

激光加工技术在工程机械制造中的应用

刘鹏 邢振宏 冉彬 黄腾

(济南森峰激光科技股份有限公司 山东 济南 250101)

摘要: 针对工程机械制造输出功率不稳定,从而导致机械制造质量下降的问题,本文设计了基于激光加工技术的工程机械制造方法。设计方法是首先提取激光加工机械特征,然后分析激光加工轨迹,再利用激光加工技术控制机械制造功率,提高机械制造质量,实现工程机械的高效高质量制造。实例应用结果表明,将所设计方法应用至工程机械制造中后,制造质量更高,极具推广价值。

关键词: 激光加工技术; 工程机械制造; 方法

0 引言

激光加工主要是利用高能量密度的激光束,利用在物质的表层产生化学效应进行加工的技术^[1]。在进行工程机械制造加工过程中,可以实现无接触操作,加工之后的元件变形情况几乎为零,加工质量更佳,加工速度更快,对于提升元件制造质量与效率具有重要作用^[2]。工程机械作为装备工业的关键部分,已经广泛应用于施工工程、路面工程、建筑工程等领域,并取得了较好的应用效果^[3]。机械制造是一门发展较快的学科,其拥有较为广阔的发展潜力,在环保理念、绿色理念、发展理念等理念的影响下,工程机械制造的发展更加趋向于环保,对于绿色生态社会建设具有重要作用^[4]。在此条件下,本文利用激光加工技术,设计工程机械制造方法,以期在保持制造元件原始形状的同时,提高机械制造质量,真正意义上实现工程机械的高效制造。

1 基于激光加工技术的工程机械制造方法设计

1.1 提取激光加工机械特征

由于机械制造企业中的物流流动状态呈现离散状,可以将加工过程分为材料准备、加工制造、成型焊接等^[5]。在激光加工时,根据机械制造元件的轮廓,形成一个激光加工轨迹,并在此轨迹方向上进行切缝与加工^[6]。此过程的切缝深与轨迹方向与单位面积接收到的激光能量有关。本文将激光能量密度设定为 M ,则 M 的数据特征如下:

$$m = \delta \cdot f(M) \quad (1)$$

式中: m —激光能量密度的数据特征;

δ —激光切缝深度值;

$f(M)$ —激光能量密度的函数特征。

在激光加工过程中,输出激光功率与加速度均会影

响激光能量密度的变化^[7]。由此得出激光加工机械的其他特征如下:

$$n = \frac{W_m}{A_m} \quad (2)$$

$$k = \frac{P_m}{rF + \pi r^2 / 4s} \quad (3)$$

式中: n —输出激光能量特征;

W_m —输出激光功率特征;

A_m —激光光束加速度;

k —激光信号;

P_m —信号调节参数;

r —激光束光斑半径;

F —激光加工速度;

s —加工时间。

将提取出的激光加工机械特征,应用在控制机械制造功率方面,能有效减少输出功率对机械制造质量的影响。

1.2 基于激光加工技术同步控制机械制造功率

根据激光加工机械特征得知,激光能量密度越大,机械制造材料的切缝越深^[8]。随着切缝深度的增加,激光加工设备的散热效果变差,则无法有效地控制切缝深

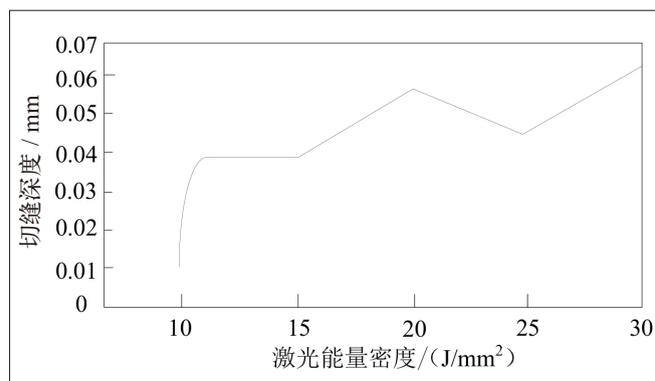


图1 切缝深度与激光能量密度之间的关系

度,此时切缝深度与激光能量密度之间呈不规则递增的关系,见图1。

如图1所示,切缝深度在0.01~0.04mm时,激光能量密度波动范围不大,几乎均在 $10\text{J}/\text{mm}^2$ 上下,可以保证制造质量。切缝深度超过0.04mm之后,激光能量密度开始波动,波动范围较大,切缝的粗糙程度相应增加,使机械制造元件的质量下降。本文在此基础上,利用激光加工技术对机械制造功率进行同步控制,保证机械元件的质量。

