

## レーザーピーニングの簡易評価法の検討

### — 水噴射方法の評価 —

光科 鶩坂芳弘\* 山下清光\*\*

### Study of simple evaluation method for laser peening

#### - Evaluation of water injection systems -

SAGISAKA Yoshihiro and YAMASHITA Kiyomitsu

keywords : laser peening, laser peen forming, nanosecond green laser, bending, laser induced shock wave

レーザーピーニングは部品表面に圧縮残留応力を付与して疲労寿命を向上させる表面処理である。施工品質の評価は残留応力分布測定で行なわれるが、測定工数が大きい上に加工パラメータが多いため、加工条件の最適化に難があった。そこで同じ加工原理に基づくレーザーピーンフォーミングによる板曲げを簡易評価法とすることを提案し、その可能性を検証した。グリーンナノ秒レーザーでは封じ込め層として用いる水がデブリで汚れると曲げ角が顕著に低下することが判明した。そこで、水のろ過供給装置を追加し、照射面への水の供給方法による本法の再現性を調査した。レーザーと同軸に供給するのが有効だが、流速に上限があることが判明した。

キーワード：レーザーピーニング、レーザーピーンフォーミング、ナノ秒グリーンレーザー、板曲げ、レーザー誘起衝撃波

### 1 はじめに

レーザーピーニング（以下LP）はレーザー誘起衝撃波で表面に圧縮残留応力を付与して部品の疲労寿命を向上させる表面処理である<sup>1)</sup>。施工品質は残留応力分布で評価されるが、その測定工数と加工パラメータの多さ故に条件の最適化が難しく、簡便な評価法が望まれていた。LPと同じ原理を利用した成形法にレーザーピーンフォーミング<sup>1)</sup>（以下LPF）がある。LPFでの板曲げは、単純にはLPでの施工品質が良いほど曲げ角が大きくなり、視覚的に条件の良否を判断できる。そこでLPFをLPの簡易評価に用いることを提案した。本報では本評価法で照射面への複数の水供給方法について再現性を評価し、より有効なLP処理装置を検討した。

### 2 方法

実験には表1に示す仕様のナノ秒グリーンレー

ザーを用いた。板厚1mmの純チタン板(Ti)を10mm×50mmにせん断して試験片とした。ナノ秒レーザーで衝撃波を得るには水中での照射が有効である<sup>1)</sup>。そこで試験片を片持ち固定して水中に設置し、水槽側面に固定した焦点距離50mmのレンズでレーザー光を集光照射した（図1）。デフォーカス量 $z$ は4mmとし、スポット径 $d$ は約1mmである。照射面の概略を図2に示す。レーザーは試験片中央の長さ4mmの範囲に速度8m/sで幅方向に線走査した。照射痕のピッチ $p_1$ は0.8mmとなる。下方の自由端側からピッチ $p_2=0.1mm$ ずつずらしながら線走査を41回繰返した。加工後の試験片を写真1に示す。この曲げ角 $\theta$ を測定した。

