

# 17CrNiMo6 钢锥齿轮轴焊接修复

边美华, 刘东胜

(广西电力试验研究院, 广西 南宁 530023)

**摘要:**通过对广西某电厂 300MW 机组磨煤机变速箱锥齿轮轴的堆焊工艺修复和对 17CrNiMo6 钢的焊接性分析, 提出了一套有效完整的焊接工艺, 为同类钢材齿轮轴的修复提供了可借鉴的经验和工艺参数。

**关键词:** 17CrNiMo6 钢; 锥齿轮轴; 焊接; 修复

中图分类号: TG457.2

文献标识码: B

文章编号: 1001-2303(2008)02-0076-02

## Welding repair of bevel gear shaft of 17CrNiMo6 steel alloy

BIAN Mei-hua, LIU Dong-sheng

(Guangxi Electric Power Test and Research Institute, Nanning 530023, China)

**Abstract:** Through using over-laying welding experiment to repair the shaft of a gear box of the coal mill for 300 MW unit and analyzing the weldability of 17CrNiMo6 steel alloy, a practical over-laying welding procedure is proposed. The welding procedure and the technical parameters can be referred as helpful experience for the repair work of bevel gear shafts with same material.

**Key words:** 17CrNiMo6 steel alloy; bevel gear shaft; welding; repair

### 0 前言

某电厂 300 MW 机组发现磨煤机变速箱锥齿轮轴存在部分磨损, 轴承两端的台阶分别磨损长 150 mm 和 120 mm, 深度达 6 mm, 磨煤机无法正常工作。锥齿轮轴规格  $\varphi 140 \text{ mm} \times 1 120 \text{ mm}$ , 材质 17CrNiMo6。如何修复此轴使其恢复到原有强度和表面耐磨性成为解决问题的关键, 在此采用堆焊工艺。

### 1 17CrNiMo6 钢焊接性分析

17CrNiMo6 钢为德国牌号, 属于低合金高强度钢, 其化学成分、机械性能如表 1、表 2 所示。

表 1 17CrNiMo6 钢化学成分 %

w(C)	w(Cr)	w(Ni)	w(Si)	w(Mo)	w(Mn)	w(P)	w(S)
0.150	1.640	1.740	0.180	0.300	0.330	≤0.035	≤0.035

表 2 17CrNiMo6 钢机械性能

$\sigma_b / \text{MPa}$	$\sigma_s / \text{MPa}$	$\psi / \%$
1 177	834	7

(1)冷裂纹敏感性。

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} = 0.709\% > 0.5\%, (1)$$

17CrNiMo6 钢的淬硬倾向较大, 易产生冷裂纹。

(2)热裂纹敏感性。

$$HCS = \frac{C(S+P+Si/25+Ni/100)}{3Mn+Cr+Mo+V} \times 10^3 = 48.43 > 4, (2)$$

17CrNiMo6 钢焊接时产生热裂纹倾向很大。

(3)再热裂纹敏感性。

$$P_{st} = Cr+Cu+2Mo+10V+7Nb+5Ti-2 = 0.24 > 0, (3)$$

17CrNiMo6 钢再热裂纹敏感性大。

综上所述, 17CrNiMo6 钢可焊性较差, 焊接过程中容易产生冷裂纹、热裂纹和再热裂纹等缺陷。为了防止这些缺陷的产生, 保证锥齿轮轴焊后表面具有一定的耐磨性能, 应当采取严格的工艺措施和正确的工艺规范。从保证较低的稀释率、降低成本以及锥齿轮轴的结构和堆焊厚度等方面综合考虑, 选用手工电弧堆焊。手工电弧堆焊较为灵活, 便于调整焊接位置和焊接顺序, 并可以一次成型(手工电弧单层堆焊最小厚度 3.2 mm)。锥齿轮轴结构如图 1 所示, 考虑到堆焊始终是在水平位置, 因此, 借助锥齿轮轴两边的螺栓孔将锥齿轮轴上下固定, 防止径向摆动, 从而保证了焊接精度。

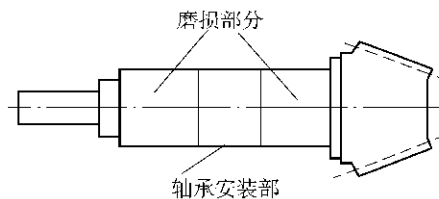


图 1 锥齿轮轴结构

收稿日期: 2007-03-17; 修回日期: 2007-12-21

作者简介: 边美华(1980—), 男, 江西峡江人, 硕士, 主要从事电厂检测工作。

## 2 焊接工艺设计

### 2.1 预热温度的选择

低合金高强钢预热温度的碳当量  $C_{eq}$

$$C_{eq}=C+\frac{Mn}{6}+\frac{Cr+Mo}{5}+\frac{Ni}{15}+\frac{Cu}{13}, \quad (4)$$

当  $C_{eq}<0.45\%$  时,通常不需要预热; $C_{eq}=0.45\% \sim 0.60\%$  时,需要预热,预热温度  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $C_{eq}>0.60\%$  时,需要预热  $200\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 370\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。而 17CrNiMo6 钢的  $C_{eq}=0.709\%$ ,因此需要预热。为了防止堆焊层热影响区裂纹,将施焊部位均匀缓慢加热到  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温 1 h。由于锥齿轮轴焊后进行热处理受到限制,在不进行热处理的条件下,为减少内应力和改善堆焊层的性能,预热温度可以适当高一些。

