

审稿意见回复书

文章题目: Laser-assisted Water Jet Machining of High Quality Micro-trap Structures on Stainless Steel Surfaces

稿号: CO-EN-2024-0004

作者: 刘莉, 姚鹏*, 褚东凯*, 徐相悦, 屈硕硕, 黄传真

尊敬的编辑和评审专家:

我们十分感谢期刊编辑和评审专家给文章《Laser-assisted Water Jet Machining of High Quality Micro-trap Structures on Stainless Steel Surfaces》(稿号: CO-EN-2024-0004) 提出的意见和建议。谢谢你们给我们这次修改文章的机会。您们提出的意见都很有价值, 对修改和提高我们的论文很有帮助。我们根据您们的审稿意见对文章中的相关部分进行了修改, 文章中的所有修改部分用下划线进行标记, 以便于审查; 我们也重新检查并修改了整篇文章的格式和排版错误。下面, 我们将逐条回复每一条审稿意见。

in press

评审专家:

1、本文章的研究背景是金属表面二次电子（SEE）的抑制，在 introduction 部分提到别人的研究说不锈钢表面微凹槽可以减少 SEE，但别人的研究有氧化的问题，无法制备高深宽比的凹槽的问题等不完善之处，针对于此需求进行了相关研究，但研究只停留在加工出一个比较好的微陷阱结构，没有进一步的关于减少 SEE 的测试，建议补充相关测试。

答复:

非常感谢您的意见,我们已根据您的意见补充了相关加工和测试试验。我们采用加工中最优参数加工了面积为 3 mm×3 mm 的“井”字结构(如图 11)。根据降低二次电子发射的有效途径是通过材料表面处理降低材料的二次电子发射系数,我们补充了检测 316L 不锈钢在加工前后的二次电子发射系数试验(如图 12)。由试验得到,316L 不锈钢在加工“井”字结构前后,二次电子发射系数在不同能量的电子束照射下均出现不同程度的降低,即有效抑制了二次电子发射。加工后的“井”字结构形貌图和发射系数对比图如下所示,并在原文各部分补充相关试验内容。

Baced on the above optimization results, the 3 mm×3 mm "well" structure was processed by using the 315 KHz parameter with the highest aspect ratio and the best morphology, as shown in Figure 11. The secondary electron emission coefficient of 316L stainless steel before and after processing was tested. Under the same energy, the secondary electron emission coefficient of the "well" structure is higher than that of the unprocessed surface. During the process of increasing energy from 50eV to 2keV, the secondary electron emission coefficient before and after processing showed the same trend of first increasing and then decreasing, and the increase rate was greater than the decrease rate, as shown in Figure 12. Within the range of 50-500 eV and 1700-2000eV, there is a significant difference in the secondary electron emission coefficient before and after processing. When the energy is 250 eV, the secondary electron emission coefficient after processing decreases from 2.20 to 1.81. The secondary electron emission is suppressed to the great extent.

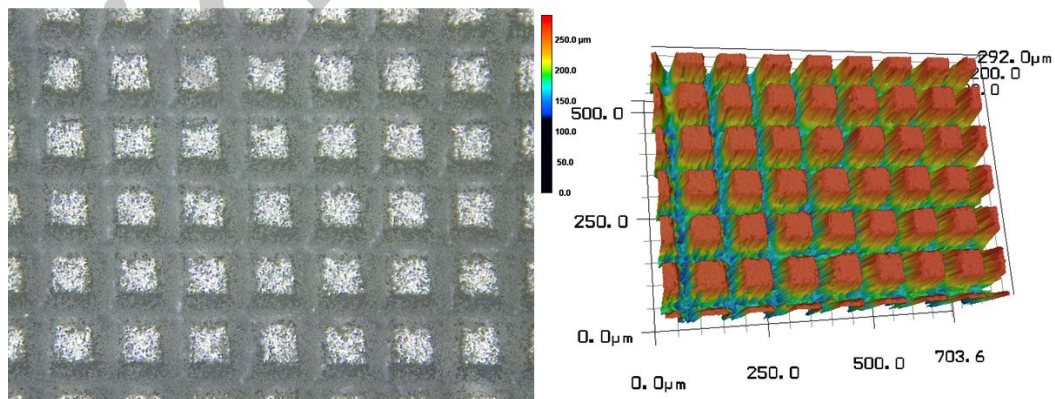


Fig. 11 the surface morphology of large-area “well” shaped structures.

