

喷射浇注技术在焚硫炉筑炉中的应用

宜都兴发化工有限公司 冯俊杰 吴保全 周刚

【关键词】 焚硫炉 烟箱 内衬 介绍 选择 热损

宜都兴发化工有限公司作为刚刚步入磷复肥行业的企业，在第一套 836 装置的立项、建设中，800kt/a 硫磺制酸装置焚硫炉和废热锅炉前烟箱的内衬方式作为一个重要课题，进行了充分考察和论证，最终决定：焚硫炉采用新型内衬筑炉方法，即全喷射浇注筑炉方法；废热锅炉前烟箱采用传统的筑炉方法，即内衬采用一层保温砖和二层耐火砖。

1 焚硫炉全喷涂工艺介绍

焚硫炉的主体结构完成后，在壳体内壁焊好锚钉，将用胶水配好浇注材料，通过空压机送到焚硫炉内，通过喷枪将浇注料喷涂在壳体内表面上。

1.1 施工所需的耐火材料相关技术指标

1.1.1 挡墙耐磨浇注料技术指标

牌号 BGJ-70F	Al ₂ O ₃	耐压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)		线变化率 (%)	体积密度 (g/cm ³)	加水量 (%)
		110℃ × 24h	1450℃ × 3h	110℃ × 24h	1450℃ × 3h			
	≥70	≥30	≥50	≥6	≥9	±0.3	≥2.7	6~8

1.1.2 喷射浇注料技术指标

牌号		BZP—2	BZP—5
耐火度℃		1710	1530
Al ₂ O ₃ (%)		≥60	≥35
体积密度 (g/cm ³)		≥2.35	≤1.1
冷态 耐压强度 (MPa)	110℃	≥20	≥3
	1000℃	≥38	≥6
	℃	≥50 (1400)	
线变化率%	110℃	~0	~0
	1000℃	0~0.3	0~-1.0
加水（结合剂）率%		10-13	/
保温和耐火材料采用分层施工，浇注或喷涂成型；耐火内衬厚度：保温喷射浇注料 270mm；耐火喷射浇注料 330mm；			

1.1.3 锚固钉技术指标

锚固钉材质：321；锚固钉直径： $\phi 6$

1.2 施工方法

1.2.1 浇注或喷涂施工前，清理内衬里的内表面清除松散的铁锈废屑、粉尘、或其它脏物，按照焚硫炉锚固件布置图排列焊接锚固件。

1.2.2 从上半圆开始浇注或喷涂保温或耐火材料。要求按照焚硫炉图纸尺寸布置三道炉内隔墙的控制线，安装模板，布置耐热钢筋骨架，待上述工作检查合格后，方可进行保温及耐火材料浇注或喷涂施工。耐火材料完全凝固合格后拆除模板。

1.2.3 分段支设控制厚度的弧形板。以弧形板为导向面进行耐火材料的喷涂或浇注施工，喷涂或浇注一段后应进行刮毛修整工作，使耐火材料达到设计的厚度。

1.2.4 浇注或喷涂施工时的抛洒材料严禁二次重复使用，必须清除炉外运至垃圾堆作废处理。

1.2.5 保温耐火衬里要求整体浇注或喷涂，同时考虑保温耐火衬里材料的膨胀问题，按照焚硫炉施工要求的间隙尺寸留足膨胀间隙。

2 废热锅炉前烟箱衬砖工艺介绍

在烟箱主体结构完成后，在壳体内部先用硅酸铝纤维毡粘贴，然后支架制模，最后用高铝砖加隔热砖按施工要求砌筑即可。

2.1 施工所需的耐火材料相关技术指标

2.1.1 高铝耐火砖理化指标

1	Al_2O_3 (%)	≥ 55
2	耐火度 ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 1780
3	体积密度 (kg/m^3)	≥ 2.3
4	荷重软化温度 $T_{0.6}$ ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 1500
5	常温耐压强度 (MPa)	≥ 50

