

サブナノ秒レーザーピーンフォーミングにおける走査方法の影響

光科 鷺坂芳弘

Influence of scanning strategy on sub-nanosecond laser peen forming

SAGISAKA Yoshihiro

Keywords : bending, microchip laser, laser peen forming, laser induced shock wave

ImPACTプログラムにてサブナノ秒マイクロチップレーザーが開発され、その用途としてレーザーピーンフォーミングによる板曲げ加工を提案して、その変形特性を調査してきた。過去の研究から、本法では照射条件に加えてレーザーの走査方法も変形量に影響することが判明している。そこでパルスの照射密度は一定としつつ、走査方法を変えて板曲げ加工を行い、照射痕の配置のさせ方が曲げ変形量に与える影響を調査した。低速走査で走査方向への照射痕のオーバーラップが増えると曲げ効率が低下するため、高速走査が望ましいことが判明した。この挙動は他のレーザーでの板曲げのそれと共通していた。

キーワード：板曲げ、マイクロチップレーザー、レーザーピーンフォーミング、レーザー誘起衝撃波

1 はじめに

内閣府のImPACTプログラムにて、超小型のサブナノ秒マイクロチップレーザーが開発された¹⁾。当センターではその試用プラットフォームを開発し、一般に開放している。一方で、本レーザーの用途としてレーザー誘起衝撃波を利用したレーザーピーンフォーミング(以下LPF)による板曲げ加工を提案した²⁾。フェムト秒レーザーによるLPFではレーザーの走査方法が成形効率に影響することが示されている³⁾。サブナノ秒レーザーについても類似の傾向があると推測された。そこで、パルスの照射密度一定の条件下で走査速度と走査ピッチを変化させて板曲げを行い、走査方法が変形効率に与える影響を調査した。

にある水面を通して板に照射した。成形効率の高い条件であることから²⁾、板は集光点から6mm光源側にずらして設置した。照射痕直径 d は $\phi 0.4\text{mm}$ となる。

レーザーは試験片中央の長さ4mmの範囲に走査した。走査領域の概略を図2に示す。走査は試験片を

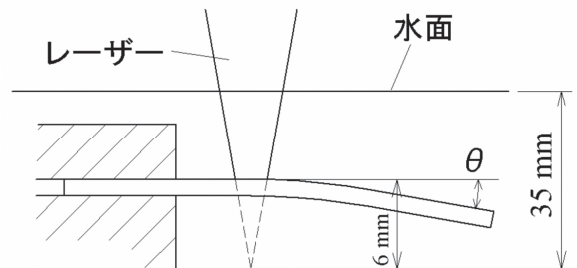


図1 実験方法概略

2 方法

用いたレーザーの仕様を表1に示す²⁾。試験片には、板厚 $t=0.8\text{mm}$ の純アルミニウム板 (A1100)、および $t=0.15\text{mm}$ 、 0.2mm の純チタン板 (Ti) を $10\text{mm} \times 50\text{mm}$ にせん断したものを用いた。図1のように試験片を片持ち固定して水槽中に設置し、焦点距離100 mmのレンズで集光した光を、集光点から35mm上方

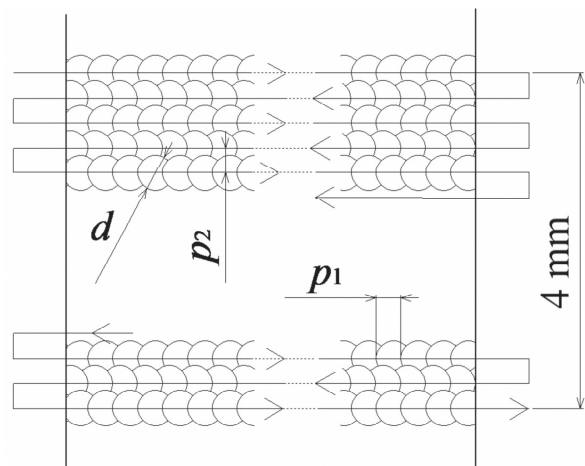


図2 走査領域の概略

表1 マイクロチップレーザーの仕様

波長	パルス幅	繰返し発振周波数	パルスエネルギー
1064 nm	700 ps	10 Hz	<100 mJ

表2 レーザーの走査条件

v (mm/s)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	n
0.25	0.025	0.4	11
0.5	0.05	0.2	21
1	0.1	0.1	41
2	0.2	0.05	81
4	0.4	0.025	161
8	0.8	0.0125	321
16	1.6	0.0063	641

