

CO₂ レーザによる板材の矯正加工に関する研究

金沢大学 脇村 嘉宏, 倉谷 泰治, 上田 隆司, 細川 晃, 古本 達明, 田中隆太郎

Study on laser leveling of a sheet metal

Kanazawa University Yoshihiro WAKIMURA, Yasuharu KURATANI, Takashi UEDA,
Akira HOSOKAWA, Tatsuaki FURUMOTO and Ryutaro TANAKA

In this study, a new leveling method of an undesirable dent on the sheet metal with the thermal stresses induced by laser irradiation is proposed. As a work material, SS400 sheet metal whose thickness is 0.6mm is used. Continuous CO₂ laser beam is used and its power is 100W. The laser scanning path to the various dents, such as concentric circle and radial line, is investigated. As a result, the dent on the sheet metal is repaired and flat surface can be obtained.

1. 緒言

自動車のボディなどの鋼板の外観部品では小さな圧こんが問題となり、精度良く矯正することが求められている。そこで本研究では、板材に生じた圧こんを矯正する新しい手法として、レーザを用いた加工法を提案する。

レーザ矯正加工は、板材に生じた圧こんに対してレーザ照射を行い、レーザ照射で生じる熱応力を利用して材料を塑性変形させ、矯正する加工法である。レーザ光を熱源とすることで、レーザのもつ高いエネルギー密度が得られ、またスポット径を小さくできることから高精度で局所的な矯正を行うことができる。さらに、板材への入熱量の制御も容易なことから、レーザ照射条件を検討することで様々な形状の圧こんに対応できると考えられる。

本研究では、レーザ光を用いた矯正加工の基礎的研究として、SS400 板材に鋼球を押しつけ形状の異なる 3 種類の圧こんを作成し、各圧こんに対して矯正加工実験を行ったので、以下に報告する。

2. レーザ矯正加工の原理

図 1 にレーザ照射による板材矯正加工の原理を示す。板材に何らかの外力が加わって圧こんが生じたとき、圧こんの部位は平らな状態に比べ、塑性変形により伸びた状態となっている。この伸びを収縮し、圧こんを矯正することがレーザ矯正加工の目的である。

圧こんに対してレーザ照射を行うと、レーザ照射中は図 1 (a) に示すようにレーザ照射に起因して照射部が加熱されるため、膨張して圧縮応力が生じる。このとき、この応力によって塑性ひずみが生じると、レーザ照射終了後の冷却過程において、図 1 (b) に示すように板材が収縮することになる。図 1 (c) のように板材にできた圧こんに対してレーザ照射を行い、図中の矢印の方向へと材料を収縮させることで矯正を行う。

3. 圧こんの作成方法

図 2 に圧こんの作成装置概略図を示す。ゴムシート上に置いた SS400 板材に対して、ロードセルを用いて荷重を測定し

ながら鋼球 ($R=25$) を押しつけ、板材に円形の圧こんを作成している。図 3 はこのようにして圧こんを作成した SS400 板材の外観写真である。板材中央部に円形のくぼみが視認できる。本研究では、同様にして円柱 (半径 $R=5$ mm, 長さ $L=30$ mm) の底面および側面を押しつけた圧こんも作成し、それぞれ矯正可能な条件について調べた。尚、球を押しつけ作成した圧こんを点圧こん、円柱の側面を押しつけたものを線圧こん、底面を押しつけたものを面圧こんとする。

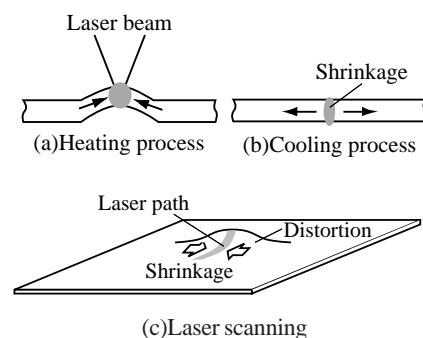


Fig. 1 Mechanism of laser leveling

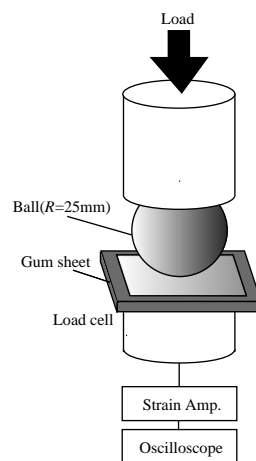


Fig. 2 Denting method of SS400 sheet

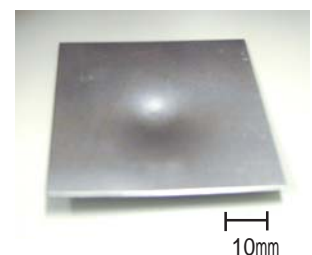


Fig. 3 Photograph of SS400 sheet after dented

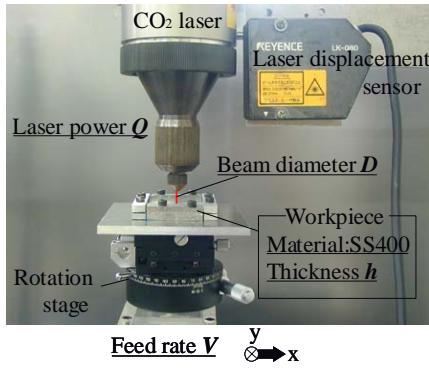


Fig. 4 Experimental set-up

Table 1 Experimental conditions

Laser		CO ₂ (CW)
Laser power Q	W	100
Beam diameter D	mm	1
Feed rate V	mm/s	5
Material		SS400
Material thickness h	mm	0.6
Boundary condition		All edge fixation

