

今回はレーザーを熱源として加工分野に利用した応用例について紹介しようと思います。

工業製品を生産するにはボディーであれフレームであれ、材料を所望の立体形状に整える作業が伴います。金属材料に対する代表的な加工法のひとつに塑性加工があり、目的形状の表面を有する凹型と凸型（金型とよばれている）の間に板材を挟み込んで表面形状を材料に転写する方法です。特に、薄板という単一材料を曲げてさまざまな立体を生成でき、しかも型で挟み込むという数秒のオーダーですむ工程なので、大量生産に適した方法です。ところが、厚さが1 mmにも満たない鋼板でも数トンクラスのプレス装置を必要とする場合がよくあります。なにより金型には、繰り返される高い圧力に耐えうる強度ときわめて高い形状精度が要求される上、目的形状を実現するためには経験に依存した補正を金型に施す必要があります。これが、金型はノウハウの塊といわれるゆえんです。その一方で、大量生産には至らない製品を扱う場合は金型のコストが償却できず、手作業で作ることになるのですが、特に小さな立体・薄い材料は難易度が高く、この問題のひとつの解決方法として、レーザーを使って材料に曲げ変形を生じさせ立体形状を生成する方法が研究されています。

レーザーフォーミング¹⁾とかレーザーベンディング²⁾とよばれる方法は、レーザー加熱では材料が局部的に伸び周辺部との力の均衡で変形が生じることを利用した加工法で、図1に示す3つの変形様式があるといわれています。図1(a)は温度勾配型の変

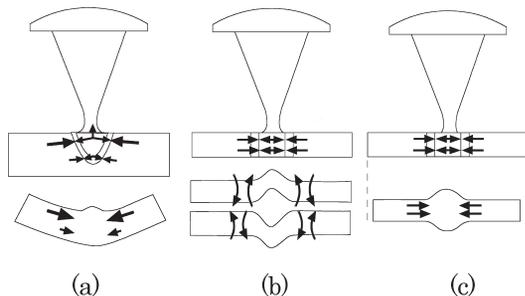


図1 レーザーを使った非接触変形メカニズム。(a) 温度勾配型変形、(b) 座屈型変形、(c) 膨張収縮変形。

形メカニズムです。レーザー照射部が板厚方向に温度差を生じ、材料表面側の伸びが裏面側より多いものの、周囲の材料が固定されているためにレーザー照射側に凹になることで安定化する機構です。図1(b)は座屈とよばれる変形現象です。薄板のように材料の表裏面で温度差が少ない場合はほぼ同等に伸びが発生しますが、周囲が固定されているので、膨張分が盛り上がる場合や凹むことで安定化する機構です。身近な例では空き缶を潰す場合が該当します。上下の平行面に力を加えると突然側面（円筒部分）に（円筒の場合は盛り上がらずに）凹む現象が起きます。座屈は圧縮する向きとは異なる方向の変形を伴います。図1(c)は材料の長さが収縮し厚さが増す変形メカニズムです。以上の説明が提案されていますが、実際の変形過程はこれらが複合して起るため複雑です。そしてレーザー照射条件のわずかな違いが変形様式を左右することがあるので、そのコントロールにさまざまな研究がされています。

次に、この加工の例を紹介します。図2は一辺80 mm、厚さ1 mmのステンレスに60 Wの出力で放物線状に40回レーザー走査した試料です。このサンプルは凹凸2つの曲面が形成され、中央の折れ角は30度を超えています。出力を高めれば厚い板にも適用でき、1 kWのレーザーで厚さ5 mmのステンレス鋼板を直径50 mmのU字型に湾曲させた例³⁾もあります。

