

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0579-03

金属零件 LOM 分层制造中的激光表面 光整技术的研究*

曹彪 王桂兰 张海鸥 汪亮

(华中科技大学塑性成形模拟及模具技术国家重点实验室, 武汉 430074)

提要 通过系统的工艺试验,对 LOM 金属零件和模具制造中的激光切割工艺与表面光洁度的关系进行了研究,探讨了激光切割各主要工艺参数对切割质量的影响规律。研究表明:在研究获得的较佳工艺条件下,所得光整表面的粗糙度 Ra 值可达 $0.7 \mu\text{m}$,从而为金属零件和模具 LOM 分层快速制造中的激光表面光整工艺提供了实验依据。

关键词 金属零件及模具, 分层制造, 激光光整, 不锈钢薄板

中图分类号 TN249 **文献标识码** A

The Study on Laser Surface Finishing Technology of Metal Parts Laminated by LOM

CAO Biao WANG Gui-lan ZHANG Hai-ou WANG Liang

(State Key Lab of Plastic Forming Simulation and Die & Mould Technology,
Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract Through the systemic experiments, the relationship between laser cutting factors and surface roughness of metal parts and tool fabricated by LOM (Laminated Object Manufacturing) method and the effect of main laser cutting process parameters on the surface roughness were investigated. The experimental results show that the roughness (Ra) of the cut surface would be less than $0.7 \mu\text{m}$. This result provides a good practical evidence for the laser surface finishing technology of LOM method.

Key words metal parts and tool, laminated object manufacturing, laser finishing, stainless steel sheet

1 引言

快速成形 (RP&M, Rapid Prototyping & Manufacturing) 是近十余年来在国际上迅速发展起来的一项集计算机、自动控制、激光和材料科学技术于一体的高新制造技术。目前, RP&M 技术已成功地实现了面向市场的产品造型设计与实物模型制造的敏捷化。然而, 要由新产品设计迅速形成批量生产并抢占市场, 金属零件或模具的快速制造是关键, 这已成为 RP&M 技术进一步发展并取得更大经济效益所须解决的关键国际前沿课题^[1,2]。目前最受关注的是直接快速制造金属零件或模具 (DRMT: Direct Rapid Metal Tooling) 技术, 其主要方法有: 以

激光为热源的选择性激光烧结法 (SLS) 和激光生成法 (LG); 以等离子电弧等为热源的熔积法 (PDM: plasma deposition method); 喷射成形的三维打印法 (3DP); 以及 LOM 分层制造法等^[3,4]。

与其他切割技术相比, 激光切割技术具有如下特点^[3-6]:

- 1) 激光切割不需任何剪切、冲切工具, 不存在工具磨损、调换等问题, 如同无形的手术刀;
- 2) 热影响区很小, 切缝宽度可至 0.1 mm , 可达到较高的表面光洁度;
- 3) 能切割易碎的脆性材料, 和极软、极硬的材料;
- 4) 易于数控或计算机控制, 并可多工位操作, 容易实现切割过程自动化。

因此, 基于激光切割的金属薄板 LOM 技术, 具

国家自然科学基金(50075032)资助课题。

有可快速、低成本制造大型、复杂形状的金属零件或模具的特点,然而切割面的光洁度对表面的质量有重要影响。本文通过系统的工艺试验,对 LOM 金属零件和模具制造中的激光工艺与表面光洁度的关系进行了研究;探讨了激光切割各主要工艺参数对切割质量的影响规律。

2 实验装置及实验条件

实验装置分别采用 RAPIDO 5 五轴联动 CO₂ 激光切割机和 YAG 固体激光切割机。

通过改变激光功率、切割速度、切割厚度、切割倾角、切割材料预热温度,研究了切割工艺参数对可切割范围和切割表面质量的影响。切割材料分别采用了厚度为 0.4 mm, 0.6 mm, 1 mm 的三种不锈钢薄板,并设置了从 0° 到 45° 各种不同的激光切割倾角。表面粗糙度的测量采用了双管光学显微镜和轮廓仪。

