



变压器油箱焊缝碳弧气刨清根的应用

王甫燕 李香情 张秀云

【摘要】 变压器油箱焊缝质量要求高，特别是对接焊缝，不仅要求无焊接缺陷，还要全焊透。为保证对接焊缝全焊透，焊接清根是一个非常重要环节，清根质量的好坏直接影响到焊缝的质量和生产效率。本文介绍了碳弧气刨在变压器油箱产品对接焊缝焊接清根的应用。分析了碳弧气刨的原理及特点，并且使用碳弧气刨进行清根，然后对焊缝的力学性能进行检测，验证碳弧气刨清根后焊缝的力学性能满足要求。

关键词： 清根；碳弧气刨；变压器油箱

1. 概述

变压器油箱作为轨道机车产品中的一个重要部件，随着轨道交通行业的不断发展，需求量越来越大。而随着行业产品质量要求的不断提升，变压器油箱产品的焊缝质量要求也越来越高。面对质量与产量的双向提升要求，我们必须对变压器油箱产品的焊接过程进行改进提升，这样才能满足市场需求。

焊接作为制造业不可或缺的工艺，在结构件生产制造中一直

发挥着重要的作用。变压器油箱产品对接焊缝多，焊接清根的工作量很大。传统清根方式都是采用角磨机或直磨机进行机械的打磨清根，效率低、成本高、质量不高。碳弧气刨与机械加工相比，它具有效率高，噪声小，灵活性大，可达性好，操作简便，热影响区小等特点。

针对碳弧气刨的优势，同时为了降低生产成本，提高焊接生产效率，本文介绍采用碳弧气刨的方法对变压器油箱对接焊缝进

行清根，并且验证了碳弧气刨对焊缝力学性能的影响。

2.碳弧气刨工作原理及特点

(1) 碳弧气刨工作原理 碳弧气刨工作原理如图1所示。碳弧气刨是利用碳棒与工件间产生的电弧将工件金属熔化，然后利用高压空气将熔化的金属吹走。碳弧气刨一般都是碳棒接电源正极，工件接电源的负极。

(2) 碳弧气刨特点 第一，清根效率高。采用碳弧气刨清根比角磨机或直磨机可提高清根效

相符。

4. 结语

(1) 轨道车辆转向架焊接构架经焊后575℃和600℃的高温短时回火热处理，其焊接残余应力可显著降低，纵向残余应力值降低50%以上，575℃短时的热时效处理降低残余应力的效果较

为明显。

(2) 顺序耦合热应力有限元分析法，可对转向架焊接钢构架的焊接结构残余应力进行准确的计算。

参考文献：

[1] 陆兴.热处理工程基础[M].北

京：机械工业出版社，2008.

作者简介：刘静，隋国欣，中车大连机车车辆有限公司；张天宜，大连机车车辆厂配件四分厂。

MW 20170501

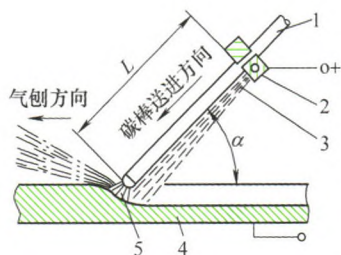


图1 碳弧气刨工作原理

1.碳棒 2.刨钳 3.压缩空气 4.工件 5.电弧
注：L为碳棒外伸长，α为碳棒与工件夹角。

率。对于变压器油箱对接焊缝效率更高，同时可以大大降低铆工的劳动强度。

第二，操作灵活。碳弧气刨直接使用刨钳夹持碳棒进行工作，操作灵活性很大，能够对角磨机不能到达的位置进行清根操作。

第三，热影响区域窄。由于碳弧气刨清根时，熔化的金属及大部分的热量都被高压风及时吹走，所以焊缝母材的热影响区较窄。

第四，成本低。碳弧气刨设备价格低，并且消耗的碳棒的成本相对于打磨片或旋转锉也更低。

3. 碳弧气刨清根试验

为保证变压器油箱产品使用碳弧气刨清根后，焊缝质量能够得到保证，我们先使用与油箱产品同样的材料Q345E试板进行对接焊缝的清根试验，并对清根后的焊缝进行力学性能的检测。

