

割缝筛管梯形缝的激光切割*

张 珊 张桂华

(天津市激光技术研究所 天津 300192)

提要 介绍了割缝筛管梯形缝的特点、激光切割的难点、特殊的设备配置及新的加工工艺方法。结果表明,激光切割使割缝筛管梯形缝的质量得到提高和改善,并取得了较好的使用性能和效果。

关键词 割缝筛管, 梯形缝, 激光切割

1 引 言

割缝筛管广泛用于油田的钻井完井和采油防砂。为克服矩形缝易砂堵等弊端,出现了梯形缝的设计。梯形缝的断面在管外表面开口窄,内壁开口宽,形状呈等腰梯形,用传统的机械加工方法很难加工。目前,激光已广泛用于板材切割,因而只要把设备的性能加以完善并采用正确的工艺,在管壁上切出质量较高的梯形缝来应该是没有问题的。但是,管材的激光切缝,热场复杂、冷却困难、质量严格、熔渣易堵等,切割的难度很大,尤其梯形缝外窄里宽,切割过程就更加困难。首先,靠调整激光功率、焦点位置、切割速度、辅助气量等工艺参数,很难达到梯形缝要求的角度;同时缝腔材料去除困难,虽可用切两刀的方法切出梯形缝的两个斜面来保证梯形角度,但缝腔材料的两端仍和管体相连,必然留下一个断面为 Δ 的未去除体;而且当切第二刀时光束须从第一刀的切缝中入射,此时光束照射在第一刀已切出的切面上。因这个面对光轴来讲是倾斜的,所以光学性质发生了变化,而且辅助气体的气压失对称,气体大部分流向倾斜面的下方,与常态的激光切割有很大不同;同时,梯形缝的渣堵更严重,因下面切缝的断面处在倒梯形的位罝,较大的漏斗形开口会把更多的熔渣聚集到缝腔内。本文从设备和工艺两方面来解决梯形缝激光切割问题。

2 激光切割设备的改进

和板材激光切割机相比,管材切割机有特殊的结构和性能,如:激光器必须带脉冲输出功能;机床部分必须设带加紧旋转头和尾座的支架、除渣装置、排热装置等;光路部分必须适应光轴相对管轴的转动;控制部分应满足多轴的控制和联动等。为此,作者研制了一种割缝筛管专用的激光切割机^[1],其结构和性能包括了上述的特殊要求:激光器具有连续输出和脉冲输出功能;管材的加紧旋转头 A 及定中尾座、辅助支架等部件座落在平台上,平台又置于带导轨的底

* 国家“八五”重点科技攻关计划资助项目。

收稿日期: 1999-11-18; 收到修改稿日期: 1999-12-29

座上,通过齿轮齿条副平台可沿着底座的导轨移动;本机设置的除渣系统解决了渣堵和除渣问题;排热系统解决了切割的冷却问题;旋转头 A 的转动完成缝的周向定位,平台的移动完成缝的轴向定位;缝本身的切割(包括缝长和梯形角)由管体与切割头的联动完成或仅靠切割头的运动完成.因而本机切割头设计成多维运动的形式,能作 x, y, z 方向的直线运动和 y, z 方向的浮动,而聚焦透镜的光轴能在管轴的垂面内作 $\pm \theta/2$ 角的(θ 为梯形角)旋转运动.所以本机在控制方面达到了五轴控制(x, y, z, A, θ),两轴浮动(y, z)和任意三轴联动,非常适于梯形缝的切割.

3 梯形缝的激光切割方法

3.1 管轴转动切割法

薄壁短筛管转动惯量较小,适宜用本方法.本方法的特点是聚焦透镜的光轴为垂直方向,在管轴转动和光轴平动联动的条件下便可以切出梯形缝.切割过程如下:调整好切割工艺参数,在管体定位和设备调整到起始位置后,先把管体转动 $+\theta/2$ 角度,使梯形角的一个斜面处于垂直位置,同时在 $-y$ 向平移光轴到垂直斜面的上方.切割开始在缝的端部用脉冲光穿刺,穿刺孔打通后即刻用连续光(或脉冲光)在 $+x$ 向进行第一个斜面的切割.当这个斜面切完后管体随即转动 $-\theta$ 角度,光束同时在 $+y$ 向联动,使光束始终对准第一个斜面的切口并在管轴的横截面内扫描,这样便切开去除体的一个端面,届时另一个待切斜面已处在了垂直位置,切割头便在 $-x$ 向运动,切出另一个斜面,紧接着管体转动 $+\theta$ 角度,光束同时在 $-y$ 向联动切开去除体的另一个端面,这样便完成了一条梯形缝的切割.管轴在转动过程中,割缝的空间位置时刻在发生变化,因而切割头的光轴必须在 y, z 两个方向随管体的转动联动并浮动,从而保证切割光轴始终在已割出的切口内,切口中心始终通过管轴,同时也保证焦点一直处在正确的位置.

