

Research on Processing Technology of Laser Punching and Positioning on Stainless Steel Plate

Pengfei Jiang^{*}, Yuanyuan Wu, Junyong Tang

Zhongtian Broadband Technology CO., LTD. Nantong, China

Email address:

358912358@QQ.com (Pengfei Jiang), 123098836@qq.com (Yuanyuan Wu), tangjy@chinaztt.com (Junyong Tang)

^{*}Corresponding author

To cite this article:

Pengfei Jiang, Yuanyuan Wu, Junyong Tang. Research on Processing Technology of Laser Punching and Positioning on Stainless Steel Plate. *Science Discovery*. Vol. 10, No. 2, 2022, pp. 72-75. doi: 10.11648/j.sd.20221002.19

Received: March 25, 2022; **Accepted:** April 19, 2022; **Published:** April 26, 2022

Abstract: The process of sample punching on the stainless steel plate can calibrate the position and effectively improve the development of accurate positioning in the subsequent process. The processing technology of laser punching not only satisfies the efficient work of laser equipment, but also realizes the function of sample punching positioning, which is of great help to sheet metal processing. The laser punching process is affected by many process parameters which will result in slag inclusions in the punching socket after laser punching, in turn preventing the normal development of the subsequent process. In order to solve this problem, this paper sets out to study the influence of different process parameter combinations on the laser punching alignment quality by the orthogonal test method to formulate a scientific test plan for the process parameters involved, and the machining test of the punching alignment on the stainless steel plate with laser. The results show that the laser punching quality is affected by the marking time, laser power, auxiliary gas and air pressure under the condition that the distance from the nozzle remains unchanged, and the marking time has the greatest impact. In the meantime, this paper proposes the optimized combination of process parameters. The above results have instructive significance to the laser punching alignment process.

Keywords: Punching, Sample Punching, Laser, Processing Technology

激光在不锈钢板材上进行冲窝定准的加工工艺研究

蒋鹏飞^{*}, 吴媛媛, 汤俊勇

中天通信技术有限公司, 南通, 中国

邮箱

358912358@QQ.com (蒋鹏飞), 123098836@qq.com (吴媛媛), tangjy@chinaztt.com (汤俊勇)

摘要: 在不锈钢板上进行样冲的工艺可以标定位置, 有效提高后道工序精准定位的开展, 而激光冲窝的加工工艺既满足激光设备高效的工作, 又能实现样冲定位的功能, 对于钣金加工有极大的帮助。而激光冲窝加工受到诸多工艺参数的影响, 不良的工艺参数组合会导致激光冲窝后冲窝眼内夹渣堵塞, 阻止后道工序的正常开展。本文针对该问题, 采用正交试验法对涉及的工艺参数制定科学的试验方案, 利用激光在不锈钢板材上进行冲窝定准的加工试验, 研究不同的工艺参数组合对激光冲窝定准加工质量的影响。结果显示, 在射口距离条件不变的情况下, 激光冲窝加工质量受打标时间、激光功率、辅助气体和气压影响, 其中打标时间的影响最大, 同时, 本文针对性的提出了优化后的工艺参数组合, 以上这些结果对激光冲窝定准的加工工艺具有一定的指导意义。