\* 現 工業技術研究所 化学材料科    \*\* 現 工業技術研究所 機械電子科

表1 ナノ秒グリーンレーザーの仕様

波長	パルス幅	繰返し発振周波数	パルスエネルギー
532 nm	8 ns	10 Hz	<500 mJ

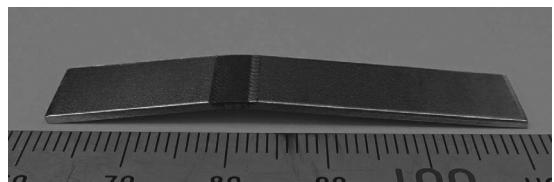


写真1 曲げ試験片の例

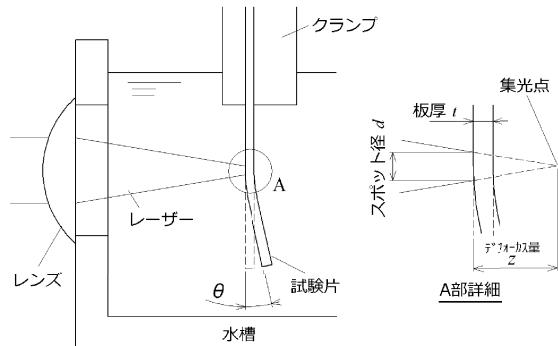


図1 実験方法概略

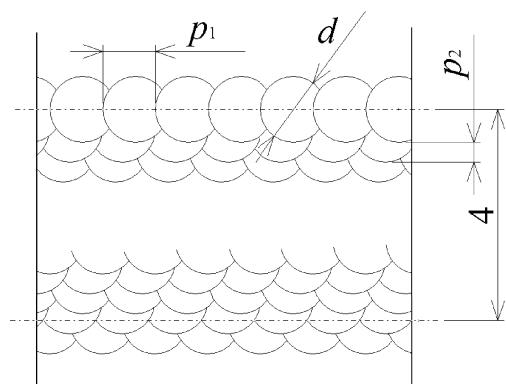


図2 照射面の概略

実験を複数回行うと、レーザー照射で生じたデブリ（削りカス）が増えて水中でレーザー光を遮り、成形性が悪化した。ナノ秒グリーンレーザーは他のレーザーに比べても特にデブリに敏感であった。そこで照射部にろ過した水を噴射させるよう図3の3種類の装置を追加してθの再現性を比較した。各装置での噴射口での流速と吐出量を表2に示す。側方噴射（図3(a)）は光路上にデブリが入り込む恐れがあるが、ノズル径の異なる2つの同軸噴射（図3(b),(c)）はその恐れがない点で有利である。

表2 ろ過水供給装置の流速と吐出量

供給装置	側方噴射	同軸噴射(Φ12)	同軸噴射(Φ8.5)
流速(m/s)	0.56	0.50	0.97
吐出量(L/min)	3.8	3.4	3.3

### 3 結果および考察

各装置で同一条件にて繰返し実験を行った際のθの変化を図4に示す。ろ過循環なしでのθは小さく、実験回数と共に急速に低下した。側方噴射ではθが大きくなつたが、まだ明確に低下していく。これらの方針では大面積をLPした際、導入さ

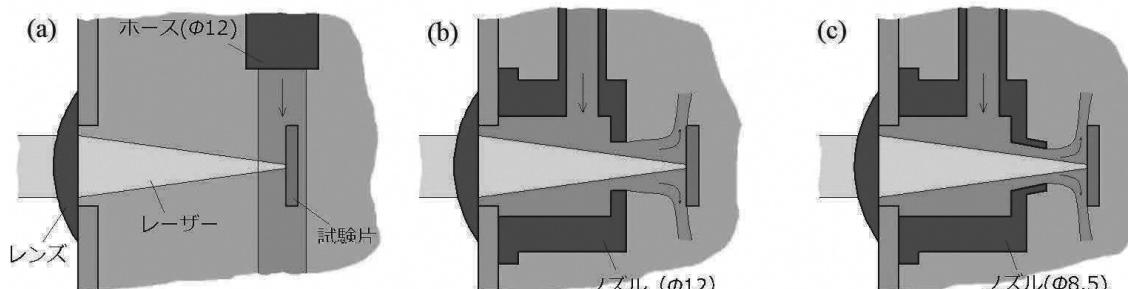


図3 ろ過水の供給方法

(a) 側方噴射 (b) 同軸噴射（ノズル径Φ12） (c) 同軸噴射（ノズル径Φ8.5）

れる残留応力が施工中に劣化してしまい品質を維持できない。一方、同軸噴射では  $\theta$  の変化が小さく、再現性が向上した。高流速はデブリの排除に有利なはずたが、低速な  $\phi 12$  のノズルの方が  $\phi 8.5$  より  $\theta$  が大きく、ばらつきも小さい。 $\phi 8.5$  では水流の乱れによるレーザー光の屈折、散乱が悪影響したと推定される。

#### 4 まとめ

純チタンの LP では  $\phi 12$  のノズルでろ過水を同軸噴射する装置が再現性の点で最良と判断された。

#### 謝辞

試験片の製作では静岡大学工学部早川研究室にご協力いただいた。

#### 参考文献

- 鷺坂芳弘：超短パルスレーザーピーンフォーミングによる薄板のダイレス曲げ。ぶらすとす, 1(3), 180-184 (2018).

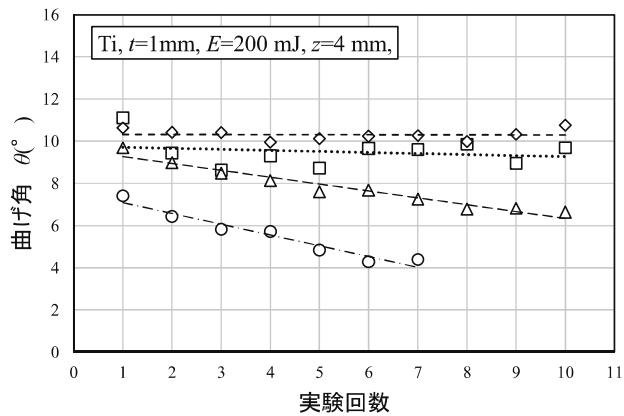


図4 ろ過水供給法による再現性の変化

□: 同軸噴射( $\phi 8.5$ ) ◇: 同軸噴射( $\phi 12$ )

△: 側方噴射 ○: ろ過循環なし