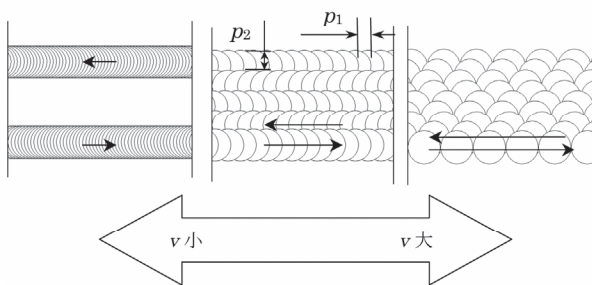


図3 走査速度による照射痕分布の変化のイメージ

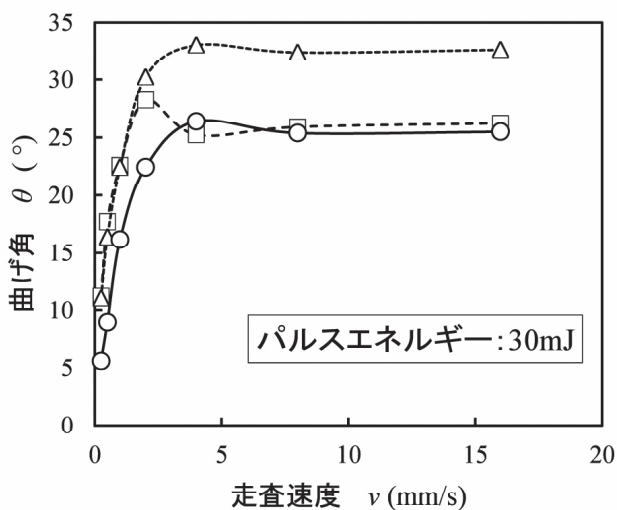


図4 走査条件による曲げ角の変化

□:Ti($t=0.15$ mm) △:Ti($t=0.2$ mm) ○:A1100($t=0.8$ mm)

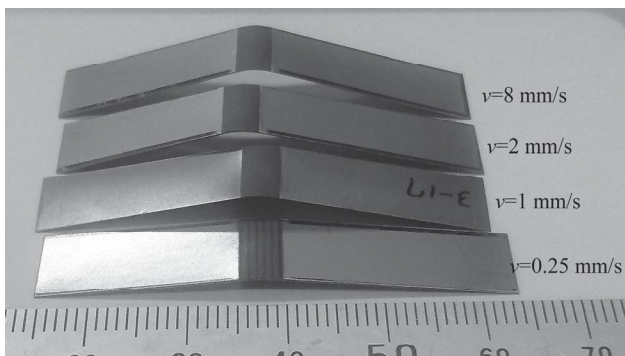


写真1 走査条件による試験片外観の変化 (Ti 板厚0.2mmの場合)

固定したステージを走査速度 v で動かすことで行った。走査方向のピッチ p_1 は v に比例する。自由端側からピッチ p_2 ずつずらしながら試験片幅方向への線走査を n 回行った。パルスの照射密度が一定となる条件として、表2に示す組合せを用いた。照射痕の分布は v に対して図3のイメージで変化する。走査後に曲げ角 θ を測定した。

3 結果および考察

v に対する θ の変化を図4、試験片の比較を写真1に示す。いずれの材料でも θ は v が4mm/s以上ではほぼ一定となるのに対し、2mm/s以下では急激に低下した。低速で走査方向への照射痕のオーバーラップが過大(図3左図)になると成形効率が低下すると考えられる。成形効率を上げるには、 p_1 が照射痕の半分よりも大きくなる高速走査が望ましいといえる。なお、この結果はフェムト秒レーザーによるLPF³⁾の結果とも類似しており、複数のレーザーで共通する現象と考えられる。

4 まとめ

サブナノ秒レーザーでのLPFにて走査方法の影響を調査し、成形効率を向上するには高速での走査が望ましいことが判明した。

謝辞

本研究は総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)の一環として実施したものです。

参考文献

- 1) 平等拓範：100MWに迫る手のひらサイズのマイクロチップレーザーの開発. OPTRONICS, 436, 156-161 (2018).
- 2) 鷺坂芳弘 他：サブナノ秒マイクロチップレーザーによるレーザーピーンフォーミングの変形特性. 塑性と加工, 62(720), 8-13(2021).
- 3) Sagisaka Y. et al.: Efficiency improvement of thin-sheet-metal bending by femtosecond laser peen forming. Procedia Manufacturing, 15, 1314-1321 (2018).