

レーザーピーンフォーミングによる薄板曲げの曲げ精度向上

レーザー計測制御プロジェクトスタッフ 鷺坂芳弘*

Improvement of Bending Accuracy of Laser Peen Forming

Yoshihiro Sagisaka

1. はじめに

レーザーピーンフォーミング（以下LPF）は短パルスレーザーの誘起衝撃波を利用した板材成形法である。著者はフェムト秒レーザー（以下fsレーザー）によるLPFを薄板の曲げ加工に適用した¹⁾。本法はスプリングバックの大きい材料の曲げに有効である²⁾が、一方で加工特性がビーム品質に影響されやすく、再現性が低いという欠点があった³⁾。そこで、本法を高精度の板曲げ加工法とすることを目的として、再現性および曲げ角精度の向上を試みた。

本法の精度向上には、何らかの形で加工を行いながら製品形状を管理する手段が必要である。そこで簡易な接触通電式の位置検出装置を採用し、曲げ角が規定の値に達したことを検知することで形状管理を行った。さらに照射条件のばらつきが曲げ角に影響しなくなるように照射経路を改良した。これらの改良の後に加工を行い、曲げ角精度を評価した。

2. 実験方法

図1に採用した位置検出装置の概要を示す。試験片の一端をクランプで固定した後、A枠内の斜線領域にレーザーを走査させて曲げ加工を行った。試験片自由端の裏側には接触端子を配置し、試験片が曲がって端子先端に接触し、抵抗計で通電を検知したところで照射を止めるようにした。小さい曲げ角はスプリングバックの影響で精度を得るのが難しい。そこで狙いの曲げ角は 10° とした。

本法では照射条件がばらつくとも端子との接触までに要する照射パルス数が増える。よって走査中のどこで照射が終わるかは不安定で、照射領域内の照射パルス密度分布が不均一になる。曲率の分布も不均一になるため、位置検出装置を用いても狙いの角

度が得られなくなってしまう。そこでパルス密度分布が曲げ角に影響しないよう照射経路を改良した。図2に改良した照射経路の概略を示す。走査は板幅方向への線走査を繰り返すことで行った。最初の走査では自由端側から41回線走査を行い、大まかな曲げ形状を得る。2回目以降の走査では照射領域の中央から交互に上下に移動させながら線走査し、上下に対称に湾曲させつつ、狙いの曲げ角に漸近させた。

本法では、以前からfsレーザーを立上げる度に加工特性が変化することが見られた。そこで多数個テストでは10ヶずつ3日に分けて合計30ヶの試験片を加工し、ばらつきを評価した。

3. 実験結果

板厚0.1mmのアルミ(A1100)を様々な照射条件の組

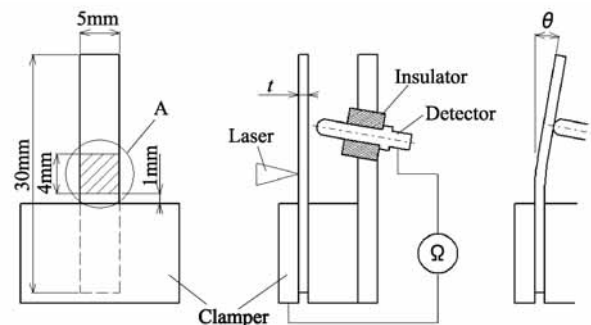
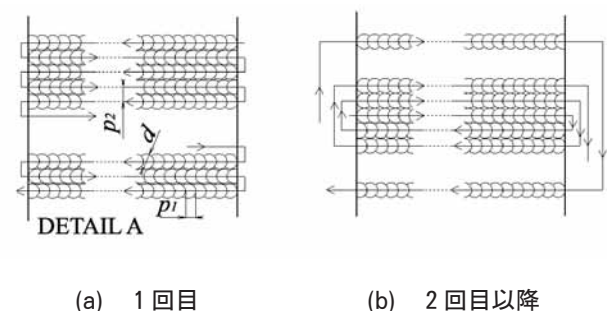


