

第3章 锅 炉 检 修

第1节 锅 筒 检 修

(一) 锅筒的常见缺陷

1. 锅筒简介

上锅筒是一个汇集炉水及饱和蒸汽的圆筒形容器，它是锅炉的主要部件之一，也是锅炉检修关键部位之一。

工业水管锅炉的上锅筒，除去上锅筒本身的圆筒以外，其内部还包含着许多装置，主要有给水设备、汽水分离设备、加药装置、排污装置等。圆筒壁上有许多管座，联接后和下锅筒、水冷壁构成循环系统。此外，上锅筒上还装有水位计、安全阀、压力表等安全附件。还有进水阀、主汽阀、放空阀、自用蒸汽阀等管座。

工业水管锅炉目前使用最多的是具有两个锅筒的锅炉，通常称为双锅筒锅炉。两个锅筒以上的锅炉称为多锅筒锅炉。

工业水管锅炉的锅筒，一般都是采用10号或20号锅炉钢板卷制而成。锅筒的内径约为0.8~1.4m，长度约为4~13m，厚度12~25mm。汽水压力越高，则锅筒壁越厚。

旧式锅炉的锅筒是用钢板铆接而成的。这种锅筒在铆钉处容易腐蚀而发生漏泄，所以近代锅炉的锅筒不用铆接而用焊接而成。

在上锅筒的一端或两端须开有椭圆形的人孔，其所以要做成椭圆形，是为了尽可能将洞口做得小些，并且能将人孔盖放入及取出。在人孔与人孔盖的接触面间有衬垫，以防止漏泄。中低压锅炉多采用石棉垫，高压锅炉则采用高压石棉纸板衬垫或薄的金属如紫铜板作衬垫。

为了解决锅筒受热伸长、冷却收缩的问题，支

承锅筒的支座，一端应设有滚柱和留有膨胀间隙。

锅筒由于开孔较多，因而附加应力较大。同时锅筒壁较厚，在运行中容易产生温度差，引起热应力，容易产生腐蚀、裂纹、鼓泡、弯曲等缺陷。

2. 锅筒的常见缺陷

(1) 腐蚀

1) 锅筒内壁容易有水垢、水锈、油及其他有害物质，引起腐蚀；

① 上锅筒（汽鼓）汽水表面分界线上，容易发生一长条的局部腐蚀带。

② 在给水管出口处，容易发生腐蚀。

③ 锅筒内壁表面有点腐蚀或溃疡性腐蚀，一般常发生在锅筒封头板边和其他受加工应力大的部位，腐蚀都呈不规则形状的深坑。

④ 焊缝或焊渣堆积之处，极易产生针孔形腐蚀。

⑤ 上锅筒底部和下锅筒由于污垢（沉积物）的作用，容易形成垢下腐蚀。

点状腐蚀或溃疡性腐蚀的腐蚀特征是：锅炉内部金属表面，形成棕褐色硬壳的疤，硬壳下面充满着黑色的液体。如果擦去黑色的液体，金属表面留有深浅不同的凹痕。产生这种腐蚀的主要原因是给水不除氧或除氧不正常或停炉保护不善所造成的。

2) 锅筒外部表面与炉墙接触部分容易腐蚀。主要原因是由于附件渗漏或不注意防潮，特别是在停炉期间，容易受炉灰和潮气的侵蚀。其特征是：外面结成一层坚硬的灰垢和氧化皮。

(2) 裂纹

1) 水管锅炉锅筒上管孔带中的管孔之间、火管锅炉管板中的管孔之间容易出现裂纹（图3-1-1）。

2) 胀管管口产生裂纹（图3-1-2）。

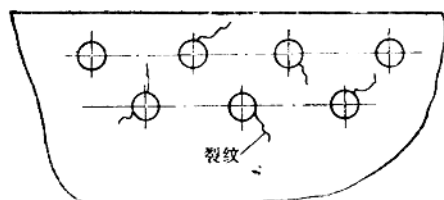


图3-1-1 管孔带中管孔之间的裂纹

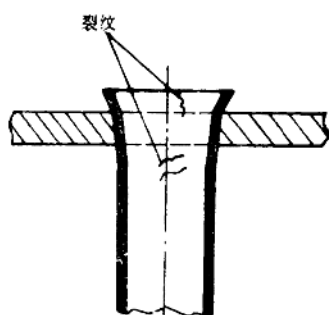


图3-1-2 胀管管口裂纹

3) 锅筒封头板边圆弧处内外表面容易产生裂纹(图3-1-3)。

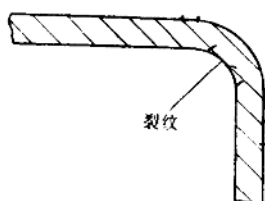


图3-1-3 板边圆弧处裂纹

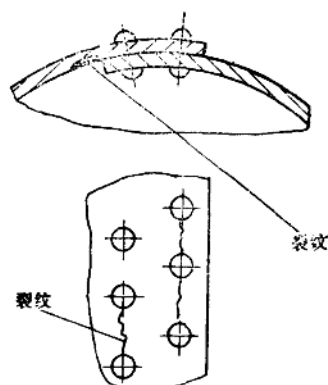


图3-1-4 铆接缝处起槽裂纹；铆钉孔之间的裂纹

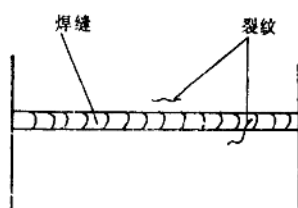


图3-1-5 焊缝及热影响区裂纹

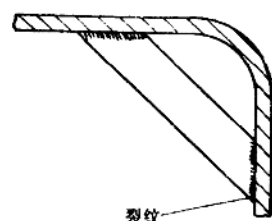


图3-1-6 卧式快装锅炉拉撑板与管板连接处的裂纹

4) 锅炉搭接锅筒，若纵向接缝采用搭接的话，铆接缝处容易产生起槽腐蚀裂纹；铆钉孔之间产生裂纹(图3-1-4)。

5) 焊缝及热影响区产生裂纹(图3-1-5)。

6) 卧式快装锅炉拉撑板与管板连接处产生裂纹(图3-1-6)。

7) 卧式快装锅炉烟室喉管处的裂纹(图3-1-7)，特别是早期快装锅炉更容易发生。

造成上述裂纹的主要原因，一般有如下几点。

1) 在锅炉制造时，有材料本身缺陷的裂纹，也有隐藏的焊接裂纹、焊缝中严重夹渣和未焊透等缺陷。如果及时发现，往往会引起裂纹的发展，是脆性破坏的起裂点。

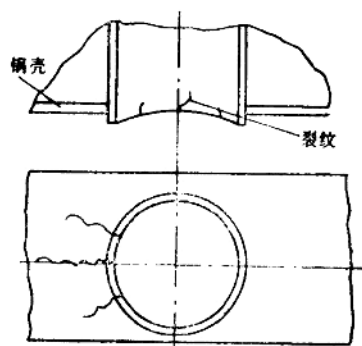


图3-1-7 烟室喉管处裂纹

2) 设计不良。锅炉结构为刚性结构, 若在高温火焰区钢板得不到炉水冷却, 管组水循环不好, 都会因热应力的作用产生裂纹。

3) 胀接工艺不当, 如过胀会使管孔壁应力过大, 产生硬化, 或胀接次数过多, 易造成管孔之间裂纹。

4) 锅炉安装时没有考虑锅筒热胀冷缩余地, 或是在安装过程中炉管装配不良, 形成互相吃劲, 会造成应力集中处的裂纹。

5) 锅炉运行过程中, 例如集中向炉内加冷水, 发生缺水事故时盲目补充水, 锅炉启动和停炉频繁, 并且时间短促, 因水质不好而结垢严重, 超负荷运行使水循环不良等都容易在受压元件上产生裂纹。