3 实验结果和分析讨论

3.1 激光功率、切割速度和板厚的合理匹配对可切割范围及表面粗糙度的影响

不锈钢薄板能否被切穿,并获得良好的切割表面质量,与许多工艺参数相关,通常以激光功率 P , 材料厚度 t 和切割速度 v 为三个主要工艺参数,而激光功率、材料厚度与切割速度三者之间又互为影响。为获得良好的切割质量,针对不同的被切材质,三者间的合理匹配显得尤为重要。通过系统的工艺试验,得到不同厚度的不锈钢薄板极限切割速度与激光功率的关系曲线,如图 1 所示(切割设备: CO₂ 激光切割机)。

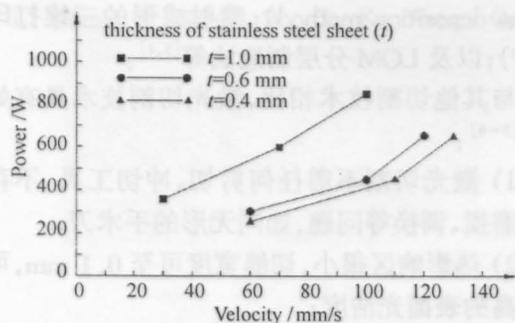


图 1 不同板厚的极限切割速度与激光功率的关系曲线

Fig. 1 Limited cutting velocity of different thickness with different laser power

在可切穿的前提下,同一板厚的不锈钢薄板切割时,以大功率配以高速度切割时,其切缝宽度比小

功率配低速度切割时要窄。当增大激光功率时其单位时间的能量密度提高,所以在较短的时间内即可快速熔化或汽化被切金属,而且由于速度高其加热作用时间短,被熔化或汽化区域小,故而切缝细小。然而,当以大功率配低速度进行切割时,从切口表面形貌来看,切口波浪形比较严重,切缝变宽,并形成连续深色挂渣。因此板厚、激光功率与切割速度的合理匹配对提高切割表面质量具有重要意义。

3.2 激光功率对切口表面粗糙度的影响

激光功率是影响切割质量的重要工艺参数,对于同一切割速度,存在有最佳功率范围。在可切穿的前提下,切口表面粗糙度随激光功率的提高而增大,其主要原因在于当切割速度固定而激光功率增大时,单位时间内的能量密度提高,被熔化或汽化区域变大,从而增加了切口表面粗糙度。图 2 为使用 YAG 固体激光器切割厚度为 1 mm 的不锈钢薄板时,所得的激光功率与切口表面粗糙度间的关系曲线(切割速度 $v = 4$ mm/s)。