2.1.2 隔热耐火砖理化指标

1	体积密度 (g/cm^3)	0.6
2	常温耐压强度 (MPa)	≥ 2.5
3	重烧线变化不大于 2% 的试验温度 ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 1200
4	导热系数 (平均温度 $350+25^{\circ}$)	≤ 2.5

2.1.3 磷酸盐混凝土理化指标

产品名称		磷酸盐混凝土
Al ₂ O ₃ (%)		90
SiO ₂ (%)		≤5
体积密度 (kg/m ³)		2.85
冷压强度 (MPa)	110℃×24h	80
	1000℃×3h	100
抗折强度 (MPa)	110℃×24h	8
	1000℃×3h	9

2.1.4 内衬厚度要求,砌保温砖厚度 230mm,再砌耐火砖两层,厚度分别为 114mm 和 230mm。

2.2 废热锅炉前烟箱施工

2.2.1 搭建脚手架,用铁毛刷给壳体内部除锈,不平整的地方用角磨机磨平,清除杂物。砌筑部位用 $\delta=25\text{mm}$ 厚的硅酸铝纤维毡错缝粘贴两层。

2.2.2 砌筑时用木锤或橡胶锤敲打。反拱底从中心向两侧对称砌筑,两层砖同时砌筑,制作尺寸适合的拱胎,到拱顶用楔形砖封死。

2.2.3 隔热砖灰缝控制在 2~3mm,高铝砖灰缝控制在 1.6~2mm,灰缝均匀,砖面平整,同一灰缝以及不同层灰缝的泥浆必须饱满。

2.2.4 随壳体内部砌筑,耐火砖以壳体为基准进行砌筑。

2.2.5 胎面平整,拱和拱顶的放射缝应当与半径方向相吻合。

2.2.6 拱顶内表面砌筑平整,无错牙现象。

2.2.7 烟箱与锅炉壳相连部位的砌筑,根据实际进行切割,切除最小角度不大于 45°,不可使切割面作为向火面。

2.2.8 按图纸要求砌筑两层迷宫结构环形膨胀缝,向火面膨胀缝不可通往隔热砖,膨胀缝内用硅酸铝纤维毡填充。

2.3 钟罩阀烟管内衬施工

2.3.1 浇注施工时,模板支设时拼缝应加以泡沫封条以防止漏浆。浇注时要对称、均匀、连续,每层厚度不超过 300mm。

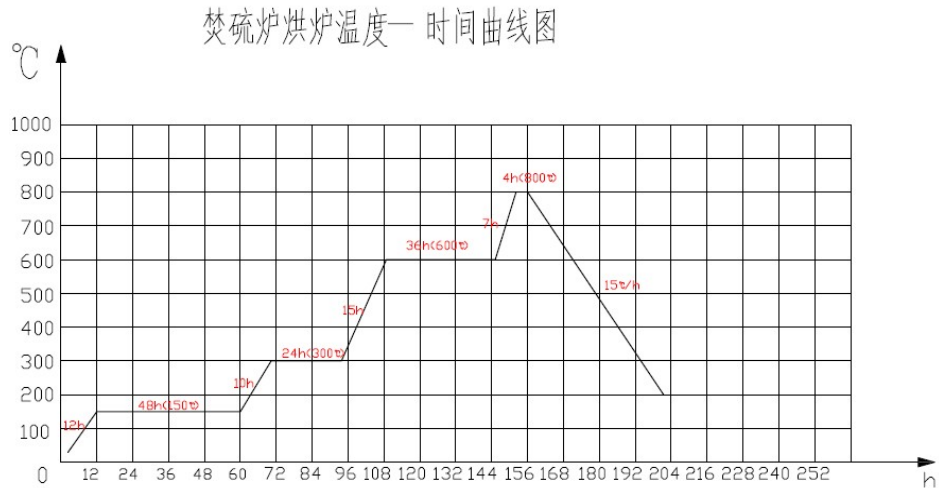
2.3.2 混凝土浇注时按图纸要求预留膨胀缝,膨胀缝宽度为 3 mm。

2.3.3 浇注完毕后约 4~8 小时后即可脱模或松开模板和部分支撑,使模板和衬

里有一个间隙，以利于风干养护。约 10-16 小时可拆除模板进行下一模的施工。同时要保证已拆除模板的衬里表面 24 小时保持湿润。模板可分块成片拆除。

3 烘炉

烘炉的目的是将炉内砌体中的水分慢慢烘干，以免在生产中，由于高温使炉内砌体水分急剧蒸发而出现裂缝，焚硫炉内砌体水分可分为三部分，游离水、结晶水和残余结合水。烘炉曲线见下图。