关键词: 冲窝, 样冲, 激光, 加工工艺

1. 引言

激光加工是通过高功率激光束对待加工零件进行激光切割、激光焊接、激光打孔、激光冲窝等操作[1]。激光加工相对于传统的加工方式,具有高质量、高效率、高精度的优点,能弥补传统加工技术的不足[2]。激光冲窝时利用激光的热效应烧蚀并去除板材表面材料,从而留下不可撤销的标记,与传统的冲窝方法(如机械加工、电化学等)相比,具有高效率、高质量、高灵活、高精度、不触碰工件等特点,在许多领域(如国防、科研、工业等)均有广泛应用。目前,激光冲窝定准已经取代传统的加工方式,在许多领域成为常规加工方式[3]。激光冲窝加工相较于传统加工方式相比,加工过程非常复杂,影响因素较多,因此,加工工艺参数的选择尤为重要,其冲窝的效果受到很大影响。激光冲窝的质量直接影响后道的加工工序,如种钉、焊接等,这些质量影响因子的产生取决于激光冲窝加工中去除材料的两种基本形态,即气化形态和熔化形态[4]。因为激光束的功率高,工作时,使零件材料发生了气化和熔化,所以零件对激光束的吸收率增加,从而作用于零件上的能量也越高,零件上的熔化深度增加[5],产生的熔化产物越多[1]。气化的材料被直接吹走,熔化的材料形成熔融层残留在材料表面[6]。残留的熔融层冷却后,在冲窝眼内形成夹渣。提高气熔比,即气化质量与熔化质量之比,残留的熔融层就会变薄,减少[7]。

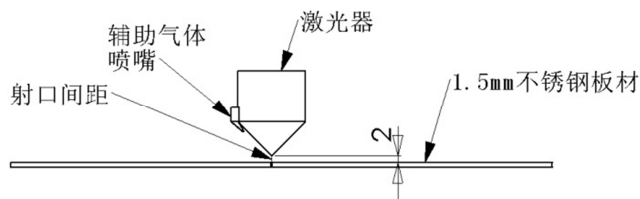


图1 激光冲窝定准工作示意图。

2. 工作原理

激光冲窝是激光照射到材料产生相互作用的特殊效果,在材料表面加工出所需的标记。激光对不同材料和不同工艺参数的影响也不大相同。一般来说,激光对材料的标记过程有以下影响[8]。

2.1. 蒸发效应

当激光束照射到板材表面时,除了部分被反射的光外,绝大部分的光束被材料吸收并迅速转化为热能,导致板材表面的温度急剧上升。当达到材料的蒸发温度时,由于材料的瞬时蒸发,材料表面会出现标记印迹,标记过程中会出现明显的蒸发产物。

2.2. 熔化效应

当激光束照射到板材表层时,大部分光能被材料吸收并将其传导到材料内部。激光在材料表面的热传导使其产生热熔效应。例如,在标记透明玻璃和有机玻璃等脆性材料时,熔化效果非常明显,没有明显的蒸发产物。

2.3. 光化学效应

对某些有机化合物材料而言,一旦吸收了激光的能量,材料的化学性质会随之发生变化。当激光照射到着色的聚氯乙烯(PVC)表面时,由于消聚合化学效应的缘故,其颜色会减弱,并与未受激光照射的部分形成色差,从而获得标记效果。

3. 主要工艺参数

基于激光冲窝工作原理,分析了影响气熔比的因素有射口距离、标记时间、激光功率、辅助气体气压等,下面将对上述影响因素进行分析。

射口距离是指激光发射器的喷嘴到板材的距离,间接地反映出激光焦点与板材上表面的关系,当焦点位于板材上方时正离焦,焦点位于板材下方时负离焦。熔深最大的焦点位置是位于板材表面下方,即负离焦,激光束的能量更加容易深入[9],此时效果最好[10]。离焦量的大小与板厚负相关,板厚增加时,离焦量减少,离焦量与板材的关系大致如下: $\Delta \sim -T+1$, 式中: Δ —离焦量, T —板厚[11]。

标记时间是指从激光发射器开始到工作结束的时间。当标记时间逐渐减少时,由于激光束与板材之间的相互作用时间减少,材料的气化量也随之减少,导致标记的宽度和深度也变浅,对比度降低,标记逐渐模糊。当标记时间很短时,待标记表面没有时间充分吸收激光能量,因此标记深度的变化不明显[8]。

随着激光功率的增加,标记的宽度减小,标记的深度增加。标记的对比度增加,标记变得更加明显。这条规则是显而易见的。随着激光功率的增加,激光与材料之间的热相互作用加剧,导致材料熔化甚至气化,因此标记痕迹越加明显[8]。