(1) 清根前准备 对焊接试板使用碳弧气刨清根前，我们应做如下准备：①检查碳弧气刨设备是否正常。②选择碳棒直径，调节电流 $I=(30\sim50)D$ 。③打开压缩空气。

(2) 清根注意事项 为防止

碳弧气刨清根后试板焊缝区域出现夹碳等缺陷，影响变压器油箱产品的后续焊接质量及生产，在实际操作过程中，我们应注意以下几点：①控制碳弧气刨清根速度，速度控制在 $0.5\sim1.2\text{m/min}$ 。

②控制碳棒与工件倾角。一般角度要控制在 $45^\circ \pm 10^\circ$ 。③碳棒干伸长度控制在 $80\sim100\text{mm}$ 之间（见图2），当长度减少到 $30\sim40\text{mm}$ 时，将碳棒重新夹持或更换新的碳棒。

(3) 碳弧气刨清根 按如下要求进行碳弧气刨清根：

第一，准备一对证明焊接完的对接焊缝试板，保证对接焊缝打底焊缝熔合良好，如图3所示。

第二，清根后的中心线与原焊缝中心线重合，偏差 $\leq 2\text{mm}$ 。

第三，清根后槽底圆滑，宽度、深度均匀，公差控制在 2mm 以内，如图4所示。

第四，不能有夹碳缺陷，发现立即机械打磨清除。

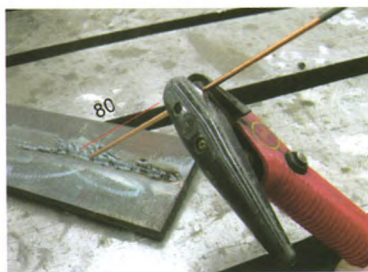


图2 正确碳棒夹持方式



图3 对接焊缝试板

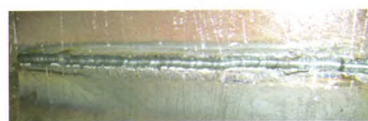


图4 清根后试板

(4) 碳弧气刨效果 通过使用碳弧气刨进行焊接试板的清根对比，相比原来的机械打磨方式清根，清根效率明显提高两倍以上（见表1）。经过在变压器油箱产品上部分对接焊缝的试验结果对比显示，效率提高更为明显。因此可以得出，碳弧气刨清根能大大提高焊缝清根效率。

4. 试板性能验证

(1) 试验焊接试板准备 选取变压器油箱常用材料，按照图5所示接头形式对准备好的T14（材料为Q345E+Q345E）和T14（Q345E+0Cr18Ni9）两组试板进行焊接，焊接完成后按碳弧气刨清根要求进行清根，然后焊接。完成后按图6所示位置进行试验试块的取样。

具体试验步骤如下：

第一，先对Q345E试板正面进行焊接，背面进行碳弧气刨清根，清根的深度控制在 $2.5\sim3.0\text{mm}$ 之间，宽度控制在 $5.0\sim6.0\text{mm}$ 之间。

第二，用直磨机对清根部位进行打磨处理，深度控制在 $3.5\sim4.0\text{mm}$ ，宽度控制在

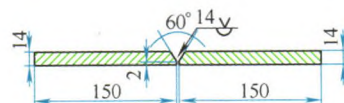


图5 焊接试板焊接接头

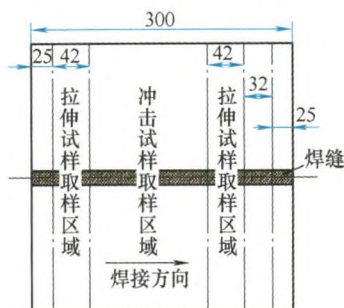


图6 焊接试板取样位置

6.0~7.0mm，同时打磨后清根位置必须呈现出金属光泽。

第三，对清根处做PT检测，保证缺陷完全清除。

第四，对清根好的位置进行焊接。

第五，对试板做表面修整，并做好标识：Q345E+Q345E标记为TG1101；Q345E+0Cr18Ni9标记为YZG1101；然后对试板做RT试验检测焊缝内部缺陷。