図1 位置検出装置概略



(a) 1回目

(b) 2回目以降

図2 照射経路概略

*) 現 工業技術研究所

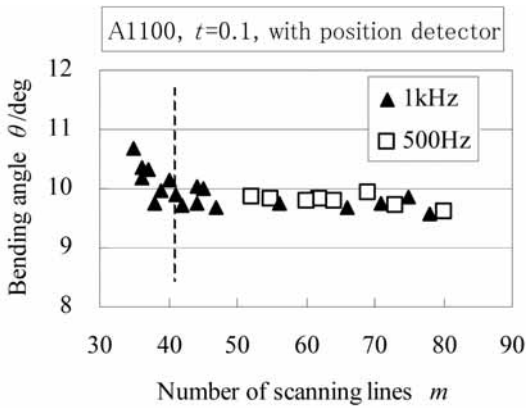


図3 位置検出装置による曲げ角の安定化

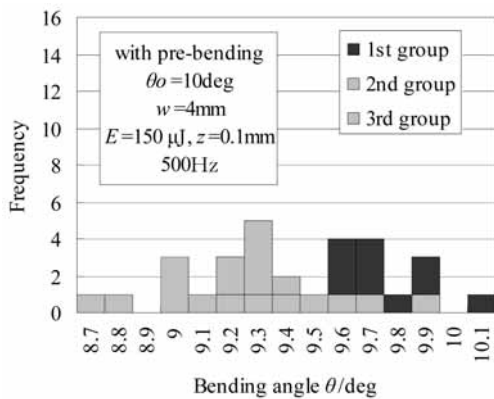


図4 予備曲げでの曲げ角の分布

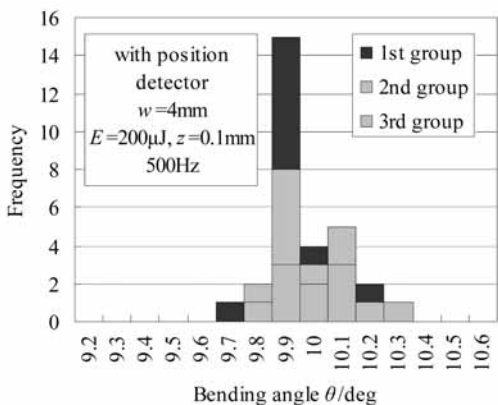


図5 位置検出装置での曲げ角の分布

み合わせで曲げ加工し、曲げ角 θ の変化を調べた。図3に結果を示す。横軸は線走査の回数 m である。 $m \leq 41$ の点は曲げ効率が良く、1回目の走査中に端子と接触してしまった条件である。この場合、パルス密度が自由端側に偏るため、 θ が狙いより大きくなる。2回目の走査中 ($41 < m \leq 81$) に接触する条件であれば θ はほぼ一定になり、照射条件に関わらず一定の曲げ角が得られることが分かる。

2回目の走査中に加工が終了するよう $m=60$ 付近

表1 曲げ角の標準偏差の比較

	予備曲げ	位置検出装置
A1100($t=0.1$)	0° 21'	0° 08'
C5191($t=0.05$)	0° 48'	0° 09'
SUS304($t=0.05$)	0° 17'	0° 06'

で接触が得られた条件で複数個のテストを行った。比較対照として予備曲げ¹⁾での同様の試験を実施した。図4に予備曲げでの θ の分布、図5に位置検出装置での分布を示す。予備曲げでは加工した日によって平均値が変化していたが、検出装置を用いたことで再現性が向上し、ばらつきが抑制された。

板厚0.05mmのリン青銅 (C5191) とステンレス鋼 (SUS304) についても同様の試験をし、標準偏差を比較した。表1に結果を示す。位置検出装置を用いたことでいずれの材料でも標準偏差が大幅に改善されている。標準偏差の8倍で公差幅を設定するといずれも $\pm 0^\circ 30'$ 前後の公差を保証できることになる。しかし、高精度曲げでは $\pm 5'$ 程度の精度が要求されるのでさらなる精度向上が必要である。

4. まとめ

LPFによる薄板曲げにて位置検出装置を用いて再現性の向上と曲げ角の精度向上を試み、曲げ角 10° に対して $\pm 30'$ 程度の公差を保証できた。今後、更なる精度向上が課題である。

参考文献

- 1) 鷺坂芳弘他：フェムト秒レーザーを用いたレーザーピーンフォーミングによる薄板の曲げ加工、塑性と加工, 50-584, 866-870(2009).
- 2) 鷺坂芳弘：フェムト秒レーザーを用いたレーザーピーンフォーミングによる薄板の曲げ加工 (第二報), 平成21年度塑性加工春季講演会講演論文集, 105-106(2009).
- 3) 鷺坂芳弘：フェムト秒レーザーでのレーザーピーンフォーミングによる薄板の曲げ加工 (第3報), 2009年度精密工学会秋季大会講演論文集, 615-616(2009).