辅助气体用于吹走熔融材料,保护聚焦透镜,甚至提供部分能量。辅助气体压力是影响冲窝质量的重要因素。如果压力过低,则无法吹走冲窝处的熔融材料。如果压力过高,在板材表面容易形成涡流扰动,削弱气流强度,从而降低了气流在去除熔融材料中的作用[11]。因此,辅助气体压力有一个最佳值。辅助气体压力随板厚的增加而增加,与板厚的关系大致如下所示: $p \approx 2T+4$, 式中 p —气体压力/kg; T —板厚[12]。

4. 试验与分析

射口距离、打标时间、激光功率、辅助气体气压这些参数对于激光冲窝的影响并不孤立,他们之间有着紧密联系。如激光功率和打标时间共同影响对加工材料的能量输入;射口距离与焦距相关,还影响激光束在加工材料上的光斑大小;因此本次试验中,选取射口距离、打标时间、激光功率、辅助气体气压这四项作为试验分析的主要参数。

激光冲窝时工艺参数的选择与射口距离、打标时间、激光功率及辅助气体压力有着密不可分的联系。过去一般不怎么关注这方面指标,或按照以往经验进行设定,由于经验主义的主观性,其非定量性和随机性的缺点显著。

正交试验法是一种科学的试验设计方法，可以大大减少试验的次数，同时，不会降低试验的可行性。当在试验中考虑更多参数时，测试所需进行的数量将显著增加，从而增加测试数据量和后期数据处理的工作量。正交试验法是一个现成的试验方案。它根据正交性从完全测试中选取一些具有代表性的点，并使用合理的水平相互匹配进行测试。该方案的总测试次数远远少于每种情况下都考虑所需的测试次数。这些代表点具有分散均匀、整齐可比的特点，以确保试验的准确性[13]。冯巧波等人已经利用正交试验的方法研究激光束切割的工艺参数组合对切割零件的外观、切缝质量以及粗糙度的影响，同时对工艺参数组合进

行优化[14]。余世航等人也采用正交试验的方法对不锈钢板的焊接工艺参数进行优化，分析了不同工艺参数焊接后对焊头硬度、金相组织的影响[15]。

本实验使用 Trulaser1030 激光切割机，激光器为 TruCoax 2500，最大输出功率为2500w，波长10.6μm，光束模式TEM₀₀，激光辅助气体是预混气体，设备的最大定位速度为85m/min，切割最大不锈钢板厚为8mm。试验所用不锈钢板材为304，板厚1.5mm。根据分析情况，选取射口距离为2mm，即离焦量为 - 0.5mm；打标时间设定为 0.1s、0.2s、0.3s；激光功率设定为200w、250w、300w；辅助气体气压设定为2.50bar、3.00bar、3.50bar。

表1 L₉ (3⁴) 正交试验因素水平表。

因素	A打标时间 (s)	B激光功率 (w)	C辅助气体气压 (bar)
水平			
1	0.1	200	2.50
2	0.2	250	3.00
3	0.3	300	3.50

表2 L₉ (3⁴) 正交试验。

因素	A打标时间 (s)	B激光功率 (w)	C辅助气体气压 (bar)	冲窝深度 (mm)
试验号				
1	0.1	200	2.50	0
2	0.1	250	3.00	0.1
3	0.1	300	3.50	0.2
4	0.2	200	3.50	0.4
5	0.2	250	2.5	0.5
6	0.2	300	3	1.2
7	0.3	200	2.5	1.5
8	0.3	250	3.5	1.5
9	0.3	300	3.00	1.5
K1	0.3	1.9	2.0	
K2	2.1	2.1	2.8	
K3	4.5	2.9	2.1	
K ₁ =K1/3	0.1	0.6	0.7	
K ₂ =K2/3	0.7	0.7	0.9	
K ₃ =K3/3	1.5	1.0	0.7	
R=max{K _i }-min{K _i }	1.4	0.4	0.2	