第六，内部检测合格后，按图7对焊接试板进行力学性能取样并委外做冲击拉伸试验，其中拉伸试棒标识为：TG1101-1、TG1101-2、YZG1101-1、YZG1101-2；冲击试棒标识为：TG1101-3、TG1101-4、TG1101-5、TG1101-6、YZG1101-3、YZG1101-4、YZG1101-5、YZG1101-6。

(2) 试验结果 拉伸试验参照ISO6892-1—2009加工试件;冲击试验参照ISO148-1加工试件,两种焊接试板拉伸和冲击试验结果如表2所示。

从试板拉伸试验理化检测结果得出: ZG1101-1、YZG1101-2、TG1101-1、TG1101-2标识的拉伸试棒抗拉强度分别为525MPa、530 MPa、545 MPa和540 MPa, 而Q345E钢材的抗拉强度为470~630MPa。由以上数据分析得出, 两焊接试板经过碳弧气刨清根后的焊缝抗拉强度在标准范围内。

从冲击理化检测报告可以得出: TG1101-3、TG1101-4、TG1101-5、TG1101-6、YZG1101-3、YZG1101-4、YZG1101-5、YZG1101-6钢材的

表1 焊缝清根时间对比

序号	油箱焊缝图片	碳弧气刨/s	机械清根/s
1		120	260
2		407	900
3		569	2400

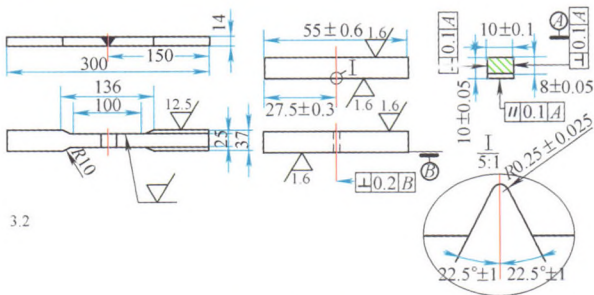


图7 试样加工

表2 试验结果

试样编号	抗拉强度 /MPa	冲击吸收能量 -40℃/J	试样编号	抗拉强度 /MPa	冲击吸收能量 -40℃/J
Q345E	470~630	34	Q345E	470~630	34
TG1101-1	545	—	YZG1101-1	525	—
TG1101-2	540	—	YZG1101-2	530	—
TG1101-3	—	56	YZG1101-3	—	75
TG1101-4	—	59	YZG1101-4	—	74
TG1101-5	—	56	YZG1101-5	—	78
TG1101-6	—	43	YZG1101-6	—	90

冲击吸收能量分别为56J、59J、56J、43J、75J、74J、78J、90J,而Q345E钢材的在-40℃冲击吸收能量为34J。由以上数据可得出,两焊接试板碳弧气刨清根后焊缝的低温冲击吸收能量仍满足标准要求。

5. 结语

通过对Q345E焊接试板及变压器油箱部分对接焊缝使用碳弧气刨清根对比和试验,确认了使

用碳弧气刨清根具有比机械方式清根更高的生产效率；并且使用碳弧气刨清根后对焊缝金属的力学性能仍然满足母材的力学性能要求。因此，我们在变压器油箱产品对接焊缝清根时，可通过使用碳弧气刨清根的方式来提高该产品的焊接生产效率。

作者简介：王甫燕等，株洲联诚集团有限责任公司。