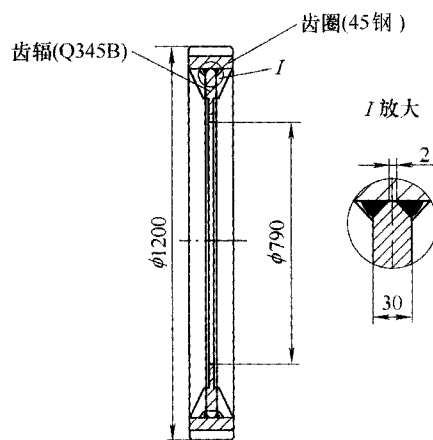


球磨机45钢大齿轮的焊接

中国有色（沈阳）冶金机械有限公司（辽宁沈阳 110141） 张 静 刘红枫

1. 概述

球磨机为回转筒体类设备，通过斜齿轮啮合驱动，斜齿轮通过螺栓固联在其筒体的大齿圈上（见附图），并与一个或两个（双边齿轮传动）小齿轮啮合，而小齿轮则由低速同步电动机驱动，这样就将动力由电动机传到筒体上，从而带动筒体旋转。大齿轮是焊接结构件，齿轮材质为45钢，轮辐材质为Q345B。其关键技术是有效地防止45钢在焊接过程中产生裂纹。因此，对45钢焊接性进行分析，采用焊前预热等工艺保证焊接质量。



大齿轮结构

（4）焊后对补焊焊道进行后热消氢处理。温度200~250℃，保温1h。

（5）表面磁粉检测，不应有任何裂纹。

（6）采用内燃法对球罐整体进行625℃热处理，恒温1h，降温速度控制在50℃/h。热处理后，当时未发现裂纹，补修后球罐未投入使用。

4. 修复后出现二次裂纹分析

上述球罐焊修后，时隔不到一年于2002年4月对修复的4台球罐进行复检时，发现丙-2#、丙-3#球罐又出现大量的裂纹，数量达135处，最深5mm，最长达750mm，且分布较广。

二次裂纹特点：大部分沿焊缝熔合区两边分布，有23处裂纹在补焊焊缝的热影响区，也有少量裂纹出现在离焊缝100~200mm的母材上。

出现二次裂纹的原因如下：

第一，修复前球罐钢材基体受到腐蚀，脆化倾向严重，致使晶间的结合力下降；另外在修复补焊，以及热处理温度变化的影响下，使晶间的缺陷

扩大、延伸，导致开裂。

第二，渗入钢板中的氢结合成分子后，在热处理时分子团内压升高，造成较深的开口裂纹。

第三，因钢板的基体腐蚀，脆化严重，使焊接性恶化，补焊后加剧了焊缝产生延迟裂纹的几率。

第四，焊接修复工艺的缺陷：其一，对浅裂纹应修磨消除，但是采用了补焊；短焊道未采用加热焊道退火。两种错误的工艺，加大了球罐的受热影响区。其二，对腐蚀严重的球罐不宜进行整体热处理，而整体热处理的受热，再次损伤了球罐，导致修复后又出现大量裂纹。

5. 结语

对应力腐蚀严重的设备进行焊接修复，至今未查到成功的案例。因此，在设备出现缺陷时，尤其类似上述应力腐蚀裂纹，不能单纯从焊接的角度考虑，要结合设备的使用工况，全过程分析缺陷产生的原因，才能制定出合理的工艺方案，收到满意的效果。MW (20120804)

2. 大齿轮的焊接性分析

45钢属于中碳钢，其化学成分及力学性能如表1、表2所示。由于45钢含碳量较高，真焊接性相对低碳钢较差，因此，如果焊接工艺不当，可能会在热影响区产生硬脆的马氏体组织，易于开裂。尤其当焊接材料和焊接过程控制不好时，焊缝也会产生硬脆的马氏体。焊接时，相当数量母材会熔化进入焊缝，使其含碳量增高，容易产生焊缝热裂纹。特别是硫的杂质控制不严时，更易显示出来。这种热裂纹在弧坑处更为敏感，且气孔的敏感性也较大。因此对于45钢的焊接应选择合理的预热温度及焊接工艺，以防止产生裂纹。

