レーザー照射を受ける薄板の熱弾塑性解析 (逆方向の重ね照射で生じる照射点に沿う残留モーメントの分布) Thermo-elasto-plastic Analysis for a Thin Plate Subjected Laser Irradiation

(Distributions of Residual Moment along Irradiation Points Generated under Overlap Irradiation in Reverse Direction)

Daiki FUKUOKA¹, Koki KOBAYASHI², Yasuyuki KATO³

The purpose of this study is to investigate the condition of overlapping irradiation for distributing the residual moment Abstract: efficiently along the irradiation direction. In our previous study, it was revealed that the residual moment cannot be distributed largely and smoothly by conducting the multi-point irradiation only once. Therefore, in this research, the irradiation method for distributing the residual moments effectively in the overlapping irradiation is taken up as the theme of next research subject. Especially, in this paper, the methods for distributing the residual moment smoothly are examined by irradiating in the reverse direction.

1. 緒 言

一般的な金型を用いた塑性曲げ加工とは異なり、残留 モーメントを薄板内部に予め分布させ、その後、更に曲 げモーメントを加えることで残留モーメントを分布させ た位置に金型を用いずに局部的に塑性曲げ加工を施す加 工方法が考えられる. そこで本研究では、金属の薄板の 裏面を冷却した状態でレーザー照射をし、薄板内部に残 留モーメントを効果的に発生させる方法を検討する.

これまでレーザーの単一照射を行い、その後、常温ま で完全に冷却した後に、その点と隣接する位置に次の照 射を行うといった断続的な照射を考えて、その一連のプ ロセスを繰り返し行う多点照射の熱弾塑性解析を検討し てきた.その結果,残留モーメントの分布は山形の形状 となり,照射間隔が狭い場合には,過去に生成された残 留モーメントが減少するため、広範囲に渡って山形の波 形を大きく分布させることができないことが明らかとな った.一方で照射間隔が広い場合には,複数の山形の波 形を広範囲に渡って形成させることができるが、山形の 波形の間隔が広いため, 谷が大きく形成されることが明 らかとなった.

また、前報の研究では、照射間隔が比較的広い条件の 場合に着目して、山と山の波形の間に新たな照射を重ね ることで、谷の部分の残留モーメントを増加させる方法 について検討してきた. その結果, 重ね照射の照射位置 としては、最初の多点照射で形成された山と山の波形の ほぼ中間位置に照射を行う場合が最も均一な分布が得ら れ、効果的であることが明らかになってきた.

本報では更に、重ね照射時の照射の進行方向が残留モ ーメントの分布に与える影響を解明する為に、最初に行 う多点照射の数値解析の照射方向とは逆向きに重ね照射 を実行し,残留モーメントの分布を調査する.

2. 理論

2-1 重ね照射における照射位置ならびに照射方向

最初に行う一度目の多点照射の山形の波形の中間位置 に重ね照射を行う場合が最も効果的な分布が得られるこ



(a) Position of irradiation points

(b) Distribution of residual moment Fig.1 Overlapping irradiation in reverse direction

とがこれまでの研究から、既に明らかとなっている. 図1 (a)は、一度目の多点照射の終了点 (n 点) とその一つ前 の照射点 (n-1 点) の間に, 重ね照射を行う場合の照射位 置の関係を模式的に示した図である.ここで図1(a)中の r^{*}は、一度目の多点照射の終了点から逆向きの重ね照射の 最初の照射点までの距離を表している.また,図1(b)は, 照射の進行方向に沿う残留モーメントの分布を表してい る. 本研究では, r*の位置を山と山の波形の中間位置に固 定して、一度目の多点照射の照射間隔 r;を種々 (r;=1.0, 1.1, 1.2, 1.3 [mm]) に変えて数値解析を実行する.