本文对上述曲线进行近似转化,将切缝深度在0.01mm~0.04mm范围内的曲线,建立一个解析表达式,该值通过下述公式计算得出:

$$R = (V - V_a)(R_1 - R_0) / (V_{a+1} - V_a) \quad (4)$$

再将切缝深度超过0.04mm之后的曲线,该函数用下述公式表示:

$$Y = (R - R_k)(V_{a+1} - V_a) \quad (5)$$

式中: V - 激光控制信号;

V_a - 控制信号的自变量;

V_{a+1} - 控制信号的因变量;

R_1 - 切缝深度变化函数;

R_0 - 切缝粗糙度变化函数;

R_k - 激光功率控制误差。

通过对激光加工制造功率的控制,减少了激光能量后续波动,提高了制造质量,实现了工程机械的高效制造。

2 实例分析

2.1 企业概况

为了验证设计的工程机械制造方法是否具有实用价值,本文以X工程机械制造企业为例,对上述方法进行实例分析验证。X工程机械制造企业是某市最大的工程机械研发、生产、加工、销售的基地。其主要产品为装载机、挖掘机械、平地机械,以及其他相关机械配件。X工程机械制造企业属于中大型企业,生产加工产品较为丰富,生产加工工艺较为复杂,属于离散型车间制造企业。X工程机械制造企业分为制造办、备料车间、成型车间、焊接车间、相关部门等。其中,制造办主要负责机械加工制造计划的分解;备料车间主要负责准备材料、加工计划、钢板加工、完成配件任务等;成型车间主要负责接收配件、安排机械加工成型计划、结构件成型与处理、完成机械成型任务等;焊接车间主要负责按照生产计划安排焊接制造计划、焊接制造并进行二次处理、按时完成焊接任务等;相关部门主要有制造部、研究所、外协部、质检部、其他分厂。

X工程机械制造企业使用激光加工的方式进行机械制造,激光加工轨迹见图2。

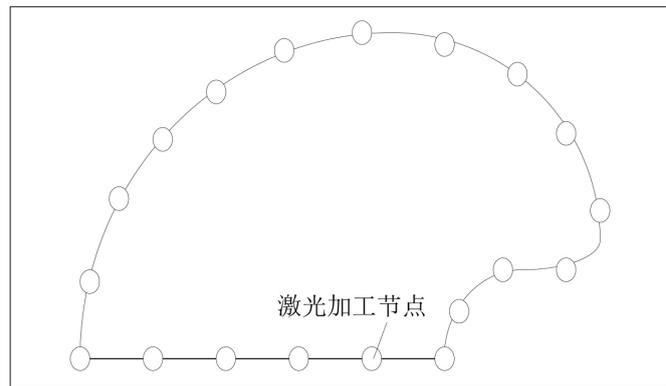


图2 激光加工轨迹

如图2所示,使用激光加工机械制造之后,由各个激光加工节点构成了整个机械制造元件。由于机械制造元件的轮廓不一,在使用激光加工过程中,加工轨迹相应不同。无论是哪一种激光加工元件,激光加工节点均能与实际元件轮廓一致,以此保证元件轮廓完整性,进而提高工程机械制造质量。

除此之外,激光加工效果还与切缝深度情况有关,见图3。

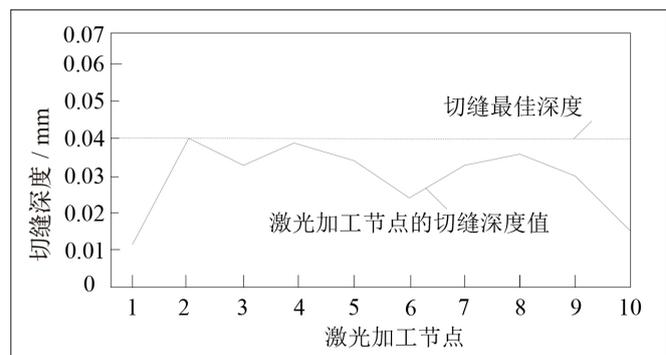


图3 激光加工节点的切缝深度值

如图3所示,本文将激光加工节点设定为10个,按照元件的轮廓以顺时针的方向编号成1~10。使用激光加工后机械切缝的最佳深度为0.04mm。由图3可知,切缝深度在0.01~0.04mm的范围内变化,切缝深度始终在最佳深度范围以内,可以保证机械制造切缝质量。切缝深度与激光能量密度之间的关系密切,激光能量波动越大,切缝深度波动范围越大,激光切缝越粗糙,影响机械制造元件的质量。在此条件下,本文以上述切缝深度为例,将切缝深度的变化范围设定在0.01~0.08mm,其激光能量密度见表1。

