弯板机上辊轴断裂的焊接修复

茂名市第二技工学校 （广东 525011） 莫志豪 丁 健 廖禄海

【摘要】 分析了合金结构钢 40Cr 焊接工艺要点，对材料的焊接性及拟定的焊接工艺进行了分析，并介绍了现场焊接工艺过程。

一、概述

弯板机是弯曲金属板料和弯卷圆筒及锥筒的设备，是压力容器制造业中关键设备之一，在常温状态下，弯板机可将金属板弯曲成圆柱形、圆锥形或其他形状。18mm×2000mm 弯板机是 20 世纪 70 年代由机械厂自行设计制造的。上辊轴断裂使弯卷换热器壳体加工制作工程直接受到影响。为保证工期，节约资金，我们对其进行焊接修复。由于其材料为中碳调质钢 50SiMn，断裂处截面大，直径为 80mm，焊接施工难度大。为保证质量，研究制定了可行的焊接工艺。

二、材料的焊接分析

中碳调质钢 50SiMn 的含碳量高（w_C = 0.46% ~ 0.54%），合金元素多（w_{Si} = 0.8% ~ 1.10%、w_{Mn} = 0.8% ~ 1.10%），钢的淬硬倾向大，有较高的空淬性，尤其是高碳粗大马氏体，导致严重脆化，增大了焊接接头冷裂倾向。另外，由于碳和合金元素含量高，焊缝凝固结晶时温度区间大，偏析倾向也较大，焊接时具有较大的热裂纹敏感性，所以焊接时容易出现冷裂、热裂、热影响区的脆化和软化以及再热裂纹等问题，致使焊接性较差。根据这一特点，对于焊接材料的选择，要使化学成分与母材相同或相近，既要满足接头的强度和使用条件，又要避免裂纹产生。

为保证修复成功，防止裂纹产生，还必须采取焊前预热，合理控制层间温度，以降低接头冷却速度，并且接头焊好后要进行热处理，以消除焊接残余应力，改善接头的组织和性能。

三、焊前准备

1. 焊接方法的选择

由于上辊轴断截面处于变截面处，断面处是轴承位，直径为 80mm，大端处是辊轴，直径为 320mm，断裂处离辊轴端 15mm，辊轴断截面如图 1 所示。我们采用焊条电弧焊修复。

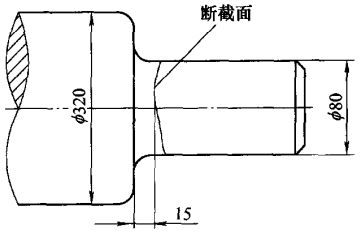

图 1 辊轴断截面示意图

2. 焊接材料的选择

由于中碳调质钢 50SiMn 含碳量高，淬火倾向较大，尤其在焊接直径较大的断轴时，在焊接热循环作用下近焊缝区的淬火倾向更大，这种脆性状态加上较大的收缩应力，就会导致近焊缝区冷裂。此外，因为母材的含碳量较高，施焊第一层时，有大量的母材熔入，使焊缝金属具有较高的含碳量。因此，我们必须采用高韧性超低氢型焊条 J607RH 预堆过渡层，再用 J107Cr（或 J857Cr）焊条填充金属。

3. 坡口加工

由于辊轴直径大且长，单边焊缝高 30mm，所以我们决定采用 U 形坡口焊接，焊缝尺寸如图 2a 所示，U 形坡口角度为 25° ± 5°，并保留 5mm 的钝边。加工后用超声波检验，决不允许有残留裂纹。

断裂小段由于尺寸变短不能再用，所以决定重新加工轴承段，如图 2b 尺寸，材料采用锻 50SiMnMoB，采用车床加工成形，U 形坡口角度为 25° ± 5°，并保留 5mm 的钝边。