试验结果显示，试验7、8、9均已打穿板材。通过试验结果的K直观分析：因子A取3水平最佳，因子B取3水平最佳，因子C取2水平最佳，结合冲窝的实际需求，是不打穿板材并留有标记，故指标最佳的条件是：A2B3C3，考虑到实际生产过程，冲窝的目的只是留有标记，方便后道工序，如种钉，种钉的窝深需求为大于0.5mm，故选择A2B2C1为实际生产中最佳参数，即打标时间为0.2s，激光功率为250w，辅助气体气压为2.50bar。

2) 在考虑实际生产所需条件的前提下，结合生产成本，本文提出较为满意的冲窝加工工艺参数组合：射口距离=2mm，打标时间=0.2s，激光功率=250w，辅助气体气压=2.50bar。该工艺参数组合实施激光冲窝定准加工，能够获得比较满意的冲窝质量。

3) 本文是针对激光加工中比较特殊的冲窝加工工艺进行研究，对于涉及激光加工的其他工艺均具有一定参考和指导意义。

5. 结论

本文采用正交试验法对激光冲窝定准加工所涉及的工艺参数制定科学的试验方案，通过激光在不锈钢板材上进行冲窝定准的加工试验验证，得到以下结论：

1) 在射口距离条件不变的情况下，激光在不锈钢板材上进行冲窝定准过程中，打标时间、激光功率、辅助气体气压对于冲窝的质量均有影响，其中打标时间的影响最大，随着打标时间的推移，冲窝深度提高明显。

参考文献

[1] 尹桂敏,李占国,史尧臣.YAG激光切割不锈钢薄板的工艺参数研究[J].机床与液压, 2013, 41 (23): 53-56.

[2] 吴问才,邓帆等.提高三维激光切割平顺性的切割头空间位姿优化方法[J].中国激光, 2013, 40 (1): 0103005.

[3] 田新国,王斌修.激光打标机的使用及常见问题的解决方案[J].电加工与模具, 2011, 18 (3): 57-60.

- [4] SCHUOECKER D. Dynamic phenomena in laser cutting and cut quality [J]. Applied physics B, Photophysics and Laser Chemistry, 1986, 40 (1): 9-14.
- [5] 张维哲.304不锈钢薄板激光焊接技术研究[D].大连:大连理工大学, 2009: 13-14。
- [6] POPRAWA R, KONIG W. Modeling, monitoring and control in high quality laser cutting [C] // 51st CIRP Annals-Manufacturing Technology, France, Nancy. 2001; 137-140.
- [7] 孟庆轩,王旭跃.薄板激光切割气熔比数学建模及试验验证[J].机械工程学报, 2011, 47 (17): 172-178。
- [8] 伍珊红,齐军.Nd: YAG激光打标工艺试验研究[J].激光与红外, 1999, 29 (2): 92-95。
- [9] 张明军.万瓦级光纤激光深熔焊接厚板金属蒸汽行为与缺陷控制[D].长沙:湖南大学,2013:53-54。
- [10] 李建强.304不锈钢激光焊接的建模与仿真[D].天津:天津大学, 2004: 9-10。
- [11] 鄢铨,李力钧.激光切割板材表面质量研究综述[J].激光技术, 2005, 29 (3): 270-274。
- [12] 冯文杰,秦丰栋.激光切割不锈钢板工艺参数研究[J].机械设计与制造, 2011, 49 (11): 191-192。
- [13] 杨虎,刘琼荪.数理统计[M].北京:高等教育出版社, 2004: 168-169。
- [14] 冯巧波,赵旺初,等.工艺参数对不锈钢薄板激光切割质量的影响[J].机械设计与研究, 2017, 33 (6): 118-121。
- [15] 余世航,陈岱民.YAG激光焊接不锈钢薄板焊接工艺参数优化[J].长春大学学报, 2013, 23 (2): 134-137。