4 烘炉检查和实际运行情况及参数对比

4.1 烘炉后检查

4.1.1 焚硫炉内衬整体性较好，各膨胀缝纹路明晰，膨胀间隙（ $\leq 8\text{mm}$ ）均在标准范围内，内衬均呈暗红色。

4.1.2 废热锅炉烟箱内衬因在钢壳与隔热砖之间填充两层 $\delta = 25\text{mm}$ 硅酸铝纤维毡，烘炉后，烟箱内衬整体下沉约 30mm。

4.1.3 烟箱局部内衬砖缝隙过大，烘炉冷却后部分砖缝耐火泥脱落。

4.1.4 烟箱两个膨胀节处内衬处理不到位，导致膨胀节局部外露直接接触高温烟气。

4.2 运行温度参数及说明

在运行中，对焚硫炉、废热锅炉前烟箱及其膨胀节外壳温度进行实测，各参数如下：

焚硫炉（℃）			废热锅炉前烟箱（℃）			烟箱膨胀节（℃）	烟气温度（℃）	气温（℃）
顶部	中部	底部	顶部	中部	底部			
80-90	80-90	60-70	150-170	120-130	110-120	180-220	950-960	22

说明：由于烟箱内衬整体下沉、烟箱膨胀节局部外露，烟气在内衬与钢壳间窜

气，导致烟箱外壳相对偏高，顶部尤为明显，质保期内烟箱膨胀节被腐蚀化穿，最后不得不将膨胀节局部改为 304H 材质。

两种不同内衬方式相比较，全喷射浇注筑炉一次性投入相对要多投入 30%的资金，但在实际运行中与传统筑路方式相比，存在较大的优势。

a、全喷射浇注施工效率高，是衬砖施工的几倍。如果说施工质量是项目的建设的核心，那么效率就是项目建设的灵魂了，高效率的施工更容易得到青睐。

b、全喷射浇注不易出现顶部下沉现象。随着硫磺制酸规模不断向大型化发展，焚硫炉内径不断扩大，顶部下沉现象越发难以控制。顶部下层会导致焚硫炉局部温度升高，甚至壳体烧红碳化等一系列后果，。全喷射浇注技术是在焚硫炉顶部焊接锚固钉，然后进行喷涂，使内衬层形成一个整体，不易下层。

c、对于人孔或是边角落，全喷射浇注的施工质量更容易得到保证。焚硫炉内衬筑炉中是杜绝出现裂纹的，一旦出现裂纹，炉膛内烟气会渗入内衬与钢壳之间，产生冷凝酸腐蚀壳体。

d、全喷射浇注筑炉方法的隔热效果更好。上述焚硫炉与废热锅炉前烟箱外壳实测温度比较，焚硫炉外壳温度相对烟箱温度，平均低 30-50℃，降低了热能损失。

5 结语

国内陆续建成一大批硫磺制酸装置，单系列规模从 200kt/a 到 800kt/a，焚硫炉内衬筑炉的工艺更加合理完善。焚硫炉内衬方式的选择应考虑装置的规模和减少热量损失、生产的稳定运行，喷射浇注筑炉方式更适合大型装置。文章结尾，要感谢武汉市博泽高温新材料有限责任公司，是该公司研发的新材料、新技术解决了国内大型硫磺制酸装置高温烟气内衬存在的“顽疾”。