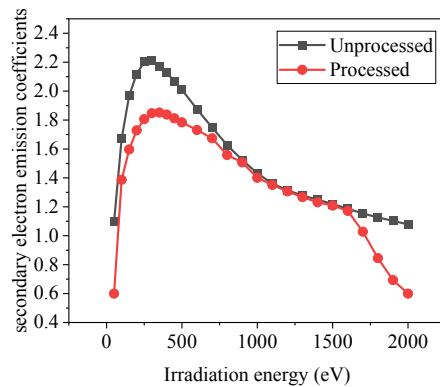


Fig. 12 Comparison of secondary electron emission coefficients of 316 stainless steel before and after processing.

评审专家:

2、图 2 改变重复频率和脉冲宽度研究凹槽深度和宽度，选取的 490KHz 和 315KHz 有什么特殊之处吗？为什么不是 500 或 400,300KHz。图 2 给出了 490KHz20ns 和 315KHz30ns 的凹槽深度和宽度的变化情况，不符合控制变量法的需求，比如 490KHz20ns 和 490KHz30ns（仅改变脉冲宽度），或者 490KHz20ns 和 315KHz20ns（仅改变重复频率）。

答复:

非常感谢您的意见。本研究主要目的是在合适参数下加工出目标尺寸和形貌的沟槽并进行二次电子发射系数检测。我们使用的激光器是武汉锐科光纤激光技术股份有限公司的 RFL-P100M 脉冲光纤激光器。本设备所提供的重复频率有 1000 KHz、490 KHz、315 KHz、189 KHz、144 KHz 和 100 KHz 六种。经过试验测得，在 490 KHz（20 ns）、315 KHz（30 ns）和 100 KHz（200 ns）三种重复频率下可以满足以上要求。在 490 KHz 和 315 KHz 下，只有当功率为 40W 时能够得到沟槽结构，而在 100 KHz 时有多种加工情况，因此将 490 KHz 和 315 KHz 的结果进行统计分析，将 100KHz 的多种研究结果进行分类分析。即采用该激光器加工 316L 不锈钢材料得到目标沟槽所采用的激光重复频率分别为 490KHz（20 ns）、315KHz（30 ns）和 100KHz（200 ns），所以我们主要应用这三种激光参数进行实验。

在对重复频率与脉宽的组合选择中，我们按照该激光器可以稳定出光的给定重复频率和脉宽组合进行实验，即脉冲宽度与重复频率两者属于固定组合，本研究的变量参数主要为激光功率、扫描速度、射流压力和重复次数。为避免对研究者造成困惑，将全文中脉冲宽度予以删除，并在原文材料和方法部分第二段添加激光器设备型号和重复频率依据预实验结果进行选择的依据说明。以下为武汉锐科光纤激光技术股份有限公司的 RFL-P100M 脉冲光纤激光器说明书中不同脉宽下的频率功率参数表。

表 3 不同脉宽下的频率功率参数

脉宽 波形 /ns	当前波形最小频率对应 功率/W	当前波形 最小频率 /kHz	基频对应 功率/W	基频 /kHz	当前波形最大 频率对应功率 /W	当前波形最 大频率/kHz
10	100-104W	1000	100-104W	1000	100-104W	1000
20	18-20W	100	100-104W	490	100-104W	1000
30	28-30W	100	100-104W	315	100-104W	1000
60	40-44	100	100-104W	189	100-104W	1000
100	75-85W	100	100-104W	144	100-104W	400
200	17-21W	20	100-104W	100	100-104W	400
250	60-65W	70	100-104W	100	100-104W	400
350	65-75W	70	100-104W	100	100-104W	400