总之, 除上述一般原因外, 各个部位出现裂纹时, 还要视具体情况作具体的分析。

(3) 变形

1) 快装锅炉和纵置式长上锅筒锅炉的锅筒底部鼓泡变形 (图3-1-8和图3-1-9), 其主要原因是水质处理 (或没有水处理) 和排污结构不当, 造成结垢过多而过热变形。

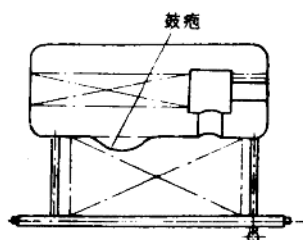


图3-1-8 卧式快装锅炉锅底鼓泡变形

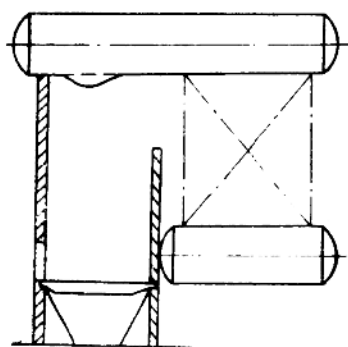


图3-1-9 SZF-10-1.3型上锅筒鼓泡变形

2) 锅筒的蒸汽空间发生鼓泡, 其主要是由于锅筒受热部分超过最低水位而造成局部过热变形。

3) 在运行中出现的弯曲变形, 其主要原因是由于锅筒膨胀不灵活和受热不均匀而造成的。如三锅筒弯水管锅炉 (斯特林锅炉) 的下锅筒出现过由于受热不均, 产生弯曲应力, 迫使锅筒弯曲变形的情况 (参见图3-1-23)。

(4) 渗漏

1) 人孔渗漏。由于垫料不严, 孔盖没有拧紧, 孔和盖配合不好。

2) 法兰接触处渗漏。由于垫料不平, 没有拧紧, 接触表面不平。

3) 管孔胀接处渗漏。由于胀接质量不好或胀接管子过热松动。

4) 铆接缝渗漏。由于铆接质量不好或铆接处过热引起铆钉和铆缝发生松动。

5) 焊接处渗漏。由于焊接质量不好有砂眼或裂口。

6) 钢板重皮处渗漏。

7) 钢板、管子烂穿渗漏。

(5) 苛性脆化现象 苛性脆化是锅炉金属的一种特殊的腐蚀形式, 由于引起这种腐蚀的主要原因是水中的苛性钠 (即NaOH), 使受腐蚀的金属发生脆化, 因而称为苛性脆化。又因为这种腐蚀结果是金属晶粒间发生裂纹, 所以也有称为晶间腐蚀的。

1) 产生苛性脆化同时要具备的三个条件

① 锅炉水具有侵蚀性, 即含有一定量的游离碱。

② 锅炉是铆接或有胀接的, 而且在这些部位有不严密的地方或有缝隙, 因而发生水质局部浓缩的过程。

③ 金属里有极高的、接近屈服点的应力。

2) 苛性脆化的特点

① 初期裂纹及其支纹是发生在晶粒边缘间的, 随着晶间裂纹的发展, 就会产生穿过晶粒的裂纹 (穿晶裂纹), 迅速扩展形成爆炸。

② 裂纹区域内无金属变形, 裂纹表面呈暗黑色。

③ 在接缝泄漏处形成苛性钠溶液 (10%以上的NaOH)。

炉水对碳素钢板的侵蚀作用, 取决于炉水里苛性钠含量的大小和溶液的温度。溶液的温度越高,

浓度即使低一些,也会发生碱腐蚀。

铆缝和胀口如果不严密,存在贯穿性缝隙,就会长期漏汽,而使苛性钠在缝隙里逐渐累积起来,浓度就逐渐升高,直至达到发生苛性脆化的危险程度。如果缝隙不是贯穿性的,则在锅炉压力发生波动的时候,缝隙里的炉水就自行蒸发,其苛性钠的浓度亦会逐渐增高而达到同样的危险程度。

紧贴着铆钉孔与胀口的那部分金属,由于铆接和胀接时产生的内应力以及锅炉压力所引起的应力及热应力,通常最容易产生足以形成苛性脆化的应力。

苛性脆化可以看作是一种特殊的电化学腐蚀,是由于晶粒和晶粒的边缘在高应力下发生电位差,形成腐蚀微电池而引起的。这时,晶粒边缘的电位比晶粒本身的低得很多,因而此边缘为阳极,遭到腐蚀。当侵蚀性溶液(如含有游离NaOH)和存在应力的金属相作用时,可以将处于晶粒边缘的原子除去,因而使腐蚀沿着晶粒间发展。

苛性脆化的发生除了有上述电化学过程外,阳极部分放出的氢对于腐蚀的发展也起很大的作用。因为氢容易扩散到金属中间和钢材中的碳,碳化物和其他杂质反应生成各种气体产物,而这些气体物质在金属中不易扩散,因而产生附加应力,使金属

的结构疏松,促使裂缝发展。

苛性脆化常发生在锅炉锅筒的铆接和胀接口处,如在铆钉头部发生脆化裂纹,有时甚至使铆钉头基本断裂,用榔头稍微敲打就会脱落下来。在锅炉的钢板上或铆接用的盖板上发生苛性脆化时,裂纹在铆钉孔周围呈放射状,有的由一个铆钉孔连到另一个铆钉孔。这种裂纹不只是在金属的表面,而且会深入到金属内部,甚至穿过金属壁。

苛性脆化的危险性就在于这种腐蚀发生的初期不容易发现,它不会形成溃疡点,也不会使金属变薄,而一旦有了这种腐蚀时,金属遭到破坏的速度会加速进行,当能察觉到有裂纹时,金属的损伤可能已达到严重的程度。锅炉金属苛性脆化的后果很严重,轻者是发现得早,也会使锅炉不能应用,重者会发生锅炉爆炸,造成严重的设备损坏和人身伤亡事故。

3) 苛性脆化的预防方法

- ① 控制炉水的相对碱度,使它小于20%。
- ② 防止锅炉附件产生附加应力。
- ③ 防止铆缝、胀口等处发生渗漏。

(二) 锅筒(汽鼓、泥鼓)检修质量要求

具体项目见表3-1-1。

表3-1-1 锅筒检修质量要求

序号	部 件 名 称	检 查 项 目	质 量 要 求	工 艺 方 法
1	锅筒内部清洗和检查	(1) 检查锅筒内壁和管孔周围	刷洗干净,不得有水垢、污泥、油垢和锈等杂物,特别是接缝处不允许有水锈等杂物存在	手工或机械除锈
		(2) 检查锅筒接缝胀口及其他任何部位	不得有任何裂纹、裂缝,不得有任何渗漏	确定裂纹性质后方可决定修理方法(见锅筒的修理工艺)
		(3) 检查锅筒是否有变形或鼓泡、凹坑等异常情况	无其它缺陷时,鼓泡变形高度不高于30mm,可进行加热用外力进行压平	当鼓泡严重时,采用挖补钢板进行焊接修理(见锅筒的修理工艺)
		(4) 检查锅筒内侧表面腐蚀情况	当锅筒内侧表面局部腐蚀面积不大时,腐蚀深度不超过3mm,用砂布或其他方法清理干净,露出金属光泽后,用锅炉漆或其他方法涂刷腐蚀处,以防继续腐蚀	腐蚀较严重时,进行强度核算,或采用堆焊方法修复(见锅筒钢板有效强度的核算)

(续)

