐：玻璃钢；
3	酸雾收集系统	1、槽盖、风管均采用耐腐蚀玻璃钢； 2、槽盖连接密封采用特制 Q 形密封圈； 3、风管配备相应插板阀和水封接头；
4	地坪、地沟和地坑	1、车间地坪及设备基础防腐采用乙烯基树脂砂浆地坪； 2、地沟和地坑基础防腐采用乙烯基树脂胶泥做隔离层，外衬耐酸砖；

#### 4、常用酸洗项目防腐材料分析

不锈钢酸洗生产线的地面和设备的防腐，现在基本上用玻璃钢材质，而做成玻璃钢的主要原材料（树脂）是直接决定防腐效果的关键，因此，树脂选择的好坏就直接影响着防腐寿命。我司根据多年的树脂应用经验，对常用的几种防腐树脂的防腐特性和使用特性归纳如下：

##### 4.1 环氧树脂<sup>[2]</sup>

酸洗项目中原来使用的是双酚 A 型环氧树脂，最早应用于 60 年代。这种树脂耐盐酸、稀硫酸和盐类介质性能较好，而且粘结强度大，固化收缩率低，因此在酸洗项目上曾一度被广泛使用。但是环氧树脂的耐温性能不好（其 HDT 不大于 80℃），一般在 70℃ 的环境下使用，尤其是作为 FRP 内衬时，使用温度一般不能超过 70℃，否则会出出现“脱层”等防腐失效情况，同时在胺类固化剂（如 T31）成型条件下，固化成膜物的耐酸性能尤其耐氢氟酸性相对较差，而且施工操作工艺等性能差，所以应用上受到了限制，在防腐实践中现在逐渐被其他树脂（如环氧改性乙烯基树脂）代替。

##### 4.2 呋喃树脂<sup>[2]</sup>

呋喃树脂具有很好的耐腐蚀性能，耐温性能好，温度可达 180~200℃，因此在 60 年代的防腐工程中得到大量应用。但是呋喃树脂不耐浓硫酸及浓硝酸等氧化性介质，而且呋喃树脂的粘结强度低，脆性比较大，施工工艺和固化性能不好，所以一般情况下不推荐使用。

新近开发的室温固化型呋喃树脂（899），在保持呋喃树脂耐腐耐温的同时，改善了施工工艺性，降低了固化要求，减少固化后残留的气泡。

##### 4.3 双酚 A 不饱和聚酯树脂<sup>[2]</sup>

双酚 A 不饱和聚酯树脂 (197A) 在酸洗项目中应用开始于 70 年代, 具有较好的耐酸、碱、盐腐蚀特性, 耐高温性能良好, 固化和施工工艺方便, 因此在防腐蚀工程用比较适用。

#### 4.4 特种芳烃树脂<sup>[2]</sup>

二甲苯树脂一直以来是国内防腐蚀企业普遍使用的防腐蚀树脂之一, 这类树脂具有较好的防腐蚀特性和工艺特性, 但由于一些厂家的合成技术问题, 通常有固化物表面发粘的现象, 影响使用效果。新开发提高的特种芳烃树脂 (902), 具有更好的耐化学腐蚀性能, 尤其耐硫酸和硝酸性能, 可以在 80℃ 下的化学介质中使用。该树脂能够在室温下快速固化, 固化收缩率较低, 并且常温下粘度很低, 具有很好的施工工艺性, 因此适合于玻璃钢和防腐蚀工程的使用, 综合树脂的工艺性能、防腐蚀性能和成本等方面的考虑, 该树脂越来越多的代替了环氧树脂和双酚 A 不饱和树脂。

#### 4.5 环氧乙烯基酯树脂<sup>[2][7]</sup>

环氧乙烯基树脂是目前国内外防腐蚀领域的首选材料, 它是由环氧树脂和甲基丙烯酸合成而制得, 因此保留了环氧树脂结构的同时, 又具有不饱和树脂很好的加工工艺性和固化性能。自 20 世纪 60 年代推出以来, 得到迅猛发展, 国内乙烯基树脂的应用起于 80 年代, 90 年代开始在酸洗项目中使用, 由于乙烯基树脂的良好的优异性能, 使得该树脂取代了其他树脂, 成为酸洗工程防腐蚀首选的产品。