3.2 光轴转动切割法

厚壁长筛管转动惯量较大,用管体转动的切割方法难以保证精度和速度,而用光轴转动切割法则适宜.本方法的特点是在切割过程中管体不动,仅靠切割头的运动便可以切出梯形缝.切割头的运动包括平动、转动及联动.切割过程如下:调整好切割工艺参数,在管体定位和设备调整到起始位置后,先把切割头的光轴以垂直方向为基准在管轴的垂面内转动 $+\theta/2$ 角并在 $+y$ 向平移,使其处在梯形角第一个斜面的方向.切割开始先在缝的端部用脉冲光穿刺,穿刺孔打通后即刻用连续光(或脉冲光)在 $+x$ 向进行切割.在第一个斜面切完后切割头随即转动 $-\theta$ 角度,同时在 $-y$ 向联动,使切割光轴始终对准已切出的切口并作管轴垂面内的扫描,这样便切开去除体的一个端面,此时光轴也处在了另一个斜面的方向,接着切割头在 $-x$ 向运动,切出另一个斜面,以后切割头即刻转 $+\theta$ 角度,同时在 $+y$ 向联动切开去除体的另一个端面,这样便完成了一条梯形缝的切割.切割头在 θ 轴转动的过程中,光轴及焦点的空间位置时刻在发生变化,因而切割头必须在 y, z 两个方向和 θ 轴联动并浮动,以保证切割光轴始终在已割出的切口内.切口中心始终通过管轴,同时也保证焦点一直处在正确的位置.

3.3 梯形缝激光切割的特殊情况

当 $\theta = 0^\circ$ 时,缝形已为矩形缝.上述的两种切割方法中,管轴及光轴不再转动.只要光轴垂直通过管轴,在轴向作单向切割,即可切出矩形缝.

当 $\theta > 0^\circ$ 但梯形缝的内开口宽度 ≤ 2 倍表面缝宽时,则上述的两种切割方法中,缝腔的形

成不需再进行去除体两个端面的切割,因在轴向切出两个斜面的同时,缝腔内的材料已全部去除。

3.4 梯形缝筛管的激光切割

单条梯形缝的切割是整根筛管的切割基础,从切割程序来看,单缝的切割是一个子程序。整根筛管上按一定规律分布着几千条缝,旋转头A的旋转或平台的位移完成了缝与缝之间的周向定位或轴向定位,然后调用子程序,逐一切出每一条缝。是轴向一排排地切、周向一圈圈地切还是按其他顺序切,都直接关系到切割的效果。考虑到切割过程中的管体传热和管腔排热,还是将整根筛管分成几段,轴向一排排地切较好。

4 切割效果

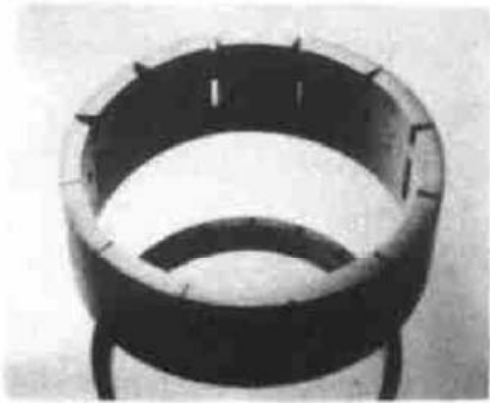


图1 割缝筛管梯形缝激光切割样品

Fig. 1 Sample work-piece of trapezoid slit of oil slotted pipe by laser cutting

用上述设备和方法切割的割缝筛管梯形缝达到了较高的技术指标:缝宽: $\geq 0.15 \pm 0.05$ mm; 梯形角: $0 \sim 40^\circ$; 切割面粗糙度: $R_a < 6.3 \mu\text{m}$; 热影响硬化层: 厚度: ≥ 0.3 mm; 硬度: $\geq \text{HV} 800$, 增强了耐磨性和耐腐蚀性, 提高了寿命。梯形缝结构克服了矩形缝的砂堵现象, 有很强的“自洁”作用, 即进入到缝腔中的砂粒, 很容易被流体冲走。因而这种筛管流压损失小、产量高、寿命长、成本低, 促进了石油行业技术的进步和效益的提高。割缝筛管梯形缝激光切割的样品见图1。图中, 同一参数在轴向有两条缝, 一条是整缝, 一条是断面缝。在断面上最窄的一条缝是 0° , 逆时针数第二条缝也是 0° , 但缝宽增加1倍, 以后顺次每缝增加 4° , 最大梯形角为 40° 。

参 考 文 献

- 1 Zhang Shan *et al.*. Laser cutter of slotted pipe. *China Patent*, Practical New-Type, ZL 96 2 05220. 5. 1997. 12. 3

Trapezoid Slit of Slotted Oil Pipe by Laser Cutting

Zhang Shan Zhang Guihua

(Tianjin Institute of Laser Technology, Tianjin 300192)

Abstract The characteristics of trapezoid slit of slotted oil pipe are summarized in this paper. The difficulty of laser cutting, the special equipment preparation and the processing methods are introduced. The result shows that quality of laser cutting is improved.

Key words slotted pipe, trapezoid slit, laser cutting