序号	部 件 名 称	检 查 项 目	质 量 要 求	工 艺 方 法
1	锅筒内部清洗和检查	(5) 检查锅筒裂纹情况	不得有裂纹, 不得有苛性碱化现象	当锅筒的裂纹深度超过原厚度的15%或腐蚀超过原厚度15%~25%, 同时腐蚀面积较大而且裂纹较多较集中时, 不能采用焊补措施, 而应采用挖补钢板的方法 (见锅筒的修理工艺)
		(6) 检查胀管接头	胀管露头要一致, 不能有过胀、扁胀、裂纹、泄漏、渗漏等情况	见胀管工艺要求
		(7) 检查锅筒内部所有连接管路	汽水管路, 特别是压力表, 水位计联通管必须吹洗干净, 并要畅通	用洗管器清洗炉管时, 注意不使管头损伤或变形
		(8) 锅筒内侧刷锅炉漆	认真检查后, 并彻底清理和修理, 确认无隐患时, 应在锅筒内喷涂锅炉漆	
2	锅筒外部检查	(1) 检查和修理锅筒的人孔和人孔门的结合面	1) 结合面要彻底清扫, 其面上不准有旧垫料的残余和锈垢等杂物存在 2) 结合面应光滑平整, 不得有裂纹、径向沟槽和腐蚀麻点 3) 垫料形状和尺寸、材质都应符合人孔门的要求, 不得有刮、卡、变形和折纹, 要求平整 4) 人孔门的螺丝扣应完整, 不得乱扣, 螺帽在丝杆上应转动灵活, 不得刮、卡, 并应涂上铅油, 压杆不得有裂纹和变形 5) 安装人孔门时要检查结合面结合程度, 结合面应大于全宽度的 2/3 6) 安装人孔门时防止装偏、漏住和垫料挤偏现象	锅筒人孔门应符合规定要求
		(2) 检查锅筒外表面	锅筒外表面不得有裂纹、裂缝、漏泄和金属损坏现象。锅筒如有卷皮叠层现象, 可用手铲铲去, 然后磨光但去掉之厚度不得大于其厚度的10%	必要时可拆除绝热材料或炉墙

序号	部 件 名 称	检 查 项 目	质 量 要 求	工 艺 方 法
2	锅筒外部检查	(3) 锅筒弯曲检查与测量	锅筒每米长度内其直线度(弯曲值)不得超过1.5mm, 但全长内应符合下列要求: 焊接锅筒, 锅筒长度 5m 以下者, $0.15\% \times \text{长}$; 5m 以上者, $0.3\% \times \text{长}$	拉线法测量
		(4) 检查锅筒下部支座	锅筒下部的滑动辊轮要光滑, 不得锈住或卡住, 接触应均匀严密, 锅筒能伸缩自如, 应有足够的膨胀间隙	检查测量
		(5) 锅筒水平度检查	锅筒中心线与炉膛中心线(纵置式)偏差不得超过 2mm, 锅筒的平面度(水平度)差值不得超过 2mm	经纬仪吊线法
		(6) 支架、托架、吊架, 保温绝热、管件等检查	1) 支架、托架和吊架等均应完整牢固, 不得松动脱落 2) 表面焊接口, 管接头焊缝不得漏掉, 不得有裂纹、裂缝或焊块脱落现象 3) 凡接触火焰或烟气的锅筒表面, 应刷上防锈漆, 应用耐火材料保护, 厚度不得少于 80mm 4) 安全阀座接触面、锅筒与管道的结合法兰的结合面应光滑平整, 严密良好, 不得有任何漏泄 5) 水压试验应符合规定要求	检查
3	锅筒内部装置	(1) 锅筒内部装置的共同质量要求	1) 清除所有零件、部件上的水垢及其它沉淀粘着物 2) 内部装置的各部件的螺丝, 要求完整, 紧固不松 3) 分离器支架等不得有漏焊, 倾斜和弯曲变形等缺陷 4) 分离器的多孔板、百叶片和挡板等, 不得有凸凹不平现象	拆卸清洗

(续)

序号	部 件 名 称	检 查 项 目	质 量 要 求	工 艺 方 法
3	锅筒内部装置	(2) 给水管和给水槽检修	1) 给水管和给水槽不得有裂纹、裂缝, 不得有漏泄现象, 槽壁、管壁的腐蚀程度最大不得超过原厚度的 $1/2$ 2) 用平尺检查给水槽溢水边的水平度, 其水平差每米不得超过 0.5mm 3) 给水管出口孔不可使水喷向锅筒内壁, 孔眼要畅通, 无泥垢或水锈堵塞 4) 给水法兰要严密, 不得泄漏 5) 安装要牢固, 支架要完整	拆卸、清洗、检查
		(3) 阻汽板检修	1) 阻汽板腐蚀深度最大不得超过其原厚度的 $1/2$ 2) 阻汽板固定要结实, 固定位置正确, 不得有变形和开焊现象	拆卸检查
		(4) 表面排污管和定期排污管检修	1) 表面排污管和定期排污管不得有裂纹、裂缝、腐蚀程度最大不得超过其原厚度的 $1/2$ 2) 排污管最大直线度不超过 10mm 3) 管内要清洁无垢, 孔眼要畅通 4) 安装位置要正确、牢靠, 较长的排污管应设有撑架, 在撑架处应能使排污管自由伸缩	拆卸检查
		(5) 内置旋风分离器检修	1) 旋风子筒体的倾斜度, 其上下垂直中心线偏斜应不大于 3mm , 否则应该加以校正 2) 旋风子筒体、入口短管、上部百叶片和下部导水板等, 不能有开焊以及松动现象, 或其他的异常现象 3) 旋风子与汇流箱的联接法兰盘应严密, 销子无松动现象, 如果法兰盘漏泄, 应更换新垫料 4) 汇流箱应保持严密性, 如有开焊或变形, 应查明原因, 及时处理 5) 检查锅筒壁及汇流箱内各胀口的情况时, 应将旋风子按顺序卸下并编号, 清除脏物和水垢, 按原样复位	拆卸, 清洗, 测量, 检查

(三) 锅筒钢板有效强度的核算

在锅炉检修中,会遇到锅筒钢板减薄的问题,这时需作如下考虑:

1. 强度核算

当锅筒钢板减薄时,根据实际情况和质量要求,确定或测量减薄的最小残余厚度 S_1 ,按《水管锅炉受压元件强度计算标准》的有关规定进行验算。计算方法这里从略。但当强度核算后或审查强度计算时,应注意下列问题:

1) 在任何情况下,锅筒筒体壁厚都必须大于6mm。

2) 采用胀接结构时,锅筒筒体壁厚一般不得小于12mm。

3) 锅炉出口额定压力不大于2.5MPa的不绝热锅筒筒体,在烟温大于900℃的烟道或炉膛内,其壁厚不得大于20mm。

4) 锅炉出口额定压力不大于2.5MPa的不绝热锅筒筒体,在烟温为600~900℃之间的烟道内,其壁厚不得大于30mm。

5) 对于胀接管孔,其孔桥减弱系数 φ (纵向孔桥减弱系数)、 φ' (横向孔桥减弱系数)、 φ'' (斜向孔桥减弱系数)一般不宜小于0.3。

6) 在焊缝上,不应有胀接管孔。胀接管孔中心与焊缝边缘的距离不得小于 $0.8d$ (d 为管孔直径),而且不小于 $0.5d + 12\text{mm}$ 。

7) 焊接管孔避免开在焊缝上,不得已开孔时,应满足锅炉制造技术条件的要求,此时,该部位的减弱系数,取孔桥减弱系数和焊缝减弱系数的乘积。

8) 筒体上任何一个未加强孔的孔径,都不应大于未加强孔径的最大容许值。否则,必须在结构上采取适当措施将孔加强。

9) 筒体上各处的减弱系数应尽可能保持均等,以避免不必要的薄弱环节。在任何情况下,只有二个管孔处的孔桥减弱系数不应小于孔带的最小孔桥减弱系数。

2. 简单的强度核算及对减薄处的对策

因为锅筒上开有许多孔,使接缝处强度减弱,因此,在非接缝处的钢板(即无开孔处的钢板)是多余的。其最小厚度应是 φS (接缝效率乘钢板厚度)。

根据腐蚀部位的残余厚度 S_1 ,按不同情况参照

处理。

当 S_1 (剩余厚度)比 φS (接缝效率乘钢板厚度)大很多时,可以暂不修理,但应在凹坑处打磨见金属光泽,并圆滑过渡,采取防腐蚀措施。

当 S_1 (剩余厚度)稍大于或等于 φS (接缝效率乘钢板厚度)时,应采用堆焊的方法修理。

当 S_1 (剩余厚度)小于 φS (接缝效率乘钢板厚度)时,应进行挖补或采取更换的方法修理。

(四) 锅筒(汽鼓、泥鼓)的校核和检验

锅炉制造时受压元件几何尺寸偏差应符合有关规定,否则在运行过程中会产生额外应力和产生过热。锅筒的制造要求,应符合:JB1609—83《锅炉锅筒制造技术条件》;JB1622—83《锅炉胀接管孔尺寸及管端伸出长度》;JB1623—83《锅炉管孔中心距尺寸偏差》;JB1625—83《中、低压锅炉焊接管孔尺寸》等标准。但有的因为制造厂对质量控制不严或因在锅炉改造时未按上述标准进行,因此,在锅炉检修中,必须对遗留下来的原始缺陷,认真查清、校核,能消除的予以消除,一时不能消除的要加强监测,为安全运行提供可靠的依据。

1. 锅筒筒体的校核

(1) 焊缝位置

1) 要求每节筒体纵向焊缝不得多于2条,而且要求两焊缝中心线间的弧长,对中低压锅炉不少于300mm。同样,每节锅筒的长度不得小于300mm。如果这段距离太小,焊缝热影响区太靠近就不太好,另外小于300mm的钢板在滚圆时冷加工应力比较大(图3-1-10)。

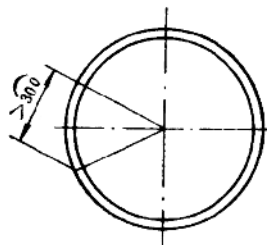


图3-1-10 锅筒筒体两条焊缝中心线间弧长

2) 各节筒体的纵向焊缝之间以及封头拼接焊缝和筒体纵向焊缝之间,均应互相错开。两焊缝中心间的弧长应不少于较厚钢板厚度的3倍,且不小

于100mm (图3-1-11)。由于纵向焊缝所受的应力要比环向焊缝大1倍,所以对纵向焊缝的要求更高。当纵向焊缝与环缝交叉,出现T字形接头时,此处应力集中,而且相交焊缝最容易出现缺陷。

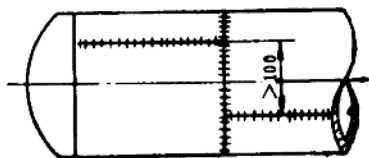


图3-1-11 纵向焊缝应错开

3) 筒体上的上升管或水冷壁下降管的开孔,其开孔的边沿,距离封头焊缝应不小于 $0.9D$ (图3-1-12)。

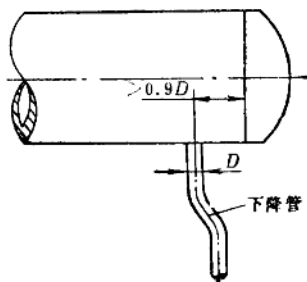


图3-1-12 开孔距封头焊缝的距离

4) 对于卧式快装锅炉等火焰直接接触锅壳的锅炉,纵向焊缝还不能布置在底部。因为底部一方面外侧受辐射热,一方面在水侧易堆积水垢,易造成焊缝金属的腐蚀和产生过热。

5) 筒体上焊接管孔一般不应开在焊缝上。低压工业锅炉在管子节距大于两倍管口直径时,允许在焊缝上开个别孔。但焊缝应进行100%无损探伤和作热处理。并在考虑减弱系数时,同时包含管孔带的减弱系数和焊缝的减弱系数。

(2) 焊缝对接的边缘偏差 ($\Delta\delta$) 厚度相同的钢板和厚度不同的钢板在对接时,纵缝错口偏差一般不能大于板厚的10%,并不能超过3mm。厚板和薄板要对接时,厚板高出薄板的厚度如果纵缝超过3mm,环缝超过5mm时,要把超出的厚度削薄,削薄长度不小于削薄厚度的4倍 (图3-1-13)。

如果对接的边缘偏差较大,锅壳在外力作用下

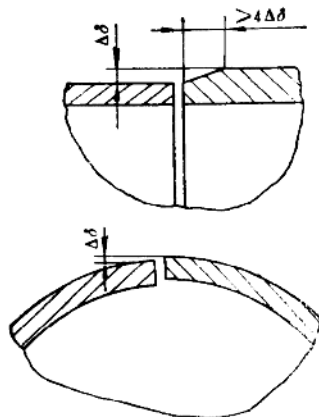


图3-1-13 焊缝对接的边缘偏差

接头处产生不正常的受力状态,并且由于偏差部分要产生位移,在焊缝处会产生较大的二次应力。

(3) 筒体几何形状和尺寸偏差 锅筒筒节的几何形状和尺寸偏差应不超过表3-1-2中的规定。

1) 中低压锅炉筒体表面质量: 筒节内外表面的凸起、凹陷、疤痕等缺陷当其深度为3~4mm时,可将其磨平。其深度大于4mm时,应补焊并修磨。

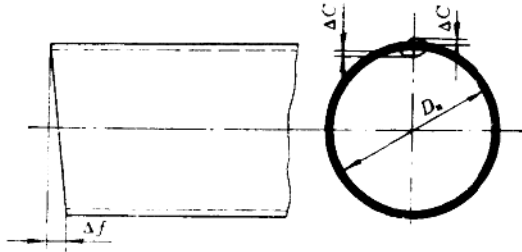
2) 圆度 ($D_{\max} - D_{\min}$) 和线轮廓度 (ΔC) 在锅炉受压时产生应力集中,因此,必须在规定范围之内。圆度是在加工及装配过程中造成的。在运行锅炉中,受内压的筒体在垂直于轴向的同一截面上,其最大内径与最小内径之差(简称筒体直径差),即为圆度。对于任何截面的测量(取平均值)不得超过其计算内径的1%(其值不超过20mm)。

3) 线轮廓度主要是在滚卷钢板时造成的。在卷制前未按照要求对两接缝头进行预弯或焊后未完全找圆所造成的。测量线轮廓度的方法 (图3-1-14 a) 是将外径卡样板1上的基准线对准焊缝中心,用直尺在焊缝两侧测出样板边缘到筒体2的距离与样板高度的差值即为线轮廓度。

4) 锅筒直线度主要各节筒体端面倾斜及装配误差所造成的。直线度的检测方法 (图3-1-14 b) 是在锅筒2两端离焊缝边缘的100mm处各放置等高的两块垫块3,在其上拉一条直线4,测量直线到筒体之间最大距离,减去垫块厚度,即为全长直线度 ($W-h$)。焊接后的锅筒每米长度直线度不得超过1.5mm,全长直线度: 当锅筒长度 $L \leq 5000$

表3-1-2 锅筒几何形状和尺寸偏差

mm



项 目	公称内径 D_n	内 径 偏 差 ΔD_n		圆 度 (椭圆度) $D_{max} - D_{min}$		线轮廓度 (棱角度) ΔC	端面倾斜度 Δf	热卷减薄量 ΔS
		冷 卷	热 卷	冷 卷	热 卷			
中 低 压 锅 炉	$D_n \leq 1000$	+3 -2	± 5	4	6	3	2	-3
	$1000 < D_n \leq 1500$	+5 -3	± 7	6	7	4	2	
	$D_n > 1500$	+7 -5	± 8	8	9	4	3	
高 压 锅 炉	$D_n \leq 1500$	± 5		$\leq 0.7\% D_n$		3	2	-4
	$D_n > 1500$	± 7					3	