乙烯基树脂种类比较多, 但根据环氧基团的不同分为双酚 A 环氧乙烯基树脂 (如 854、411) 和酚醛环氧乙烯基树脂 (890、470)。前者具有很好的耐化学腐蚀性能, 较高的延伸率和韧性, 工艺性能好, 广泛应用耐腐蚀玻璃钢和防腐工程。后者含有多个稳定的苯环, 固化后交联密度大, 耐热性能和耐腐蚀性能较好, 在耐氧化性酸、含氯溶液和有机溶剂方面优异。在酸洗项目中氧化性强、温度较高时一般选用酚醛环氧乙烯基树脂。

但在实际施工中由于易受工矿条件、施工等因素的影响, 希望有更耐高温的树脂出现, 以获得更加满意的效果。最近开发的高交联密度乙烯基树脂 (898), 热变形温度高达 155℃, 在耐温和耐氧化性介质条件下有更好的实际使用效果。

在防腐蚀施工中, 无论内衬玻璃钢工艺, 还是树脂砂浆施工工艺, 均要求树脂有较小的固化收缩率, 以减小树脂在固化过程中产生的收缩内应力, 从而减少腐蚀失效隐患的产生。因此在防腐蚀施工中要求树脂的收缩率不能太大, 否则可能会导致玻璃钢衬里“脱壳”, 而引起防腐蚀失效。根据工程需要所开发的低收缩双酚 A 乙烯基树脂 (891), 固化收缩率为 0.014%, 比常规乙烯基树脂 (固化收缩率为 2-4%) 小的多, 与基础的粘结性好, 具有很好的耐化学介质腐蚀、和填料的相容性好, 更适合酸洗项目地坪、地沟和地坑的防腐蚀。

#### 4.6 氯化不饱和聚酯树脂<sup>[1]</sup>

合成而来, 氯含量高达 54.4%, 对水、醇、碱具有高度的稳定性, 优异的氧化性酸及高温湿氯气等氧化性介质, 突出的耐含氯溶液介质和耐高温性能, 并具有良好的阻燃特性。因此酸洗项目中的氧化性酸 (硫酸和硝酸)、氢氟酸、混合酸及废酸玻璃钢贮罐的内衬很适合采用该树脂。

## 4.7 聚偏二氟乙烯 (PVDF)

聚偏二氟乙烯具有耐卤素及卤代烃, 强氧化剂, 沸酸、碱、盐及溶剂的优异特性, 但是不耐发烟硫酸、浓热硫酸、硝酸。这种材料在酸洗项目中做防腐蚀贮罐的内衬, 外用玻璃钢复合增强, 耐氢氟酸及混酸溶液。但是 PVDF 和玻璃钢复合制作时, 复合层的粘结强度不太好, 造成 FRP/PVDF 复合罐的整体性不好, 影响防腐蚀质量, 在酸洗工艺中应用也出现了一些问题, 所以复合贮罐的使用还有待进一步考证。

## 4.8 玻璃鳞片胶泥和涂料 (VEGF 材料) [6][8]

玻璃鳞片胶泥和涂料是由高性能环氧乙烯基树脂和 C-玻璃鳞片复合而成, 具有优良的耐化学介质、耐高温湿态腐蚀性气体性能、极低的水蒸气渗透率、硬化收缩率小、线膨胀系数低、耐温度冲击、磨耗系数小、施工简单、常温固化和易于修补等优点。在不锈钢酸洗项目中废气处理设备的防腐蚀得到了很好的使用。