评审专家:

3、图 3 随功率变化，图 4 随重复次数变化。图 3 的喷射压力是 4, 6,8,10,12,14MPa，间隔 2MPa，很有规律，但到了图 4，就变成了 4,6,10,11,12,MPa，间隔有大有小，建议相互统一。

答复:

非常感谢您的意见，我们对图 4 随重复次数的变化进行了补充试验，调整了喷射压力，分别为 4 MPa、6 MPa、8 MPa、10 MPa、12 MPa 和 14 MPa，与其他试验相对应，修改如下，并在原文中进行相应修改。

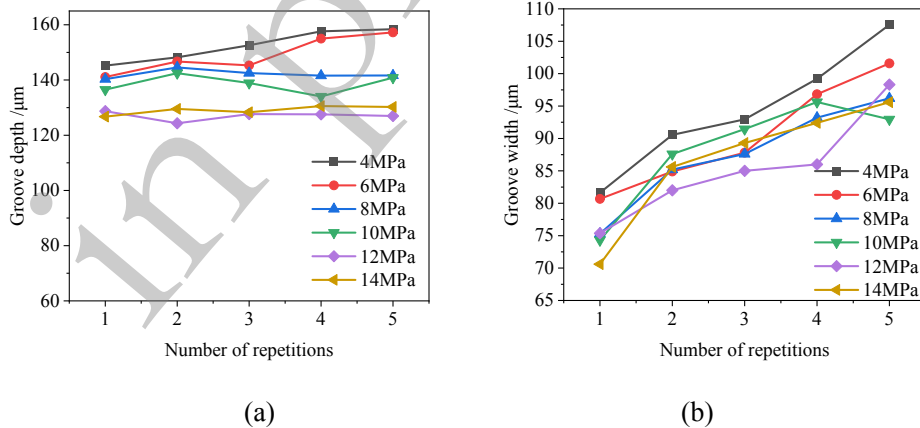


Fig. 4 Trend of groove depth and groove width with number of repetitions at different jet pressures. (a) The changing trend of groove depth. (b) The changing trend of groove width.

评审专家:

4、注意细节。例如图 7，图 10 中，三维图和截面图字号不统一，截面图字体模糊。图 9d

的图注 Jet pressure□ MPa，有错误。

答复：

非常感谢您的意见，我们已将图 7 和图 10 中的字号及图片质量进行了修改，并将图 9d 中图注与其他图注进行了统一，并对文中相关细节进行统一检查和修改。所修改内容如下。