### 2.2 后热温度的选择

焊接后热可以降低焊缝和焊接接头冷却速度,促进氢的逸出,改善焊接接头性能,降低其硬度。根据碳当量公式计算如下

$$C_T=C+\frac{Mn}{6}+\frac{Cr+Mo+V}{5}+\frac{Si+Ni+Cu}{15}。 \quad (5)$$

当  $C_T<0.35\%$  时,通常不需要后热;当  $C_T>0.35\%$  时,需要后热。而 17CrNiMo6 钢的  $C_{eq}=0.709\%$ ,所以需要后热。堆焊完后应立即进行后热处理,后热温度不应太高,否则会影响锥齿轮轴性能,另外还应避开  $500\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,以免产生再热裂纹。因此,选择后热温度  $300\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温 1 h。

### 2.3 焊接材料的选择

焊缝的组织性能很大程度上取决于焊接材料。综合分析,采用直径  $\varphi 3.2\text{ mm}$  的 CHE507(J507)型焊条。化学成分和熔敷金属力学性能见表 3、表 4。

表 3 CHE507 焊条化学成分 %

$w(\text{Mn})$	$w(\text{Si})$	$w(\text{Cr})$	$w(\text{Ni})$	$w(\text{Mo})$	$w(\text{V})$	$w(\text{P})$	$w(\text{S})$
$\leq 1.60$	$\leq 0.75$	$\leq 0.20$	$\leq 0.30$	$\leq 0.30$	$\leq 0.08$	$\leq 0.035$	$\leq 0.035$

表 4 CHE507 焊条熔敷金属力学性能

$\sigma_b/\text{MPa}$	$\sigma_s/\text{MPa}$	$\psi/\%$	$A_{kv}/\text{J}(-30\text{ }^{\circ}\text{C})$
$\geq 490$	$\geq 400$	$\geq 22$	$\geq 27$

CHE507 焊条是低氢钠型药皮的碳钢焊条,具有优良的塑性、韧性和抗裂性能,可防止产生冷裂纹和延迟裂纹。此外,CHE507 焊条焊接工艺性能优良,飞溅少、成型美观,脱渣容易,可进行全位置焊接。

### 2.4 焊接规范参数的选择

尽量降低稀释率是堆焊工艺的要点,随着稀释率的增加,合金熔敷金属的硬度、耐磨性和其他性

能也会随之下降,因此,通过控制线能量来降低稀释率十分必要。此外,17CrNiMo6 钢的焊接在预热状态下进行,焊接线能量不宜过高,否则焊缝金属冷却速度过慢,接头各区的温度过高而使晶粒粗大,影响塑性。故应控制电流在  $110 \sim 120\text{ A}$ 。

## 3 堆焊工艺措施

### 3.1 焊前准备

按照 DL5007-92《电力建设施工及验收技术规范(火力发电厂焊接篇)》的要求,用角向磨光机将待堆焊区及周围  $100\text{ mm}$  范围内打磨干净,去除铁锈和油污,露出金属光泽,然后对打磨区渗透探伤,用 5 倍放大镜观察,确认表面无裂纹后,用丙酮将污物等仔细清洗干净待焊。

### 3.2 堆焊技术要点

(1)焊条焊前必须经  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  烘焙 1 h,随烘随用;(2)焊前将锥齿轮轴轴头包加热带预热至  $250\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温 1 h,温度测量采用热电偶(下同);(3)焊接电源采用 WS5-315 型焊机,直流反接,电流控制在  $110 \sim 120\text{ A}$ ,短弧焊接;(4)为减小变形,由两名具有相应资格的焊工保持对称旋转同时水平横焊,每道焊接接头都应在不同位置,注意填焊厚度均匀并保持车床切削加工后满足轴颈尺寸要求;(5)焊后包加热升温至  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温 1 h 后缓慢冷却。

### 3.3 堆焊质量检验

堆焊层表面应平整,并圆滑过渡到母材,表面不允许存在外露气孔、夹渣和深度大于  $1\text{ mm}$  的尖锐凹槽。焊缝咬边深度不得大于  $0.5\text{ mm}$ 。进行完外观检查后,将锥齿轮轴的堆焊层进行车削加工,随后上磨床精磨至符合图纸要求。最后对全部堆焊区进行渗透探伤,未发现表面有气孔、裂纹等缺陷。超声探伤也未发现堆焊层裂纹。

## 4 结论

(1)17CrNiMo6 钢堆焊可采用 CHE507 型焊条,预热温度  $250\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温 1 h;焊接电流  $110 \sim 120\text{ A}$ ;后热温度  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温 1 h。

(2)锥齿轮轴的堆焊采用两人对称同时施焊,且每次焊接接头都不应在同一位置,防止变形。

(3)利用锥齿轮轴两端的螺纹孔对锥齿轮轴进行固定,保证焊接质量。

(4)对同类磨煤机变速箱锥齿轮轴的修复提供了可借鉴的经验和工艺参数,同时创造了经济效益。