注：1.线轮廓度（棱角度）只允许在纵向焊缝处存在，并用样板检查，样板弦长为 $\frac{1}{6}D_n$ ，且不得小于200mm。

2.筒体与筒体，或筒体与封头对接时，为保证其边缘偏差符合《JB1609—83》标准中1.4条的规定，必要时进行选配。

3.圆度（椭圆度） $D_{max} - D_{min}$ ，为筒体同一截面上最大内径和最小内径之差。

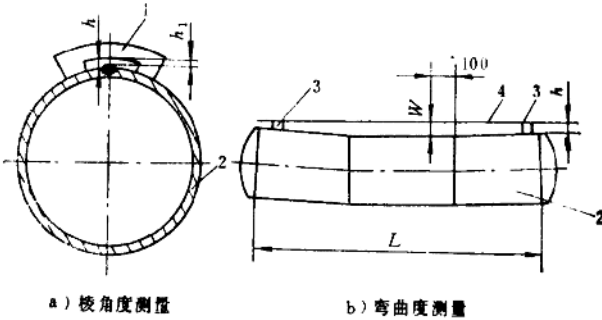


图3-1-14 锅筒测量

1—样板 2—锅筒 3—垫铁 4—拉线

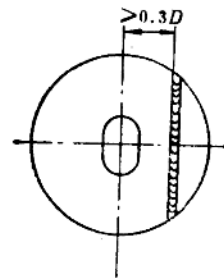


图3-1-15 封头拼接图

mm时，允许 $W - h \leq 5\text{mm}$ ；当 $5000\text{mm} \leq L \leq 7000\text{mm}$ 时，允许 $W - h \leq 7\text{mm}$ ；当 $7000\text{mm} \leq L \leq 10000\text{mm}$ 时，允许 $W - h \leq 10\text{mm}$ ；当 $10000\text{mm} \leq L \leq 15000\text{mm}$ 时，允许 $W - h \leq 15\text{mm}$ 。

2. 封头校验

校验封头主要是检验外观质量和几何尺寸。

1) 封头应尽量用整块钢板制成。如必须拼接时，应注意拼接的位置，拼接焊缝与封头中心线的距离应不超过 $0.3D$ （ D 为封头直径），并不得通过扳边人孔，且不得布置在人孔扳边圆弧上（图3-1-15）。

2) 封头与筒体对接处的圆柱部分长度一般不

少于25mm，球形封头允许无直段(图 3-1-15)。

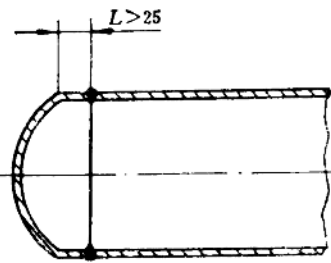
3) 封头的尺寸偏差示于图3-1-17。

4) 封头表面不允许有裂纹、刻痕、凹坑及凸起等。对于凸起、凹陷和刻痕等缺陷，当其深度不超过板厚的10%，且最大不超过 3mm 时，可将其磨光并平滑过渡。

5) 为便于检查工作的需要和核 对 查 阅 的 方便，现将锅炉受压元件制造质量检查项目、合格标准汇成表，以供参考 (表3-1-3~3-1-4)。

3. 锅筒在设计、安装中容易出现的问题

(1) 给水管和排污管设计不当 给水管应设给水槽，给水槽要水平，以使给水均匀，不要使给水直接溅到或喷到上锅筒壁上，否则会造成局部腐蚀和使上锅筒壁局部受到额外的温差应力。因此，上水管应为均匀的小孔 ($\phi 6\sim 10\text{mm}$)，离上水管远处的小孔直径比近处的要大些，以使给水均匀，同时应将上水管放入水平的给水槽中。有的锅炉设计



其直边要求如下 (mm)

钢板厚度 (B)	平 直 段 长 度 (L)
<10	>25
$10\sim 20$	$>S+15$
20以上	$>\frac{S}{2}+2S$ ，但不大于50

图3-1-16 封头直边段要求

封头的几何尺寸偏差 mm

公 称 内 径 D_n	内 径 偏 差 ΔD_n	圆 度 (椭圆度) $D_{max} - D_{min}$	端 面 倾 斜 度 Δf	人孔板边处厚度 S_1			
$D_n \leq 1000$	$\begin{matrix} +3 \\ -2 \end{matrix}$	4	1.5	$S_1 \geq 0.7S$			
$1000 < D_n \leq 1500$	$\begin{matrix} +5 \\ -3 \end{matrix}$	6	1.5				
$D_n > 1500$	$\begin{matrix} +7 \\ -4 \end{matrix}$	8	2.0				
名 称		代 号	偏 差 数 值	名 称		代 号	偏 差 数 值
总 高 度		H	$\begin{matrix} +10 \\ -3 \end{matrix}$	人孔板边高度		h_2	± 3
圆柱部分倾斜	$S \leq 30$	ΔK	≤ 2	人孔尺寸	椭圆形	a, b	$\begin{matrix} +4 \\ -2 \end{matrix}$
	$S > 30$		≤ 3		圆形	d	± 2
过渡圆弧处 减 薄 量	标准椭圆形	ΔS	$\leq 10\% S$	人孔中心线偏差	e	≤ 5	
	深椭圆和球形		$\leq 15\% S$				

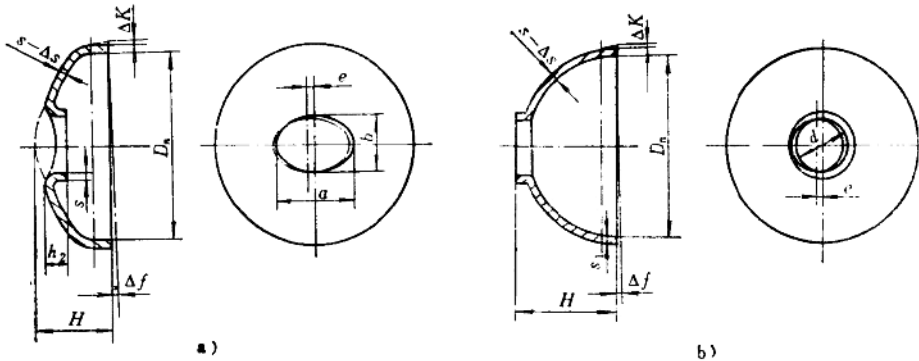


图3-1-17 封头的几何形状和尺寸偏差

表3-1-3 锅壳式锅炉受压元件检查项目和标准

受压元件名称	序号	检 查 项 目	执行技术标准和要求	结 果	备 注
封 头	1	内径偏差	JB1618—83第1.17条		
	2	圆度 (椭圆度)	JB1618—83第1.17条		
	3	封头表面质量	JB1618—83第1.12.2条		
	4	封头板边直段倾斜度	JB1618—83第1.18条		
锅 壳	5	内径偏差	JB1618—83第1.17条		
	6	圆度 (椭圆度)	JB1618—83第1.22条		
	7	线轮廓度 (校角度)	JB1618—83第1.22条		
	8	锅壳对接焊缝边缘偏差	JB1618—83第1.23条		
	9	锅壳长度偏差	JB1618—83第1.24条		
炉 胆	10	线轮廓度 (校角度)	JB1618—83第1.21条		
	11	波形高度偏差			
	12	波形直段板边直段倾斜			
	13	波距偏差			
	14	板边孔中心线偏移			
U 形 下 脚 圈	15	外圈内径偏差	JB1618—83第1.17条		
	16	外圈内径圆度 (椭圆度)	JB1618—83第1.17条		
	17	下脚圈内径偏差	JB1618—83第1.17条		
	18	下脚圈底面平面度	JB1618—83第1.25条		
锅 壳 式 锅 炉 本 体 总 装	19	全部受压元件表面质量	JB1618—83第1.3条		抽查
	20	全部角焊缝焊脚高度	设计图纸要求		
	21	拉撑焊缝质量	锅炉安全技术监察规程①		
	22	拉撑焊脚高度	图纸要求		
	23	拉撑布置间距尺寸	图纸要求		
	24	拉撑伸出长度	≤8mm		
	25	炉门圈伸出长度	≤8mm		
	26	管孔胀接质量	JB1619—83, 第1.7~1.14条		
	27	全部对接焊缝质量	锅炉安全技术监察规程①		
	28	管板平面度	JB1619—83第1.17条		
	29	锅壳上法兰允许偏差	JB1619—83第1.18条		
	30	锅壳的直线度	JB1619—83第1.20条		
	31	锅炉总长偏差	JB1619—83第1.21条		
	32	总装后的表面质量	JB1619—83第1.23条		

