

# 低碳钢板的激光切割

史晓强

(五邑大学, 江门, 529020)

摘要: 讨论了低碳钢板的激光切割中各因素对切割质量的影响, 取得了切割的最佳工艺参数, 分析、研究了试验中出现的问题及解决方法。

关键词: 激光切割 低碳钢板

## Laser cutting of low carbon steel sheets

Shi Xiaoliang

(Wuyi University, Jiangmen, 529020)

**Abstract:** Effects of laser cutting factors on cutting quality of low carbon steel sheets are studied in this paper. The optimal technological parameters of laser cutting are obtained. The problems and solutions are analysed and discussed.

**Key words:** laser cutting low carbon steel sheets

### 引 言

激光加工技术是当今迅速发展的高新技术, 激光切割是一种应用最广泛的激光加工技术。激光切割是用激光的巨大能量(功率密度)直接聚集在切割零件的表面, 产生足以使被切割材料熔化甚至汽化的温度再辅以喷射气体吹化, 从而达到分离材料的目的。反应熔化切割是金属板材切割的基本形式, 它不用惰性气体而用氧气或其它反应气体吹气, 与被切材料产生放热反应, 提供了除激光能量外的另一切割所需的能源。

与传统的板材加工方法相比, 激光切割具有无可比拟的优点: (1) 质量(精度)高。激光切割切口狭窄(一般为 0.1~1.0mm)且光洁, 无圆角及机械下料常有的毛口; 热影响区(其深度为 0.1mm 数量级)、热应力及热变形均小。(2) 效率高。激光切割为非接触加工, 无机械冲裁时的冲击力, 无需机械冲裁下料时的搭边, 工件紧密排列, 可节省 20%~30% 的材料, 切割一次成型, 无需后续加工。(3) 速度快。用 1200W CO<sub>2</sub> 激光切割 2mm 厚的低碳钢板的切割速度可达 5~6m/min, 切割有机玻璃(5mm 厚)的速度达到 12m/min。(4) 柔性高。无需刀具、模具, 在计算机控制下可切割任意形状、尺寸的板材, 尤其适合多品种、小批量板材的切割。(5) 范围广。几乎可以切割任何金属、非金属材料; 激光能切割三维空间曲面。如今, 三维激光切割加工已广泛应用于汽车工业, 以取代汽车覆盖件的修边模和冲孔模。

激光切割或将其与快换标准模具冲剪相结合是当前板材加工的发展方向。激光加工业(含切割、焊接、打孔、表面处理)这一新的产业在国外已初具规模, 其中, 激光切割已占 60%。受国产大功率激光器的限制, 激光切割在我国的应用尚处于起步阶段。

### 一、激光切割装置及试验

本试验切割基体的材料为厚度 1~6mm 的低碳钢板, 试验设备为 Spectrum-820 数控激光

切割机, 激光器为 820 型工业 CO<sub>2</sub> 激光器(功率范围为 200~ 1500W)。切割试验系统装置如图 1(1- 激光器, 2- CNC 数控系统, 3- 反射镜, 4- 聚焦镜, 5- 工作台)所示。

经过大量试验, 研究了材料厚度、激光器性能、切割速度、切割轨迹、气流等因素对切割质量的影响, 据此进行分析、比较, 得出试验结论。

## 二、影响激光切割质量的因素

1. 切割用激光 切割用激光应有高的光束质量。为得到高的功率密度和精细的切口, 聚焦光斑的直径要小。为保证沿不同方向切割时有同一效果, 激光束应有良好的绕光轴旋转对称性和圆偏振性。激光束还应有高的发射方向稳定性, 以保证聚焦光斑位置稳定不变。现代切割用激光器应有连续输出和高重复频率输出两种功能, 并可在两者之间快速切换, 以保证复杂轮廓的高质量切割。当激光垂直入射聚焦透镜时, 可获得满意的结果; 若激光斜入射时, 切出的基体均有烧蚀现象, 达不到质量要求。

试验表明: 采用基模 CO<sub>2</sub> 激光器进行薄板切割比采用多模激光器时质量要好得多, 即使基模激光功率(500W)比多模功率(1500W)低得多时, 切缝也小得多, 这主要是因为基模时激光功率密度较高的缘故。激光切割用功率多在 2kW 以下, 常用功率在 500~ 1500W 范围内。

2. 聚焦透镜与板材厚度 透镜焦距应根据被切材料的厚度来选取, 兼顾聚焦光斑直径和焦深两个方面。被切材料厚, 焦距宜大些, 反之, 则焦距宜小些。对于数毫米厚板材的激光切割, 常用聚焦镜的焦距为 50mm(2"), 62.5mm(2.5"), 100mm(4") 和 125mm(5")。金属板材的激光切割厚度一般小于 10mm, 为保证高的切口质量和切割效率, 切割厚度常小于 6mm。实际应用时, 当板厚  $\leq 3$ mm 时, 选用 2.5" 聚焦镜, 割缝在 0.1~ 0.2mm; 当板厚  $> 3$ mm 时, 选用 5" 聚焦镜, 割缝也只有 0.2~ 0.3mm。我们曾试验用 2.5" 聚焦镜切割 6mm 厚钢板, 即使选用纯度较高的氧气, 虽然能切割, 但总不如用 5" 聚焦镜切割的质量好。