如表1所示,切缝深度在0.01~0.04mm的范围内时,激光能量密度在 $10.12 \sim 10.28\text{J}/\text{mm}^2$ 的范围内波动。此时,激光能量密度的波动较小,可以保证切缝质量。当切缝深度超过0.04mm之后,尤其是在 $0.05 \sim 0.08\text{mm}$ 范围内波动时,激光能量密度在 $12.14 \sim 20.27\text{J}/\text{mm}^2$ 的范围内波动,激光能量密度的波动较大,无法保证切缝

表1 切缝深度与激光能量密度的关系

切缝深度/mm	激光能量密度/(J/mm ²)
0.01	10.12
0.02	10.16
0.03	10.23
0.04	10.28
0.05	12.14
0.06	14.23
0.07	18.45
0.08	20.27

质量。因此,在使用激光加工机械制造的过程中,本文将切缝深度始终控制在0.04mm以内,最大限度地保证激光能量密度波动的稳定性。

2.2 应用结果

本文根据激光加工轨迹、激光加工节点的切缝深度、切缝深度与激光能量密度的关系,将激光加工技术在机械制造中的加工时间与输出激光功率进行分析。并将理想功率与实际功率进行对比,验证该制造方法的应用价值。具体应用结果见表2。

表2 应用结果

激光加工时间 t/s	工程机械制造输出激光的理想功率 P/W	本文设计的基于激光加工技术的工程机械制造方法的输出激光功率 P/W
1.0	70.43	70.42
1.2	65.32	65.31
1.4	60.18	60.18
1.6	56.23	56.22
1.8	51.68	51.68
2.0	47.12	47.11
2.2	42.63	42.63
2.4	34.56	34.55

如表2所示,本文将激光加工时间设定在1.0~2.4s的范围区间内,此时间段内的机械制造输出激光的理想功率,随着激光加工时间的增加,功率逐渐减小,理想输出功率的变化区间为34.56~70.43W,由此可以保证激光加工机械制造质量与效率的最大化。使用本文设计的机械制造方法之后,输出激光功率与理想功率之间相差±0.01W左右,功率变化区间为34.55~70.42W,在理想输出功率的变化区间以内。其中,激光加工时间为1.4s、1.8s、2.2s处时,本文设计的方法输出激光功率分

别为60.18W、51.68W、42.63W,与理想输出功率保持一致。应用结果说明本文方法可以有效地提升机械激光制造的加工效果,使工程机械制造效果达到最佳,达到了本文研究目的。

3 结语

近些年来,我国机械制造行业发展迅速,不仅带动了我国经济发展,还提高了机械制造质量,对于我国未来发展具有深远的影响。为了进一步提升工程机械制造质量与效率,本文利用激光加工技术进行工程机械制造,研究结果表明,该方法能够有效地控制制造过程中的激光输出功率,为机械制造业的发展奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 刘晴云,张飞飞,陈雪娇.激光加工技术在农业机械制造中的发展和应用分析[J].农业技术与装备,2020(10):65-66.
- [2] 雷晓,陈劲松,冯文,等.激光加工技术在项目式教学中的探索与实践—以江苏海洋大学为例[J].创新创业理论与实践,2021,4(01):82-84.
- [3] 赵林杰,程健,陈明君,等.熔石英光学元件的CO₂激光加工技术研究新进展[J].机械工程学报,2020,56(11):202-218.
- [4] 刘文超,郭兵,赵清亮.CVD金刚石涂层工具的水膜辅助脉冲激光加工技术研究[J].精密制造与自动化,2020(01):16-22.
- [5] 韩冬冬,蔡青,李纪超,等.激光诱导石墨烯水下超疏油仿生表面的制备[J].激光与光电子学进展,2020,57(15):155-160.
- [6] 丁军飞,陈伟达,付帅帅.碳价波动下考虑风险规避的工程机械再制造企业生产决策优化[J].系统工程理论与实践,2022,42(03):637-650.
- [7] 李彦熹,王建宏.创新·智造·绿色—2020工程机械及关键零件制造技术在线论坛成功举办[J].金属加工(冷加工),2020(09):32-34.
- [8] 彭广盼.基于Vis-Mockup的虚拟制造技术在工程机械产品开发中的应用[J].广州化工,2021,49(13):162-164+228.

作者简介:刘鹏(1987.04-),女,汉族,山东济南人,本科,研究方向:激光加工。