## 4.9 各种防腐蚀材料的参数比较 (以下是 65°C 的比较, 耐腐蚀性与温度和浓度都有关。)[2]

树脂性能	环氧树脂	呋喃树脂	双酚 A 树脂	芳烃树脂	乙烯基树脂		氯化不饱和树脂	PVDF/FRP	
					双酚 A	酚醛环氧			
耐腐蚀性	盐酸	耐	耐	耐	耐	耐	耐	耐	
	硫酸	20%耐	70%耐	75%耐	<70%耐	<70%耐	<75%耐	耐	
	硝酸	不耐	<5%耐	5%耐	耐	10%耐	20%耐	20%耐	耐
	氢氟酸	不耐	耐	不耐	不耐	10%耐	10%耐	10%耐	耐
	NaOH	耐	耐	耐	耐	耐	>25%耐	不耐	耐
	废酸	不耐	不耐	不耐	不耐	不耐	不耐	耐	耐
	废液盐	耐	耐	耐	耐	耐	耐	耐	耐
力学性能	高	不好	高	不太高	高	高	高	高	
粘结力	好	不好	好	好	好	好	好	不好	
收缩率	小	大	大	较大	较大	较大	较大	较大	
使用温度	70°C	180°C	100°C	80°C	105°C	125°C	120°C	105°C	
施工工艺	差	差	好	好	好	好	不太好	不太好	
固化工艺	差	差	好	好	好	好	不太好	好	
价格	较低	低	较高	较低	较高	较高	较高	高	

## 5、防腐蚀方式和材料选择 [2][3][4][5]

## 5.1 玻璃钢管道和贮罐的结构及原材料选择

酸洗项目中所用的贮罐和管路系统及酸雾回收系统现在基本上选用玻璃钢材质，结构为防渗层+防腐层+结构强度层。一般情况下，防渗层和防腐层至少要 6-8mm。树脂选用合适的耐腐蚀环氧乙烯基酯树脂（在介质为非氧化性酸、温度条件不是很高时，宜选用双酚 A 环氧乙烯基树脂；在氧化性酸、温度条件要求高时，宜选用酚醛环氧乙烯基树脂。下同），为了降低成本，结构层大都选用间苯不饱和聚酯树脂，厚度根据具体的结构设计计算。对于混酸和废酸贮罐，由于腐蚀介质比较复杂，一般选用 PVDF/FRP 复合罐，但是解决复合罐间 PVDF 和玻璃钢的粘结是一个亟待解决的问题，而且价格较高，造成成本的增加。我们建议采用整体玻璃钢形式，选用海特酸树脂（791H）做为内衬防腐材料，能满足以上介质条件的防腐要求，综合成本降低，而且由于是采用玻璃钢形式，整体性能好，保证了产品质量。

增强材料选用无碱玻璃纤维毡、无碱无捻纱，但在含有氢氟酸的介质条件下，内衬防渗层增强材料要采用有机纤维增强材料（如涤纶布），而不能选用玻璃纤维毡。

## 5.2 酸洗槽体的内外衬防腐

内外衬防腐采用玻璃钢衬里，内衬做成厚度为不少于 6mm，外层结构选用二布一毡四油工艺。树脂建议选用环氧乙烯基树脂，增强材料的选择同上。

## 5.3 车间地坪、设备基础防腐

车间地坪、设备基础的防腐采用树脂砂浆地坪结构（总厚度约为 7-10mm），结构为：底漆 1~2 道+玻璃钢（2 布 3 油）隔离层+树脂砂浆层（5-7mm）+面层（约 1mm）。

地坪、设备基础的防腐树脂现在都采用环氧乙烯基树脂，但是在底漆的选择上，许多施工单位还习惯采用环氧树脂做底涂材料，以增加树脂和基层的粘结性能，但是环氧树脂一般会采用胺类固化剂，固化后表面有油性物质浮出，再和乙烯基树脂粘结时，不能够很好的匹配，需要对固化后的表面进行处理方可进行后续的防腐结构施工，若处理不好容易分层、开裂。我们根据多年的产品应用情况，做了底涂材料的粘结实验，环氧乙烯基树脂和混凝土基础间粘结力达 2MPa 以上，在抗拉试验中，混凝土基础是最早受破坏的，而树脂和基层的粘结层还没有分离，所以环氧乙烯基树脂作为底涂材料已经具有足够的粘结性能，因此现在防腐协会推荐直接用环氧乙烯基树脂作为底涂材料进行打底，其他各层采用相同的环氧乙烯基树脂。增强材料选用玻璃布、石英砂和石英粉，但在含有氢氟酸介质时选用重晶石砂和重晶石粉。