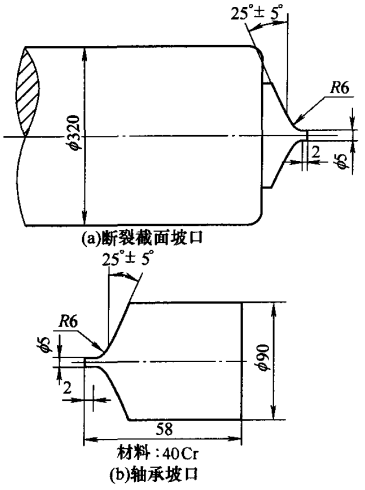

图2 坡口形式

四、焊接工艺过程

1. 预热

采用氧-乙炔焰将坡口及附近区域均预热到250～300℃，要求焊接的地方均要预热，包括大断截面处的堆焊及组对施焊。

2. 焊接

（1）要求有经验且技术熟练的焊工担任焊接工作，焊工必须持有劳动部门颁发的“锅炉压力容器焊工合格证”，操作项目应在持证范围之内，并在有效期限之内，且严禁焊接时在辊轴上引弧。

施焊前，先把辊轴平放在简易转胎上，用手提砂轮对坡口及周边10～15mm范围内要彻底打磨清理干净，去除油污、锈蚀、结垢及氧化皮等杂物，直至呈现金属光泽。然后按焊接参数表要求用J607RH焊条预堆焊过渡层，即凡与母材接触面均要打底焊两道（焊条严格按烘干温度烘干，待用的焊条应放在保温筒内，必须随用随取）。施焊时，坡口处钝边务必焊透，且要求过渡层达到坡口高度的1/3处时，再改用J107Cr（或J857Cr）焊条填充。

（2）辊轴的焊接裂纹倾向大，大熔敷量更容易造成焊接应力，产生裂纹，为减缓应力，避免裂纹产生，尽量采用小参数施焊。打底焊后应立即进行后道的焊接，焊条电弧焊以小摆幅月牙形方式进行，焊条摆动到坡口两侧时应稍稍加以停留，熔化坡口边缘1～2mm以防咬边。在收弧时对弧坑稍增填熔滴，在更换焊条时，将起焊部位药皮敲掉10mm左右，直至施焊完成，焊接工艺见图3。焊接参数如下表所示。

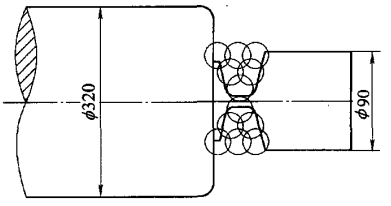

图3 焊接工艺示意图

焊接参数

焊接位置	焊接电流/A	电弧电压/V	焊条直径/mm	焊接速度/m·min^{-1}	焊接电源
第一层	110～120	26～28	3.2	8～12	SMAW
以后各层	170～180	30～34	4.0	12～15	SMAW

（3）施焊过程中保持层间温度为200～250℃，刚焊完的每段焊缝都要采用锤击处理，消除焊接残余应力，打碎正在生长的柱状晶粒，使焊缝组织致密均匀。

3. 焊后热处理

焊后立即消除应力，即不让焊件冷却就回火处理。由于辊轴较长，所以需专用加热炉。为缩短周期、节约费用，我们采用车间就地消除应力处理，用加热带进行加热回火保温。回火保温温度（630±5）℃，保温2.5h，每小时升温50～70℃，每上升70℃延长保温时间3h。热处理时，防止轴发生变形，将接头两侧垫好。

4. 焊后机加工

由于辊轴直径大且长，所以我们决定采用卧式镗床加工。热处理后对焊缝进行100%X射线检测，II级片合格率达到100%。然后将辊轴放在卧式镗床上按图4要求加工，加工时要保证轴承与辊轴的同轴度要求。同时要求对轴进行高频淬火，淬火温度为850～870℃（油淬），淬后硬度达到HB300～350。

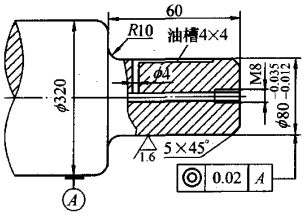

图4 辊轴尺寸

五、结语

辊轴修复后，经过两年多的使用，一切正常，表明焊接修复成功。另外，对合金结构钢的焊接一定要注意以下几点：

（下转第55页）

道侧包墙，矫正分对侧墙刚性梁的矫正，以及对水冷壁引出管和饱和蒸气连接管的矫正。

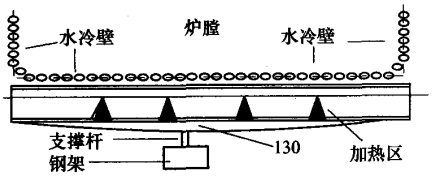

图 43　炉膛爆炸后刚性梁矫正

(1) 对侧墙刚性梁的矫正　由于间隙最大的部位是侧水冷壁和水平烟道侧包墙，该处为水平刚性梁和垂直刚性梁结合的部位，整个侧墙向外开裂 500mm，加上水冷壁引出管和饱和蒸气连接管的变形，积存了很大的应力，矫正采用附加外力的方法：即在钢架立柱间横架工字钢，工字钢与准备加热矫正的刚性梁平行，在工字钢和刚性梁之间用千斤顶和支撑杆施加外力。