4. 矯正加工実験

4.1 実験方法および装置

図4に矯正加工実験の装置概略図を示す。レーザー光は連続発振のCO₂レーザーである。圧こんを作成した板厚 $h=0.6\text{mm}$ のSS400材を、NCステージに固定し、レーザー光を照射しながら、ステージを一定の送り速度 v で移動させてレーザー走査を行った。レーザービーム径 D はデフォーカス量によって調整できる。

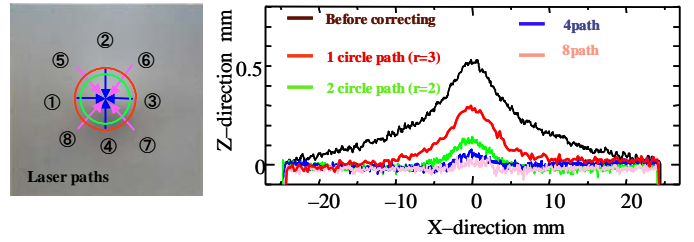
実験結果は、矯正加工前後における断面形状をレーザー変位計を用いて測定し、評価する。

4.2 実験結果

図5(a)は、鋼球を押しつけて作成した深さ $500\mu\text{m}$ の点圧こんに対する矯正加工の実験結果である。まず走査半径 $3\text{mm}, 2\text{mm}$ と同心円状にレーザー照射を行った。その結果 $500\mu\text{m}$ あった圧こんは $200\mu\text{m}$ 程度まで減少できた。残りの圧こんについては、圧こんの中心部に向けて放射状にレーザー照射することで圧こんを矯正し、フラットな面を得ることができた。また、図5(b)は深さ $700\mu\text{m}$ の点圧こんに対する矯正加工結果である。図5(a)に示す結果と同様に、まず同心円状に複数のレーザー照射を行い、その後放射状にレーザーを照射することでフラットな面が得られた。

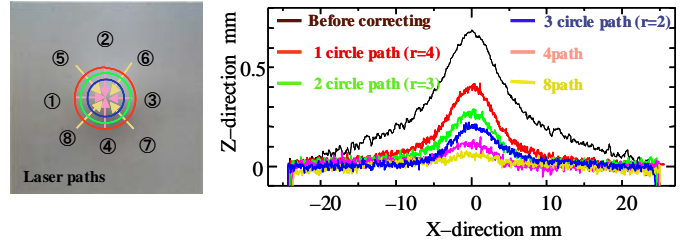
図6は棒鋼の側面押しつけて作成した線圧こんに対する矯正加工の結果である。まず圧こんに沿って線状にレーザー照射することで $700\mu\text{m}$ あった圧こんは $400\mu\text{m}$ まで減少し、さらにひずみの集中している両端部に放射状にレーザー照射することでフラットな面を得ることができた。

図7は棒鋼の底面を押しつけて作成した面圧こんに対する矯正実験結果である。圧こん部の面に沿って変形した部分に走査半径 $7\text{mm}, 6\text{mm}, 5\text{mm}$ と同心円状にレーザー照射することで深さ 1mm の圧こんの矯正加工を可能にした。



(a) Scanning paths of beam

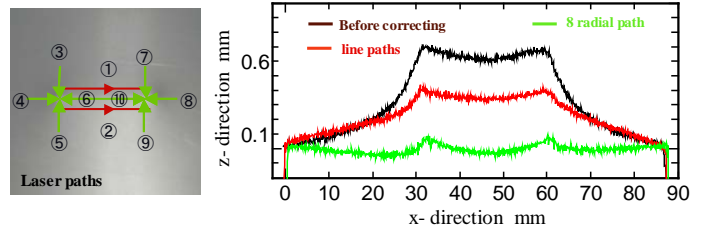
(a') 2D profile $h_d=500\mu\text{m}$



(b) Scanning paths of beam

(b') 2D profile $h_d=700\mu\text{m}$

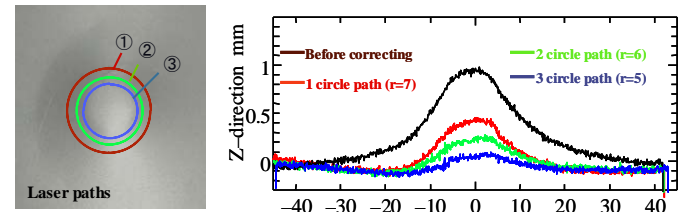
Fig. 5 Leveling a dent made by pressing steel ball



Scanning paths of beam

2D profile $h_d=1000\mu\text{m}$

Fig.6 Leveling a dent made by pressing side face of steel bar



Scanning paths of beam

2D profile $h_d=700\mu\text{m}$

Fig.7 Leveling a dent made by pressing bottom face of steel bar

5. 結言

板材の局所的な微小圧こんを矯正する新しい加工法としてレーザー光を用いた矯正加工を試みた。圧こんの形状を変え矯正可能な条件を調べた結果、それぞれ適切な走査速度、パス方法を選定することによってレーザー照射に起因する熱応力によって矯正加工が可能であることを示した。

参考文献

- (1) 日比野正勝他：矯正加工—板，管，棒，線を真直ぐにする方法—，コロナ社(1996)