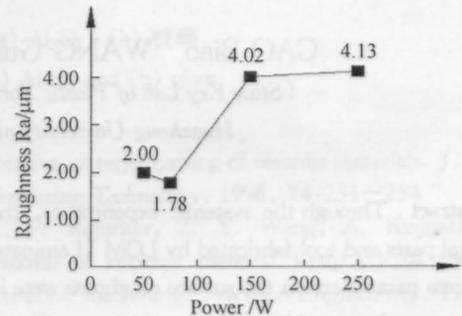


图 2 激光功率与切口表面粗糙度间的关系曲线

Fig. 2 Roughness of cutting surface with different laser power

3.3 切割速度对切口表面粗糙度的影响

切割速度对切口表面的粗糙度影响较大,速度过低时,切口波浪形比较严重;切割速度过高时,切口下部的熔融物清除不完全,速度以适中为好。图

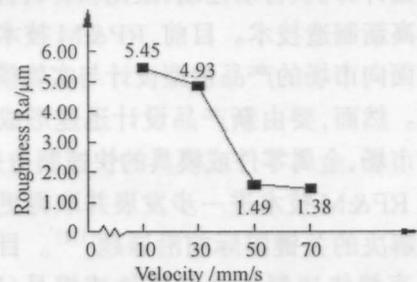


图 3 切割速度与粗糙度的关系曲线

Fig. 3 Roughness of cutting surface with different velocity

3 为厚度为 1 mm 的不锈钢薄板在室温、激光功率为 850 W 条件下,切割速度与切口表面粗糙度的关系曲线(切割设备:CO₂ 激光切割机)。

图 4 为利用轮廓仪测得的在不同切割速度下的切割表面粗糙度曲线(切割工艺条件:板厚:0.4 mm;CO₂ 激光切割机;激光功率:600 W;垂直切割)。

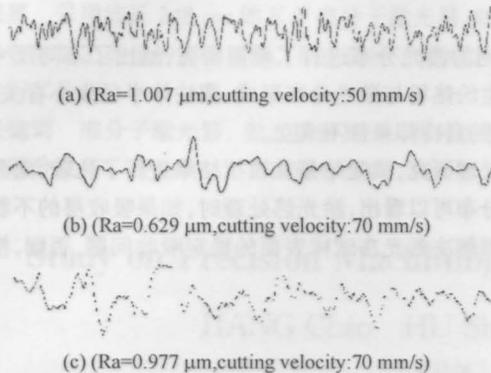


图 4 不同切割速度下的切口表面粗糙度曲线
Fig.4 Curves of surface roughness with different cutting velocity

3.4 切割倾角

要获得精细的轮廓形状,最大限度地消除侧面台阶效应,要求激光切割的轨迹尽可能与被切物体的轮廓形状相吻合,因此有别于普通的激光切割工艺,要求激光束与切割面成一定角度进行切削加工。带倾角切割是金属零件分层制造中表面激光精细光整的特殊要求,由于激光束与被切表面存在一定的倾角,辅助气流与切割表面间存在一定的倾角,给切割带来较大的难度,特别是随着切割倾角的增大,切口下表面挂渣变得严重,需要采取一定的工艺

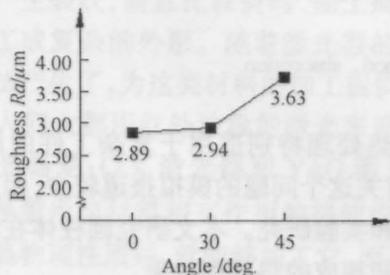


图 5 切割倾角与切口表面粗糙度间的关系曲线
Fig.5 Surface roughness with different cutting angle

手段消除切口下表面的挂渣现象。图 5 为通过本试验研究而获得的切割倾角与切口表面粗糙度间的关系曲线,从中可以看出,当切割倾角不大时($\leq 30^\circ$),对切割表面质量的影响不大,但随切割倾角的进一步增加,表面粗糙度增大,同时切口下表面挂渣现象也变得严重。

4 结 论

1) 采用激光切割技术,利用现有实验设备,通过合理控制切割工艺参数,可获得具有较高表面光洁度的切口表面,通过轮廓仪测量可知,切割表面平均粗糙度可达 $0.7 \mu\text{m}$ 。这一结果表明,利用激光切割工艺进行表面光整是提高金属零件或模具直接快速制造精度及表面质量的有效方法。

2) 通过实验研究可知,激光功率 P ,材料厚度 t 和切割速度 v 是影响薄板可切割性的三个主要工艺参数;对于同一切割速度,切口表面粗糙度随激光功率的增加而有所增加;对于同一激光功率,切口表面粗糙度随切割速度的增加而有所减少;在薄板切割中,随切割倾角的增加,切口表面粗糙度有所增大。

3) 通过系统的实验,获得了不同厚度、倾角的不锈钢薄板切割时的合理化工艺参数范围。如可切割性与板厚、激光功率、切割速度间的影响关系;切口表面粗糙度与激光功率、切割速度、切割倾角间的影响关系等,从而为金属零件和模具 LOM 分层快速制造中的激光表面光整工艺提供了实验依据。

参 考 文 献

- 1 宋天虎等. 我国快速成形制造技术和发展与展望. 中国机械工程, 2000, 10
- 2 张海鸥. 快速模具制造技术的现状及其发展趋势. 模具技术, 2000, 108(6): 84~89
- 3 T. Nakagawa, K. Suzuki. A low cost blanking tool with bainite steel laminated. Proc. 21st International M. T. D. R. Conference, 1980
- 4 D. Wimpenny, B. Bryden. Laminated injection moulding tooling. The Eighth International Conference on Rapid Prototyping, 2000 Tokyo, Japan
- 5 李力钧. 现代激光加工及其装备. 北京: 北京理工大学出版社, 1993
- 6 曹明翠, 郑启光, 陈祖涛等. 激光热加工. 武汉: 华中理工大学出版社, 1995