对刚性梁采用三角形加热的形式，三角形的高度等于刚性梁的 3/5，宽度等于刚性梁工字钢小面的 1.5 倍，加热点选择在支撑杆附近。加热从三角形尖部开始，逐步向后移动直至工字钢小面，上下同步进行，加热温度 900℃，红透。在加热区开始冷却时，逐步压紧千斤顶保持一定的压力。矫正情况如图 44 所示。

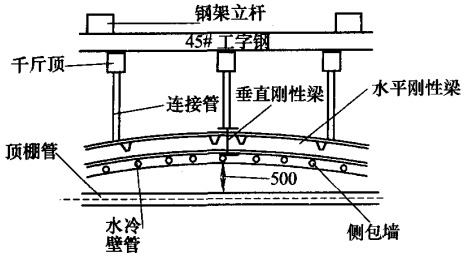

图 44　炉膛爆炸后刚性梁的矫正

(2) 对水冷壁引出管和饱和蒸气连接管的矫正　在刚性梁的矫正取得 2/3 的成效后，对水冷壁引出管、饱和蒸气连接管进行矫正，矫正采用瓜瓣形，如图 45 所示。

加热区的长度等于 1/2 管子直径，宽度等于 0.8 直径，加热温度 850℃，管壁红透。加热区烤在距弯头起弯点 100mm 处，所有与水冷壁、包墙上集箱连接的水冷壁引出管、饱和蒸气连接管逐根加热。矫正结束后原来开裂的 500mm 间隙，剩余 40mm，对剩余的间隙用钢板封堵。

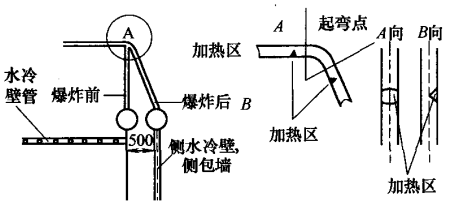

图 45　炉膛爆炸后侧水冷壁、侧包墙的矫正

3. 锅炉检修对灰浆池钢架的矫正

某电厂燃用煤种灰分高，水冲洗不及时，造成页片间存积大量灰分，重量增加，使 2×45 工字钢变形下沉 80mm，灰浆池无法工作，采用火焰矫正的方法处理，如图 46 所示。

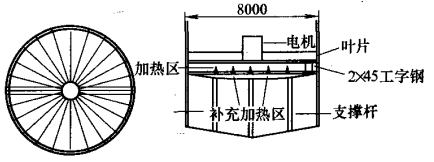

图 46　灰浆池钢架矫正

具体处理步骤：① 将积存的灰分尽可能清理干净。②在 2×45 工字钢和灰浆池底板间用支撑杆支撑（紧密接触）。③在支撑点上选择加热点，两根工字钢的加热区在同一切线上。④两根工字钢的加热区为一组，同时加热。⑤第一层加热冷却后加长支撑杆高度。⑥移动支撑杆在原来加热区中间增加补充加热区。

在所有加热区的完成并冷却后，在工字钢下面焊接 δ = 10mm 钢板补强，钢板宽度略小于两工字钢小面的边缘。焊接完成后 2×45 工字钢向上拱 5 ~ 6mm。热

(全文完)(20070730)

(上接第 51 页)

(1) 冷裂纹对焊接应力及焊缝含氢量的敏感性大，因此要彻底清除应力集中点，并选用高韧性、超低氢型焊条预堆过渡层。

(2) 焊接件很大，散热快，因此要控制好层间温度，当层间温度 < 200℃时，要停止焊接，重新加热后再进行施焊。

(3) 由于轴较长，焊后要进行热处理。热处理时，将接头两侧垫好防止轴发生变形。

(4) 接头焊好后应进行机加工，机加工时要保证轴间的同轴度要求。热　(20070604)