① 《蒸汽锅炉安全技术监察规程》，为劳人锅[1987]4号文，《热水锅炉安全技术监察规程》，为劳人锅[1983]4号文。

表3-1-4 水管锅炉受压元件检查项目和标准

受压元件名称	序号	检 查 项 目	标 准 或 技 术 要 求	检 查 结 果	备 注
单 节 筒 体	1	内径偏差	JB1609—83第1.7.1条		
	2	圆度 (椭圆度)	JB1609—83第1.7.1条		
	3	线轮廓度 (校角度)	JB1609—83第1.7.1条		
	4	长度偏差	JB1609—83第1.7.3条		
管 板	5	内径偏差	JB1609—83第1.7.1条		
	6	圆度 (椭圆度)	JB1609—83第1.7.1条		
	7	圆管板平面度	JB1618—83第1.17条		
	8	圆管板总高偏差	JB1618—83第1.8条		
	9	管板板边直段倾斜	JB1618—83第1.18条		

受压元件名称	序号	检 查 项 目	标 准 或 技 术 要 求	检 查 结 果	备 注
集 箱	10	长度偏差	JB1610—83第1.6.1条		
	11	直线度 (弯曲度)	JB1610—83第1.6.2条		
	12	集箱端盖焊缝质量	JB1613—83第7条		
管 子	13	直线度 (弯曲度)	每米长不超过 2mm		
	14	圆度 (椭圆度)	JB1611—83第1.17条		
	15	全部受压件表面质量	JB1618—83 第1.11, 1.12 条 和 JB1609—83第1.3条		
	16	筒体全长偏差	JB1609—83第1.7.3条		
	17	全部对接焊缝表面质量	锅炉安全技术监察规程① JB1613—83规定		
	18	全部角焊缝表面质量	JB1613—83规定		
	19	筒体直线度	JB1609—83第1.7.4条		
	20	对接焊缝纵向边缘偏差	JB1609—83第1.4条		
	21	对接焊缝环向边缘偏差	JB1609—83第1.4条		
	22	焊缝上开孔检查	JB1609—83第1.5条		
	23	焊接孔直径偏差	间隙为1.5mm		
	24	管子伸入联箱长度	<3mm		
	25	全部密封面表面质量	齐平, 无纵向刻痕、划痕等		
	26	焊工钢印	JB1609—83第3.1条		
	27	水冷壁管伸入联箱长度	≤3mm		
	28	焊接管伸出管板长度	≤10mm		
	29	排污管伸入长度	与锅筒或联箱内壁齐平		
	30	总装后管板平面度	JB1618—83第1.17条		
	31	角焊缝焊脚高度	设计要求		
	32	拉撑焊接质量	锅炉安全技术监察规程①		
	33	拉撑焊脚高度	设计要求		

① 《蒸汽锅炉安全技术监察规程》，劳人锅[1987]4号文。《热水锅炉安全技术监察规程》，劳人锅[1983]4号文。

给水管集中给水或没有给水槽，显然是错误的。

定期排污管出口要求应设计在下锅筒的最低部位，以便下锅筒底部的水全部放干净。事实上有的锅炉设计的定期排污管的排污口不是在下锅筒最底部，而是开在下锅筒的封头上，下锅筒底部的水放不干净。SZP-20-13型抛煤机倒转炉排蒸汽锅炉就是一例，结果下锅筒下部造成垢下腐蚀严重（图3-1-18）。

（2）锅筒不能自由伸缩 锅筒在安装时，必须按设计要求，保证运行中的自由伸缩。在上下和前后的方向上，一定有一端是允许自由膨胀的。有些锅炉在安装时不注意锅筒的热胀冷缩余地；锅炉本体和砖墙接触处没有留出填塞石棉绳的膨胀间隙，而是用水泥全部砌死（图3-1-19）。砖墙直接和锅筒紧贴，锅筒受热膨胀后，就把砖墙顶裂。

也有在支架上两端将锅炉都焊接固定，以致锅

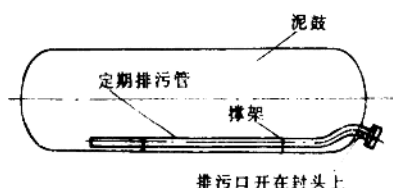


图3-1-18 排污口不在最底部致使污水排不干净

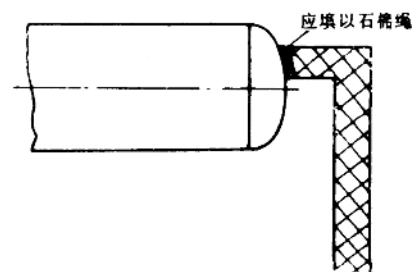


图3-1-19 锅筒与砖墙之间没有填塞石棉绳

筒受热膨胀时在焊接处产生很大应力, 或使筒体弯曲 (图3-1-20)。



图3-1-20 锅筒两端焊死不能自由伸缩

(3) 安装时最高火界高过最低水位 如图3-1-21所示, 使锅筒金属在水位上面的部分经常受到高温作用, 加之水位上下波动, 此处金属产生热疲劳, 容易产生环向裂纹, 因此, 要把最高火界的位置降下来。

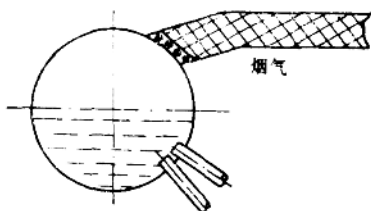


图3-1-21 上锅筒的火界高于水位 (K型锅炉)

(4) 水位表设计安装不合理 例如, 1961年某锅炉厂生产的SZP-20-13型抛煤机倒转炉排蒸汽锅炉安装投入运行后发现: ①前后两只水位表水位不一致, 前水位表在带负荷后, 水位急骤下降, 超过15 t/h蒸发量时, 已看不到水位, 而后水位表一带负荷即满水看不到水位。②蒸汽大量带水, 根据给水和蒸汽量的不平衡, 估计此炉蒸汽带水已达

70%~80%, 严重影响蒸汽品质和安全运行。经过分析, 检查, 才发现水位表的汽连通管接在分离器隔板内。经改装把汽连通管接长150mm到汽空间, 才解决了问题 (图3-1-22)。

(5) 注意锅筒上下壁温差引起的锅筒弯曲 根据资料介绍, 当锅筒上下壁温差在25℃以下是绝对安全的, 而当温差达50℃时, 就会在金属内产生较大的应力。此时虽然不会发生事故, 但要加强检查。应特别注意, 当锅筒上下壁温差超过70℃时, 则金属内就要产生很大的弯曲应力, 以致造成锅筒的弯曲。

例如10 t/h的三锅筒弯水管锅炉 (斯特林锅炉) 的下锅筒, 炉水在下锅筒中, 大部分由其上部掠过, 而下半部炉水则近似停滞状态。当锅炉生火时, 由于下锅筒不受热, 上部炉水温度高, 下部炉水温度低, 因此, 造成下锅筒的壁温差较大 $t_1 > t_2$ 。再者, 烟气从下锅筒上部经过, 前侧接近炉膛, 温度较高; 后侧较差, 下部更差, 温度也低, 因此形成筒壁温度 $T_1 > T_2 > T_3$ (图3-1-23)。