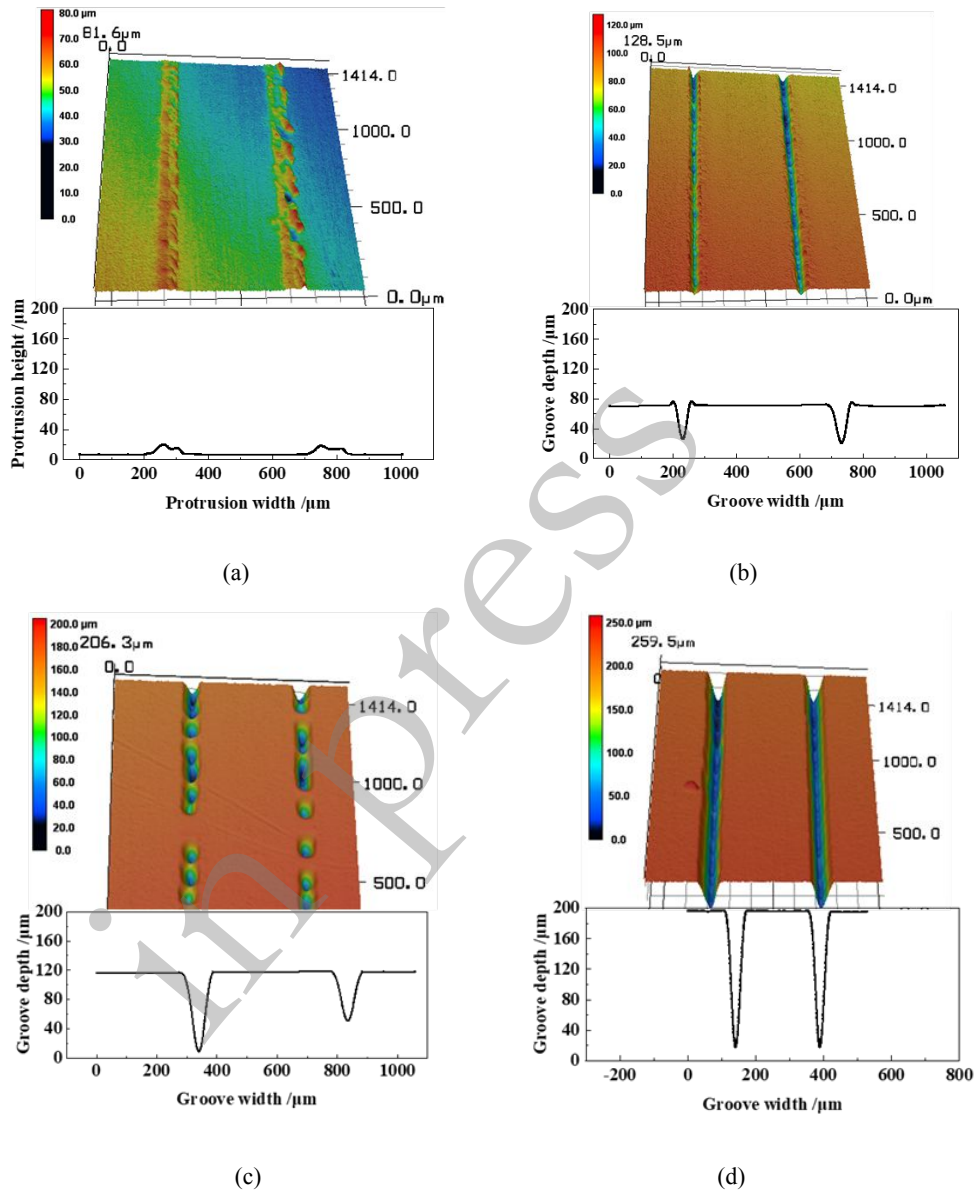


Fig. 7 Surface morphology of micro-grooves with different parameters at nozzle offset distance, repetition frequency, pulse width is 0, 100 kHz, 200 ns, respectively. (a) Surface morphology of micro-grooves at scanning speed, waterjet pressure, laser power is 1 mm/s, 4 M, 30~40 W, respectively. (b) Surface morphology of micro-grooves at scanning speed, waterjet pressure, laser power is 2 mm/s, 16 M, 50~60 W, respectively. (c) Surface morphology of micro-grooves at scanning speed, waterjet pressure, laser power is 2 mm/s, 6~8 M, 70 W, respectively. (d) Surface morphology of micro-grooves at scanning speed, waterjet pressure, laser power is 1 mm/s, 8~9 M, 90 W, respectively.