表1 45钢化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	≤0.25	≤0.35	≤0.25

表2 45钢力学性能

σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 (%)	ψ (%)
600	355	16	40

3. 大齿轮的焊接工艺

(1) 预热温度 经过对45钢焊接性的分析，其焊接性相对低碳钢较差，一般在焊前需预热及保证层间温度，以降低焊缝和热影响区的冷却速度，从而防止产生马氏体。预热温度取决于母材厚度、结构刚性、焊条类型和工艺方法，综合大齿轮的厚度及其刚性等，最终确定预热温度 $\geq 250^\circ\text{C}$ 。

(2) 焊接材料的选择 选用焊条时，要根据等强原则选用强度级别相同的焊条；对于焊缝性能（塑韧性）要求高的重要结构，或容易产生裂纹的钢材和结构（厚度大、钢性大、施焊环境温度低等）焊接时，应选用碱性焊条，甚至超低氢焊条。一般中碳钢应尽量选用低氢型焊接材料，它们有一定脱硫能力，熔敷金属塑性和韧性良好，扩散氢含量又少，所以无论对热裂纹或氢致冷裂纹来说，抗裂性都高。

由于45钢含碳量较高，且大齿轮的厚度大，形状复杂，易产生裂纹，因此综合考虑选择J506焊条（ $\phi 3.2\text{mm}$ ）其焊缝金属化学成分及力学性能如表3、表4所示。焊条焊前需经 350°C 烘干2h，烘干的焊条应放在保温筒内，随用随取（1~4h内）。

表3 焊缝金属化学成分 (质量分数) (%)

C	Mn	Si	S	P
≤0.12	≤1.6	≤0.75	≤0.035	≤0.040

表4 焊缝金属力学性能

σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 (%)	ψ (%)
≥ 490	≥ 410	≥ 22	≥ 27

(3) 焊接工艺 焊接热输入不仅影响焊接热影响区的性能，也影响焊缝金属的性能，为了获得焊接接头的综合强韧性，就要避免采用过大的热输入。要采用低弧、多层窄道焊缝，不允许横向摆动焊接，以保证使焊接热影响区和焊缝金属有较好的韧性，最大程度上减少焊接变形。

具体焊接工艺如下：

第一，焊前将坡口及周围20mm范围内的油污、杂质等清除干净。

第二，在待焊部位及坡口处覆盖履带加热器，进行预热，且 $\geq 250^\circ\text{C}$ 。

第三，采用焊接电流为90~130A，电弧电压为21~24V进行焊接，在焊接过程中，要保证层间温度不低于预热温度，如果低于此温度，则停止施焊，重新加热到预热温度后，再进行焊接；焊枪不应作过大的横向摆动，要控制好适宜的焊接速度，每焊完一层，要用圆头风铲或小手锤对焊缝表面进行轻度敲击，以消除焊接应力，且用钢丝刷将焊缝表面清理干净后，再继续焊接。

(4) 焊后热处理 齿轮焊接后要立即进行焊后热处理，避免焊缝及热影响区产生淬硬组织，改善接头组织的韧性。

焊后热处理有两个目的：①改善焊接接头的组织性能和应力状态，降低焊缝和近缝区的含氢量，从而有效地提高焊缝抗裂纹性能。②由于齿轮在焊接后要进行精加工，通过焊后热处理消除和减少焊接应力，以保证结构尺寸的稳定性。

45钢在焊接过程中采用了焊前预热、焊后热处理等合理的焊接工艺，因此在焊接过程中有效地防止了裂纹的产生。

4. 结语

虽然45钢焊接过程中易开裂，但通过焊前预热以及合理的选择焊接材料、焊接热输入以及对焊接参数的控制，最终保证了焊接质量；同时也为今后45钢的焊接提供了宝贵的借鉴经验。MW (20120915)