对于老式铆接锅筒, 应加强监督和检验。锅筒变形, 铆钉松动, 造成泄漏, 含有高浓度碱的炉水, 在泄漏处浓缩, 使金属产生晶间腐蚀即“苛性脆化”。如不及早发现, 那将是危险的。

(6) 安装错误造成胀管脱落 例如某厂一台 DHF6.5-1.3/250-G型锅炉, 投入运行四十余天无异常。但到第四十三天中班 (16点~24点) 接班后不久, 只听一声巨响, 蒸汽自炉顶喷出, 火从炉底灰门外喷, 锅炉被迫紧急停炉。事故后, 经过多次检查, 发现前后墙水冷壁与汽包连接处胀口脱出4根, 另有3根胀口已松动; 前后墙水冷壁上联箱中部变形向下弯曲达35mm, 后墙水冷壁16根管有不

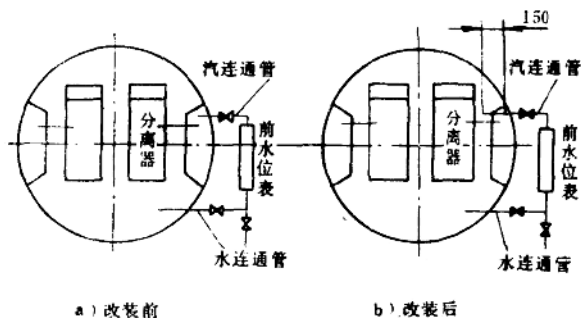


图3-1-22 水位表连通管设计安装不合理

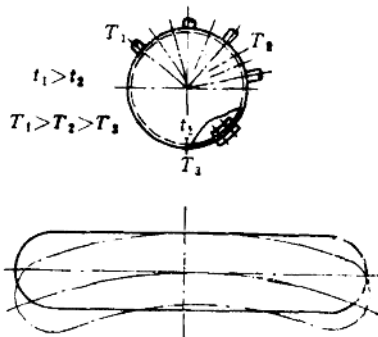


图3-1-23 锅筒上下壁温差引起的弯曲

同程度的弯曲变形,严重的达300~400mm,上锅筒水位中心线至前后墙水冷壁管胀口间筒壁金属有局部过热现象(图3-1-24)。

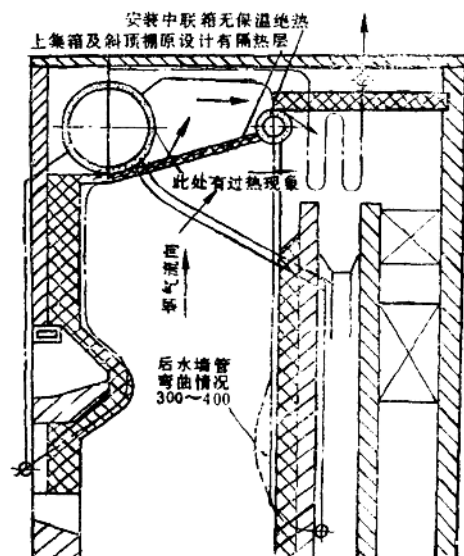


图3-1-24 安装错误造成胀管脱落

事故原因:

1) 水冷壁上联箱无保温,直接受火,造成联箱因强度降低而变形弯曲。

2) 由于后水冷壁上连接刚性大,上联箱向下弯曲后造成水冷壁管向炉前弯曲变形。

3) 水冷壁管弯管角度偏差较大,强行扳入管孔进行胀管,产生较大的附加应力,且胀管扳边角度较小(为 $8^{\circ}30'$)不附合有关规定。

4) 安装时未按设计要求,以致使汽包和上联箱直接受火,壁温超高,造成过热。

(五) 锅筒的修理工艺

1. 锅筒腐蚀的修理工艺

(1) 锅筒腐蚀修理的一般原则和堆焊的应用范围 设钢板腐蚀后的平均残余厚度(简称残厚)为 S_1 , A 为腐蚀部位的面积, S 为原设计钢板厚度。

1) S_1 与 S 的比值大于纵向接缝效率(减弱系数)时可不必堆焊。锅筒壁厚局部腐蚀深度在

3mm以内或在管孔区不超过壁厚的15%,或非管孔区不超过原厚度的20%,经过强度计算,确认为不必降低它的工作压力时,可将其凹坑磨光并圆滑过渡,刷上锅炉漆,或用比例1:1的水泥和玻璃粉调水搅成糊状,用刷子在腐蚀处刷0.5~1mm厚,干后再刷,直到刷平为止,将金属保护起来,防止继续腐蚀。这种方法适用于低温部分着水面的腐蚀。

2) 局部腐蚀的深坑长度不超过40mm,且两相邻腐蚀间的距离大于长度的3倍时,可以单独进行堆焊。

3) 锅壳(筒)和封头 $S_1 \geq 0.6S$,炉胆 $S_1 \geq 0.5S$ 时,可以堆焊。当部件较厚, $S > 16\text{mm}$, $S_1 \geq 0.4S$ 时也可以堆焊。

4) 通常,只要 $S_1 \geq 4 \sim 5\text{mm}$,都可以堆焊,但腐蚀面积 A 不宜超过 2500mm^2 。如腐蚀严重, $A > 2500\text{mm}^2$,腐蚀深度超过上述范围,或钢板变质,不宜堆焊应采用挖补钢板的方法修理。

(2) 堆焊的注意事项

1) 堆焊前,必须将腐蚀表面打磨见金属光泽,清除表面的油污、水垢、泥砂、铁锈等脏物。油污可用碱清洗。

2) 堆焊面积大于 $150 \times 150\text{mm}^2$,应将堆焊的面积划分成许多正方形或等边三角形,每边长100~150mm,跳开堆焊,正方形块相互焊道方向要垂直,三角形块要形成 60° ,以平衡热胀冷缩(图1-3-25)。

3) 堆焊时应采用厚涂料焊条,直径 $\phi 2.5 \sim 3\text{mm}$,施焊时电流要小,一般为90~105A。

4) 钢板腐蚀较深,需作多层焊时,每层高度不要超过3mm,上下两层焊道方向互相垂直或 60° 。上层每格的划分应比下层每格的划分增大或缩

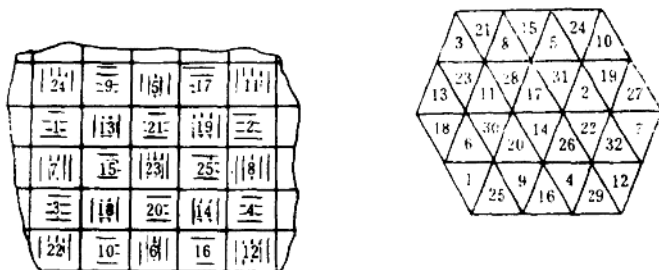


图3-1-25 分区划片跳焊

小,不要在分界处产生过深的凹坑。最后一层焊缝高度比基体金属板面高出 2mm 左右 (图3-1-26)。



图3-1-26 焊缝高出金属板面

5) 焊条在钢板上熔成的焊珠与板面的交角应大于 90° , 以便于清除熔渣。每个焊珠应遮盖前一道焊珠宽的 $1/3 \sim 1/2$ (图3-1-27)。

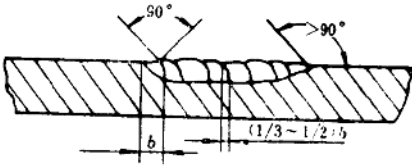


图3-1-27 焊珠与板面, 焊珠与焊珠的关系

6) 堆焊后应清除焊缝表面的氧化皮和毛刺。焊缝表面应呈均匀的细鳞状, 表面上不允许有弧坑、夹渣、气孔、裂缝。咬边的深度不得超过 0.5 mm。

2. 锅筒裂纹修复工艺

(1) 锅炉受压元件 (如锅筒) 产生裂纹的种类

1) 机械应力作用下产生的裂纹 锅炉某一元件的扳边部分和堆焊过高的焊缝, 运行时应力集中可能超过金属的屈服点强度而产生裂纹。由机械应力产生裂纹的特征是裂纹比较长。

