



CO₂激光与光纤激光切割工艺及成本分析

曲志远 陈积翠

【摘要】 本文阐述了CO₂激光与光纤激光切割工艺，分析了不同激光切割的利弊，通过对两种切割成本要素的分析，在综合比较两种切割工艺的基础上提出了相关建议。

关键词： CO₂激光；光纤激光；切割工艺；成本分析

1. 概述

目前用于切割领域的激光主要为CO₂激光和光纤激光。CO₂激光是CO₂气体在高频高压下受激发，产生频率为10.6 μm的激光，经过谐振腔的偏振镜后沿铜镜反射聚焦而进行切割的。光纤激光是采用多个多模泵浦二极管并行设置作为激光源，产生频率为10.6 μm的激光，通过分支在谐振腔调整后耦合进单根光纤，形成功率较高的激光。

2. CO₂激光切割与光纤激光切割工艺比较

(1) 激光结构对比 CO₂激光发生器体积较大，传输介质为空气，光路直线传播完全依靠反射镜，光路衰减快、要求高，能量损失较大，光电转化率低，仅为10%，如图1所示。

光纤激光采用多组多模泵浦二极管并行设置为激光源，产生的激光由光纤传输，光束封闭于光纤内“曲线传播”，不受外界

环境影响，光电转化率高，可达25%以上，如图2所示。

(2) 切割材料对比 CO₂激光可切割碳钢、不锈钢、铝合

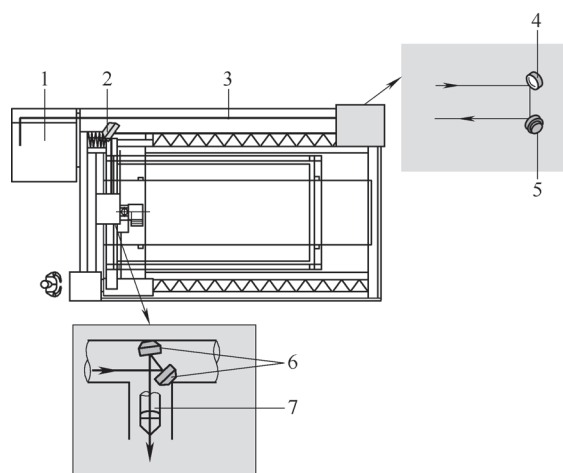


图1 CO₂激光

1.激光发生器 2.驱动单元反射镜 3.光路 4、5、6.角度反射镜 7.聚焦透镜

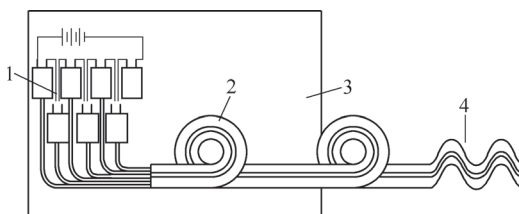


图2 光纤激光

1.激光源 2.谐振腔 3.冷却系统 4.光路

金及非金属材料，但不能切割铜材。对于CO₂激光来说，铜材属于高反射性材料，10.6 μm频率激光几乎全部被反射而不被吸收，反射光返回激光器，造成危害。

光纤激光可切割碳钢、不锈钢、铝合金及铜材，但不能切割非金属材料，包括木材、塑料、皮革等。对于表面有覆盖层的材料也不能切割，如普通覆膜不锈钢、有防锈的特种钢板等。

(3) 切割效能对比 切割速度、穿孔效率、断面质量等方面构成激光切割效能，是评价激光机器的关键综合指标。

光纤激光器切割薄板有优势，尤其是厚度3mm以下优势更明显，相对于CO₂激光，最大切割速度比值可大4:1；而6mm是两种激光优势互换的临界厚度。切割厚度>6mm的板材，光纤激光无优势。随着厚度的增加，CO₂激光渐显优势，但并不明显。图3为不同材料的切割速度。