激光切割的聚焦光斑位置应靠近工件表面, 并略在工件表面以下, 一般使聚焦点落在板材上表面偏下约 1/3 板厚处。实践中我们采用如下方法来判断是否调好聚焦点位置: 用小功率激光(200~ 300W), 喷射气体用压力为 80~ 100kPa 的压缩空气, 开光闸后, 切割喷嘴在钢板上快速移动, 不断调节其高度, 同时观察有无蓝光及爆裂声的出现, 一旦出现, 则说明聚焦点已落在工件表面, 然后向下调 1/3 板的厚度即可。

3. 气流与喷嘴 在激光切割中气流有重要的作用。激光切割对气流的基本要求是进入切口的气流量应大, 速度应高, 以便有充足的气体使切口材料充分进行放热反应, 并有足够的动量将熔融材料喷射带出。气流应与光轴同心, 否则不但影响切割质量, 甚至根本切不开。常用气体种类有氧气、空气和惰性气体, 其中, 氧气使用最广泛。切割低碳钢板时需吹氧, 以提高切割速度, 喷射氧气纯度越高, 板材切口的精度越高, 挂渣越小。

气体压力、流量是影响切割质量和切割速度的重要因素。喷嘴气流压力过低, 吹不走切口处的熔融材料; 压力过高, 易在工件表面形成涡流, 削弱了气流去除熔融材料的作用。喷嘴压力一般在 300kPa 以下。

切割压力是喷嘴出口和工件表面距离的函数, 存在若干高切割压力区, 其中第一、第二高压区紧邻喷嘴出口, 在此区域放置工件表面, 切割压力大而稳定, 切割效果好。故应控制喷嘴

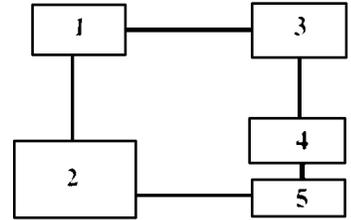


Fig. 1 The schematic of experimental setup for laser cutting

出口至工件表面的距离为 0.3~ 1.5mm (第一高压区) 或 3mm 左右(第二高压区)。

4. 切割速度 切割速度取决于激光的功率密度及被切材料的性质、厚度等。在一定切割条件下,有最佳的切割速度范围。切割速度过高,切口清渣不净;切割速度过低,则材料过烧,切口宽度和材料热影响区过大。为避免在轮廓拐角处因切割速度过低而产生过烧,激光器应由连续输出转换为脉冲输出,脉冲峰值功率维持为原连续输出功率值不变,但脉宽可调、平均功率下降,以适应切割速度的变化。因此,在切割较复杂轮廓时,切割速度应可调节。

5. 切割轨迹 激光切割过程中,在拐点(尖角)处,由于速度从降低为零到重新加速,加之方向的变化、材料拐点处散热条件较差等原因,容易使得拐点处过热熔化而形成塌角。为防止这种现象的发生,可采用如图 2b 所示使激光在拐点处绕行(如绕圈),如此不发生速度、方向的突变,且各点受热均匀,保证了拐角的光滑锐利。

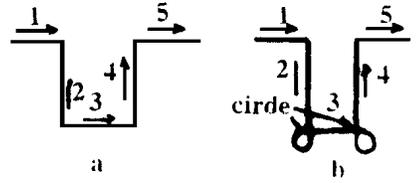


Fig. 2 The cutting locus around corner of outline of the workpiece

### 三、结 论

图 3 为试验得出的激光切割低碳钢的切割参数间的关系,附表为切割不同厚度低碳钢板的最佳切割工艺参数范围。

通过以上低碳钢板的激光切割试验,可得结论如下:

Table The optimal technological parameters of laser cutting for low carbon steel sheets

thickness of steel plate	laser power (W)	cutting speed (m/min)	oxygen pressure (kPa)
1	550~ 750	5~ 7	100~ 115
2	750~ 850	3.5~ 5	115~ 130
3	850~ 1000	2.5~ 3.5	130~ 150
4	1000~ 1150	2.2~ 2.5	150~ 165
5	1150~ 1300	1.9~ 2.2	165~ 180
6	1300~ 1500	1.6~ 1.9	180~ 195

(1) 低碳钢板最常采用激光切割,激光切割时都吹氧。激光切割低碳钢板

是激光切割工业急剧发展的支柱。(2) 激光切割低碳钢板的切口质量好,切割缝热影响区小、割缝窄,不需任何上、下模,不接触零件,零件几乎没有变形,与传统的机械加工方法

比较,有尤为突出的优点。(3) 激光切割低碳钢板的最佳切割工艺参数范围如附表。(4) 试验及经验表明,采用 CO<sub>2</sub> 激光切割低碳钢板的最大切割厚度可估算如下:激光功率的瓦数除以 100,即得以毫米数表示的最大切割厚度。此估算法适用于激光功率为 100~ 1500W 的范围。

### 参 考 文 献

- 1 Powell J. Guidelines and Data for Laser Cutting. Industrial Laser Handbook, 1990
- 2 Geiger M *et al.* SPIE, 1988; 1022
- 3 Biermann S *et al.* SPIE, 1988; 1031

\* \* \*

作者简介:史晓强,男,1963 年 11 月出生。副教授。现从事机械制造、激光加工专业的研究工作。

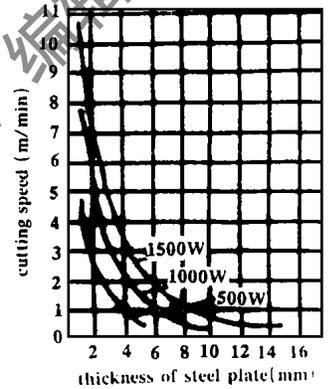


Fig. 3 The relationship between the cutting speed and the thickness of steel sheets for different laser powers