## 5.4 地沟、地坑的防腐

地沟、地坑防腐采用树脂胶泥外衬耐酸砖，结构为：底漆 1~2 道+玻璃钢（2 布 3 油）隔离层+树脂胶泥外衬耐酸砖。

有些厂家亦采用乙烯基玻璃鳞片胶泥涂料（VEGF）进行防腐蚀施工。

## 5.5 废水处理池防腐蚀

废水处理池防腐蚀采用玻璃钢衬里结构，厚度为 2—4mm，树脂采用环氧乙烯基树脂，增强材料选用的玻璃布、玻璃毡和涤纶布和毡的复合。废水废气盖子采用的防腐蚀材料多为衬玻璃钢或喷玻璃鳞片胶泥涂料（VEGF）。

## 5.6 其它

为了降低成本，在某些腐蚀条件不是很高的情况下，防腐蚀地坪选用环氧树脂和特种芳烃树脂的也比较多。我们从综合成本、施工工艺、固化工艺、耐腐蚀机理和对人的健康与保护环境方面考虑，推荐使用特种芳烃树脂。

## 6、应用实例

6.1 2002 年浙江某不锈钢公司，酸洗槽的防腐蚀采用环氧乙烯基树脂；地面采用环氧乙烯基树脂打底+二布三油乙烯基树脂玻璃钢隔离层+6mm 乙烯基树脂砂浆面层；地沟和地坑采用环氧乙烯基树脂打底+二布三油乙烯基树脂玻璃钢隔离层+乙烯基树脂胶泥砌筑 150\*150\*20 耐酸砖面层（硝酸和氢氟酸区域面层采用 150\*150\*50 不透性石墨砖）。做好后投入使用至今，没有开裂、脱离等现象，没有明显的腐蚀现象。

6.2 2001 年上海某不锈钢公司，废酸坑壁和盖板采用环氧树脂打底+二布三油乙烯基树脂玻璃钢隔离层+乙烯基树脂鳞片涂料（0.5mm）。投入使用至今，没有脱落、开裂等现象，除颜色轻微的改变外，没有明显的腐蚀现象。

6.3 2002 年广州某不锈钢公司，设备容器采用玻璃钢材质，内衬树脂选用环氧乙烯基树脂，结构采用间苯不饱和树脂；氢氟酸贮罐采用 PVDF 作内衬，外缠乙烯基树脂玻璃钢增强。投入使用后，没有明显的腐蚀现象，使用良好。

(Shanghai Fuchen Chemicals Corp., Shanghai 200235, P.R.China)

**Abstract:** This article has explained anti-corrosion condition in stainless steel production line, and as well accounted for the varieties AC materials' performance, thereby we conclude the right materials selection and there constructions in different corrosion-pending parts and items in the production line, which is good reference of the guarantee engineering quantity but effective in cost, no matter for the end-users and engineering firms.

**Keywords:** Stainless steel production line; anti-corrosion; material; construction; resin

### 参考文献

- [1] 王天堂,等. 海特隆酸不饱和聚酯树脂的性能及应用. 氯碱工业, 2002, 273(5) :40-41.
- [2] 中国腐蚀与防护学会主编, 合成树脂及玻璃钢, 北京: 化学工业出版社出版, 1995
- [3] GB50212-2002, 建筑防腐蚀工程施工及验收规范
- [4] 陆士平,等. 建筑防腐蚀材料设计与施工手册. 北京:化学工业出版社, 1996
- [5] 化学工业部化工机械研究院主编, 腐蚀与防护手册(耐蚀非金属材料及防腐施工), 北京: 化学工业出版社, 1997
- [6] 陆士平,等. 耐蚀鳞片胶泥在脱硫烟道中的应用. 腐蚀与防护, 2001, 22(1) :30-31.
- [7] 王天堂、陆士平等, 酚醛环氧乙烯基酯树脂的性能及在耐高温强腐蚀场合中的应用, 全面腐蚀控制, 2001年05期(4)
- [8] 王天堂、陆士平等, VEGF 鳞片胶泥在烟气脱硫装置中的应用, 中国环保产业, 2002年Z1期(30)