激光束在工件开始切割前，需要穿透工件。光纤激光的穿孔时间明显要比CO₂激光长。以3kW光纤激光和CO₂激光为例，对于8mm的碳钢，后者比前者少1s；10mm时，后者少2s；随着厚度的增加，CO₂激光在穿孔2000次、每次穿孔差3s计算，则每天穿孔时间差为6000s，约合1.7h。

断面质量通常指粗糙度、垂直度。切割3mm以下厚度的钢板时，光纤激光切割的断面质量略差于CO₂激光。随着厚度的增加，断面质量的差异越加明显。

切割3mm及以上的不锈钢时，光纤激光切割的断面呈磨砂状，而CO₂激光呈光亮。切割16mm的碳钢，光纤激光切割断面垂直度远差于CO₂激光，前者为0.4~0.5mm，后者为0.1mm。另外，由于光纤激光频率低，能量密度大，在切割碳钢小孔时，反

而是个缺点，易产生过烧。CO₂激光与光纤激光切割工艺比对如表1所示。

3. CO₂激光切割与光纤激光切割成本分析

以切割5mm不锈钢板为例，CO₂激光与光纤激光切割工艺成本分析如表2所示。

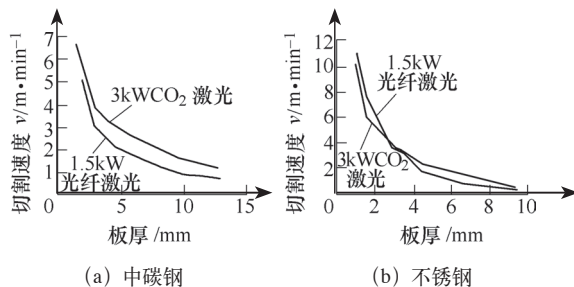


图3 不同材料的切割速度

表1 CO₂激光与光纤激光切割基本工艺参数对比

项目名称	CO ₂ 激光	光纤激光
激光结构	复杂	简单
激光频率/μm	10.6	1.06
光电转换率(%)	10	25以上
适用材料	碳钢、不锈钢、铝合金、非金属材料	碳钢、不锈钢、铝合金、铜材
切割速度	较快	3mm以下板材很快，6mm以上时较CO ₂ 激光相似
穿孔效率	优于光纤激光	劣于CO ₂ 激光
断面质量	优于光纤激光	3mm以下板材略差于CO ₂ 激光，板厚越大，断面质量差异越明显

表2 CO₂激光与光纤激光切割成本分析

类别		消耗量	
		CO ₂ 激光	光纤激光
激光发生气体消耗	He (99.999%) /L·h ⁻¹	13	—
	N ₂ (99.999%) /L·h ⁻¹	6	—
	CO ₂ (99.999%) /L·h ⁻¹	1	—
	压缩空气/Nm ³ ·h ⁻¹	—	35
切割气体消耗	切割速度/m·min ⁻¹	2.5	8.2
	N ₂ (99.99%) /Nm ³ ·h ⁻¹	20.27	39.35
电力消耗	设备总功率/kW	47.56	28.56
设备折旧	购置及安装总成本/元·年 ⁻¹	65万	70万
设备维护	日常设备维修维护成本/元·年 ⁻¹	10万	7万
易损易耗件消耗	聚焦镜片/片·年 ⁻¹	约4	—
	保护镜片/天·片 ⁻¹	—	2.5
	喷嘴/h·个 ⁻¹	40	40
	其他消耗/元·年 ⁻¹ (滤芯、磁环、冷却水)	约4000	约4000

注：上述成本分析未考虑人工成本、管理费用、利税等因素。

根据上表中的数据分析,按设备年时基数3860h计算,在切割5mm不锈钢时,CO₂激光切割机的运行成本为每小时268.8元,光纤激光切割机运行成本为每小时242.7元。CO₂激光和光纤激光切割速度分别按每分钟2.5m、8.2m计算,CO₂激光切割成本为每米1.79元,光纤激光切割成本为每米0.48元。