2-2逆向きの重ね照射における温度条件について

一度目の多点照射と重ね照射時の波形がほぼ同一の大 きさで滑らかな分布になるための逆向きの重ね照射時の 温度条件を検討する. 図2(a)は、重ね照射で新たに生成 される山形の波形が大きく発生し、同時に一度目の多点 照射で生成された波形が大幅に減少する重ね照射時の残 留モーメントの分布の特徴を模式的に表したものである. 一方で、図2(b)は、一度目の多点照射で生成された山形 の波形の山の高さと逆方向の重ね照射時の山形の波形の 山の高さがほぼ同一値となるまで、重ね照射時の温度を 下げて得られる残留モーメントの分布を表している. な お,この温度条件下では山形の波形の振幅(山と谷の差) もまた最も小さな値となる.本研究では、重ね照射時の

[○]福岡 大樹¹, 小林 晃貴², 加藤 保之³

^{1:} 日大理工・学部・機械, 2: 日大理工・院・機械, 3: 日大理工・教員・機械

適切な温度の条件として、一度目の多点照射の山の高さ と重ね照射時の山の高さの差が最も小さくなる温度を滑 らかな分布が得られる適切な条件と考えることにする.



Fig.2 Distribution for residual moment

3. 解析結果

3-1 照射間隔 ri と残留モーメントの分布の関係

ここでは、板厚0.3 [mm]、降伏応力 $\sigma_r=245$ [MPa]の軟鋼の薄 い平板に、過去に行った温度測定実験の測定結果に基づき、レ ーザーを 134[sec]間照射した場合の数値解析結果について説明 する。先ず照射間隔の影響について調べるため、照射間隔 r_i の 値を種々に変えて解析を行った結果を図3に示す。これらの数 値解析の条件としては、予め一度目の多点照射(表面温度が 625°C)を15回照射した後に、逆向きの重ね照射を一度目の多 点照射と同一の照射間隔(それぞれ、 $r_i=10, 1.1, 1.2, 1.3$ [mm]) と同一の表面温度条件で14回行う。一例としてこの図では (a) が $r_i=1.0$ [mm], (b) が $r_i=1.3$ [mm],の残留モーメント M_r , M_p の分布をそれぞれ表わしている。照射間隔が $r_i=1.0$ [mm]の場合 では、一度目の多点照射で生成された山形の波形が重ね照射後 に減衰して小さくなり、重ね照射の最終点側(一度目の多点照







射の開始点側では、重ね照射時に形成された山形の波形は増加傾向を示す。一方で、照射間隔がr=1.3[mm]の場合では、一度目の多点照射で生成された山形の波形がr=1.0[mm]の場合と比べて大きく、また、重ね照射時に山形の波形が増加する傾向も小さいことがこの図より確認できる。

3-2 逆向きの重ね照射における最適な温度条件

ここで数値解析の一例として、前述のr=1.3[mm]の場合に対して、表面温度を580°Cに下げて得られる残留モーメントの分布を図4に示す。表面温度を下げることで、一度目の多点照射で生成された波形と重ね照射時に新たに生成される波形の振幅に大きな差が生じることなく、より滑らかな分布が得られる。



Fig.4 Distribution for residual moment (irradiation in the reversed direction; r_i =1.3 [mm], surface temperature 580°C)

図5は、照射間隔を種々 (r=10, 1.1, 12, 13 [mm]) に変 えて最適な温度条件を調べた結果を示している. この図で赤の プロットが逆方向の重ね照射の場合の最適な温度と照射間隔 の関係を青のプロットが順方向の重ね照射の結果をそれぞれ 表している. この図から, 照射間隔が狭くなるにつれて最適な 温度は著しく低下し, また, 逆方向の重ね照射の最適な温度は、 順方向の重ね照射の場合に比べ高い値となる.



Fig.5 Optimum temperature for various irradiation intervals

4. 結 言

逆方向の重ね照射の解析から、以下の結論が得られた.

- (1) 照射間隔が狭くなると、一度目の多点照射で生成された山形の波形が重ね照射後に減衰して小さくなり、 重ね照射の最終点側では、重ね照射時に形成された 山形の波形は増加傾向を示す。
- (2) 逆向きの重ね照射における最適な温度条件を調べた 結果,照射間隔が狭くなるにつれて最適な温度は著 しく低下し,また,その結果は,順方向の重ね照射 の場合に比べ高い値となることが明らかとなった.