2) 热应力作用下产生的裂纹 金属在高温下过热会产生裂纹, 这时往往会引起金相组织的变化 (可用金相分析进行检查)。有时虽然金属温度不太高, 但在长期反复变化的情况下, 也会产生热疲劳裂纹。热疲劳裂纹的特征是裂纹比较短而细, 数量较多。

3) 苛性脆化裂纹 也叫晶间腐蚀裂纹, 是一种沿金属结晶晶粒边缘开裂的现象。因为裂纹由内向外发展, 在初期很难察觉, 当能检查出裂纹时, 已经是后期了。因此, 苛性脆化裂纹外观不易发现。

受压元件, 特别是锅筒, 产生裂纹时, 要慎重分析研究处理。要查清产生裂纹的原因, 根据裂纹

出现的部位和工作条件, 确定裂纹的性质, 是苛性脆化裂纹还是属于疲劳裂纹, 然后确定修理方法。

(2) 锅筒裂纹的修理原则

1) 属于苛性脆化裂纹或材质不合要求, 不能焊补。

2) 在焊接的热影响区产生的裂纹不能焊补。

3) 在锅炉封头、管板上和弯曲处产生环向裂缝、裂纹, 其长度大于周长的 25% 时不允许焊补。

4) 水管锅炉的锅筒裂纹超过下列范围时, 不允许焊补:

① 当二孔间鼻梁的个别裂纹, 纵向裂纹总长超过全部鼻梁总长的 20% 时; 横向裂纹超过 25% 锅筒圆周长时。

② 当裂纹连续通过几个管子鼻梁时, 纵向裂纹总长超过全部鼻梁总长的 10%, 横向裂纹总长超过锅筒圆周长的 15%。

5) 管板上管孔间的裂纹有下列情况时, 不允许焊补 (图3-1-28)。

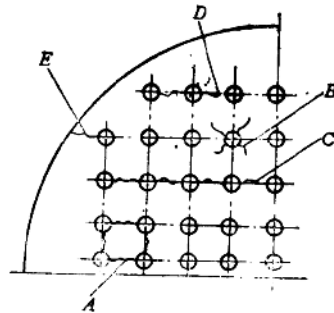


图3-1-28 五种裂纹类型

① 裂纹成封闭状 (图3-1-28中 A 状)。

② 裂纹成辐射状, 即是管板上管孔带裂纹从管孔指向四个方向 (图3-1-28中 B 状)。

③ 裂纹长度超过 4 个管孔带间距 (图3-1-28中 C 状)。

④ 管孔带裂纹在最上一排两个管孔的间距以上 (图3-1-28中 D 状)。

⑤ 管孔带裂纹在最外一排 (图3-1-28 E 状)。

6) 火管锅炉锅筒上裂纹总长超过 50% 的每节锅筒长度时, 不允许焊补。

除上述情况外, 对裂纹的原因和性质掌握后, 根据当时的具体情况, 可以采用焊补。

(3) 裂纹焊补工艺 经过分析研究, 确认采

用焊补工艺可以保证修理质量时,应按下列具体步骤进行:

1) 用煤油白粉法或磁粉探伤法查明裂纹走向、长度和深度,在裂纹的延伸方向上,在相距离两端50mm处,各钻一个直径为 $\phi 6 \sim 8\text{mm}$ 停止小孔,以防止裂纹继续延伸(图3-1-29)。并由此孔剔槽,剔槽应尽可能考虑俯焊。

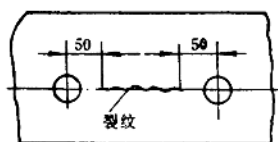


图3-1-29 截止孔打法

2) 裂纹的坡口可作X型或V型。焊缝焊补前必须将裂缝铲清,焊缝表面平正,露出金属光泽。

3) 焊补裂纹时必须特别注意防止焊接处由于冷却收缩所产生的应力带来不良后果。如往变形处又发生新的裂纹等。一般可采用加楔和预热的方法预防。

4) 当裂纹长度 $L \leq 400\text{mm}$,须从末端向中间倒退焊补,并预热末端或中间加楔子,楔子在焊补完之前拔去(图3-1-30);当裂纹长度 $L > 400\text{mm}$,焊补顺序仍应从两端倒退焊补,即所谓分头退步焊法。在长度约400mm的中段距离内进行预热,继续倒退中间焊补,至焊完为止(图3-1-31)。

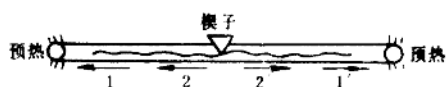


图3-1-30 焊补工艺 ($L \leq 400\text{mm}$)

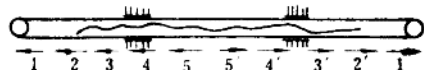


图3-1-31 焊补工艺 ($L > 400\text{mm}$)

5) 焊补后应将其加强高度磨平,以免因应力集中再引起裂纹。

(4) 挖补工艺

1) 对原锅炉材质的确定 根据《低压蒸汽锅炉修理安全技术暂行规定》:“修理锅炉受压元件的

材料,应不低于原元件的性能。采用焊接修理时,应考虑旧材料的可焊性。”对于那些没有任何原始资料,材质不明的锅炉,应作材料的化学分析和机械性能试验,来确定材料的性能。对于使用年限已久,制造日期超过30年,连续运行超过20年的锅炉,或对材质有怀疑的锅炉,除了作化学分析和拉伸试验之外,还要作冲击试验。冲击试验要作3个试样,三个试样的冲击韧性值的平均数不得低于 $39.2\text{J}/\text{cm}^2$,其中一个试样的最低值不得低于 $29.2\text{J}/\text{cm}^2$ 。对于锅炉大部分钢板已普遍腐蚀,其剩余厚度低于6mm以下又无修理价值,不能作蒸汽锅炉使用。对于发生过热损坏的锅炉,尚需对材质作金相分析,因为过热后的钢板,其晶粒度变化使强度降低。

2) 选用修理锅炉的材料

① 修理锅炉受压元件的新材料,必须符合GB713—86《压力容器用钢板》的技术标准,有钢厂的合格证书(或抄件)。并按照JB3375—83《锅炉原材料入厂检验》的规定对修理用材进行验收和复验。

② 如对钢材有特殊要求,应在修理方案中加以注明。修理用材应作好记录作为提供材料证明的依据。

③ 采用电焊修理时,其焊条要符合GB5117—85《碳钢焊条》和GB5118—85《低合金钢焊条》的规定,焊丝要符合GB1300—77《焊接用钢丝》的规定。

④ 补板材质及所用焊条化学成分应和原锅筒材质相同或相近,其厚度应不低于锅筒的厚度,也不能太厚,最好相等。

3) 补板的形状选择 根据锅筒鼓疱变形或裂纹的位置和形状,一般选用圆形、椭圆形或长方形割下。

① 如按长方形割下时,四角一定要割成圆弧形,切莫割成直角,以免应力集中。圆角的半径不小于100mm(图3-1-32)。同时,长方形补板至少要有—端的焊缝布置在锅筒原焊缝上(图3-1-33)。

② 如果有铆缝,补板焊缝和铆缝之间的距离应大于150mm,否则,焊缝收缩要损坏铆缝。若确实小于150mm,就增大补板面积与铆缝边取齐(图3-1-34)。

③ 圆形补板一般都是小尺寸,直径在250mm以内,其它形状补板的长和宽不小于250mm。