4. 综合比较及建议

CO₂激光切割和光纤激光切割都有其适用的领域。CO₂激光切割除可用于切割碳钢、不锈钢、铝合金等材料外,还可以切割半导体材料、非金属材料 and 复合材料,其切割应用范围更广。

光纤激光切割除可用于切割碳钢、不锈钢、铝合金等材料外,还可以切割CO₂激光无法切割的铜材,但不能切割非金属材料。就切割成本而言,光纤激光切割机相对于CO₂激光切割机来说要便宜得多。

综上所述,CO₂激光切割与光纤激光切割的工艺选择问题上建议如下:

(1) 对于4mm及以下的材料,考虑到光纤激光切割速度快、效率高的优点,选用光纤激光切割综合性价比更高。

(2) 对于8mm及以上的材料,考虑到光纤激光打孔效率低、断面质量较差,且切割速度

不在具有明显优势,选用CO₂激光切割更容易保证产品质量。

(3) 对于铜材或镜面不锈钢,建议选用光纤激光切割机,对于半导体材料、非金属材料 and 复合材料,建议选用CO₂激光切割机。

参考文献:

- [1] 梁桂芳.切割技术手册[M].北京:机械工业出版社,1997.
- [2] 沈海平,陈欣,陈阳.光纤激光切割技术[J].电焊机,2013,43(7).

作者简介:曲志远等,株洲电力机车有限公司。

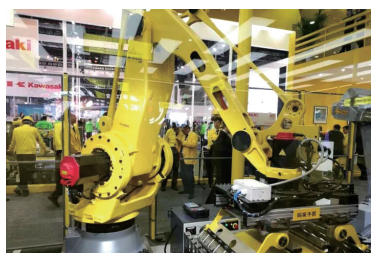
MW 20171025

发那科四款重量级机器人新品齐齐首秀工博会

2017年11月7日,全球领先的工业机器人和工厂自动化设备制造商FANUC携四款机器人新品在第19届工博会上正式首发,包括R—30iB Plus机器人控制器、R—2000iC/210WE清洗型机器人、M—410iC/110机器人以及P—350iA/45喷涂机器人。

新发布的R—30iB Plus机器人控制器,全面提升了其硬件性能和操作易用性。通过高速CPU以及优化处理提高性能,可将处理时间缩短44%。同时,凭借设置向导和程序创建向导功能,即使是第一次使用机器人的用户也可以在30min内创建并运行一个简单的机器人搬运程序。

除了R—30iB Plus控制器外,发布会上还首发了3款应用于不同行业的机器人。



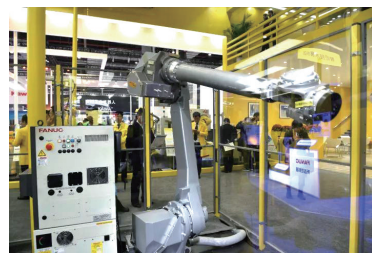
M—410iC/110机器人

M—410iC/110机器人是针对化工、饮料、食品、啤酒及塑料等生产企业研发的新型四轴码垛机器人,与同系列四轴码垛机器人相比,此款机器人设计更紧凑、速度更快。机器人负载110kg,可达半径2403mm,具有高可靠性和高效性,非常适用于码垛、搬运等应用领域。

R—2000iC/210WE清洗型机器人采用本色防锈喷涂、不锈钢设计,整体防护性能大幅提高,非常适合于清洗环境下的应用。

机器人负载210 kg,可达半径2450mm。通过结构件优化、增强油密封,最大限度的提升了防水、防尘、防锈性能。

P—350iA/45喷涂机器人具有负载大、重复定位精度高、集成度高、响应速度快和工艺调试简单等优点。机器人负载45kg,可达半径2606 mm。防爆标准设计,可满足各种危险作业环境下喷涂、搬运、打磨及喷淋等应用。



P—350iA/45喷涂机器人

(发那科)