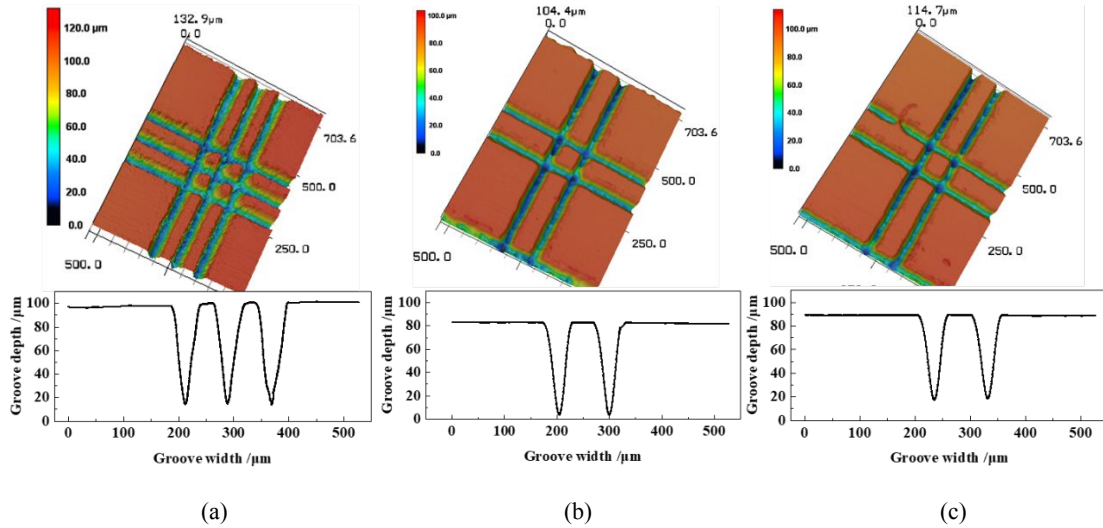


Fig. 10 the surface morphology of the “well”. (a) Surface morphology of the “well” at repetition frequency, pulse width, scanning speed, waterjet pressure, laser power is 100 kHz, 200 ns, 1 mm/s, 4 MPa, 70 W, respectively. (b) Surface morphology of the “well” at repetition frequency, pulse width, scanning speed, waterjet pressure, laser power is 490 kHz, 20ns, 1 mm/s, 10 MPa, 40 W, respectively. (c) Surface morphology of the “well” at repetition frequency, pulse width, scanning speed, waterjet pressure, laser power is 315 kHz, 30 ns, 1 mm/s, 12 MPa, 40 W, respectively.

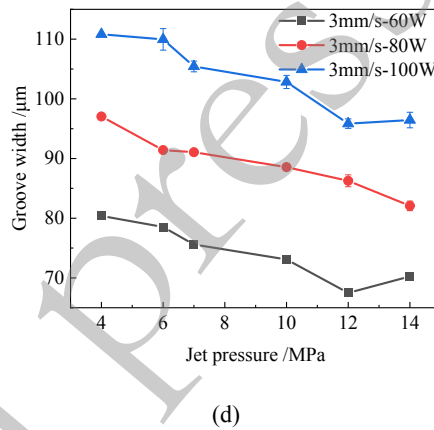


Fig. 9 Trend of groove width with jet pressure at different scanning speed and power. (d) The changing trend of groove width at 3 mm/s.

编辑:

请补充作者的英文简介。

答复:

非常感谢您的意见，我们已补充本文作者和两位通讯作者英文简介。

Liu Li (1988—), female, Rizhao, Shandong, doctoral student, Obtained a master's degree from Shandong Agricultural University in 2013, mainly engaged in the research of ultra fast laser micro nano processing, stainless steel surface micro groove processing, and ultra fast laser ablation of atherosclerotic plaque technology.

E-mail: liuli0685@163.com

Yao Peng* (1979—), male, Dalian, Liaoning, PhD, Professor, Doctoral Supervisor, Obtained a doctoral degree from Northeastern University (Japan) in 2011, Mainly engaged in research on grinding and ultra precision machining technology, multi energy field composite precision machining technology, and laser micro/nano machining technology.

E-mail: yaopeng@sdu.edu.cn

Chu Dongkai* (1991—), male, Lvliang, Shanxi, PhD, Assistant researcher, master's supervisor, Obtained a doctoral degree from Central South University in 2020, Mainly engaged in research on ultrafast laser micro nano manufacturing, functional surface preparation for release wave-absorbing, and ultra precision machining technology.

E-mail: chudongkai@sdu.edu.cn

结合各位编辑与评审专家给出的宝贵意见，我们对文章进行了修改。我们十分感谢编辑和评审专家的辛苦工作，并希望修改能得到批准。再一次感谢你们的意见和建议！

in press