一方、小さな分野では、薄い材料に曲げ加工をする研究があります⁴⁾。図3は厚さ10 μm のステンレス鋼の箔を、切断から稜線の折り曲げまでレーザー

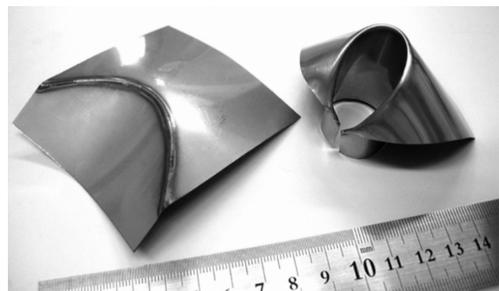


図2 曲面生成の例。1 mm厚ステンレス鋼板にレーザーで基本的な形状を作り（左）、機械的に曲げて仕上げた（右）。

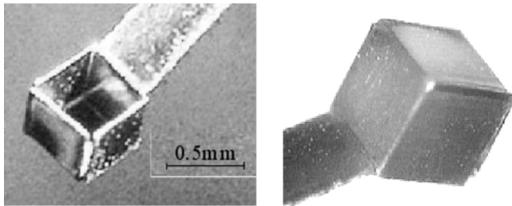


図3 金属箔から微小立体を作る。

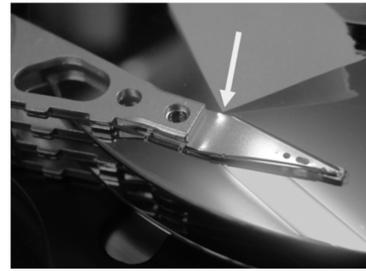


図5 曲げ変形による調整部分。

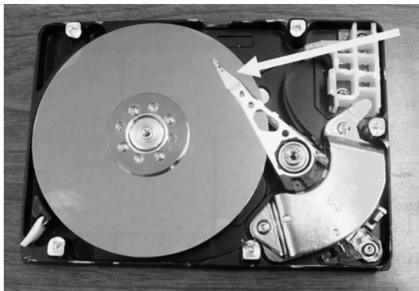


図4 ハードディスク装置のヘッド保持部。

だけで施した加工例です。1辺が0.5 mm（シャープペンシルの芯の太さ）の立方体で、各稜線は直角に折れ曲がっています。

レーザーフォーミングが実用になっている分野もあります。例えばコンピューターに搭載されているハードディスクの読み取りヘッドを支えている部分です。ヘッドは記録媒体と非接触で磁気情報を読み取る仕組みですが、板厚が20 μm と薄い上に、ディスクとヘッド間の隙間・傾きをナノメートルオーダーで調整しなければなりません。このような微妙な曲がり具合を調整するのにレーザーが使われており、光ピックアップのジンバル部の調整などにも利用されているようです（レーザーアジャストメントとよんでいる会社もあります）。ちょうど動作不良を起こすディスクが手元にあったので、試しに解体してみました。図4は40 Gbyteのディスク装置の内部です。ヘッド付近をよく見ると、図5に示すように金属箔部品に変形している部分があります。この装置がレーザーで調整しているかどうかはメーカーに尋ねないとわかりませんが、この程度の変形はレーザー照射で容易に生じます。問題は、所定の位置や姿勢に（変色せずに）先端部分を調整するには、どの程度のレーザー照射を与えればよいかを決

定する作業です。

1970年代でしたか、手をかざすか軽く触れることでスプーンを曲げる超能力が巷で話題になりました。レーザーフォーミングはだれでも非接触で精密な変形加工を繰り返して実現できます。特に試作や少量生産では自由度の高いレーザーの利用が期待されます。また、出力を高めれば厚い材料でも曲げることが可能でしょう。その対象のひとつとして造船分野が挙げられます。流体とかかわる機械は滑らかな曲面で構成された外観を有していますが、厚さ20 mmにもなる鋼板を曲げるのは現在でもガスの燃焼炎と冷却用の水です。撓鉄（ぎょうてつ）とよばれるこの加工法では、驚くべきことに職人は片手にバーナーと、もう一方の手にホースの出で立ちで、図面に示されたカーブを生成します。しかしながら高温という苛酷な作業環境と昨今の職人の高齢化という厳しい状況にあり、技術存続のための切り札の可能性が見込めます。

この記事執筆するにあたり、資料のご提供とご教示をいただきました千葉工業大学吉岡俊朗教授、三須直志助教に感謝申し上げます。また、この記事に関するお問い合わせは、tokunaga@sky.it-chiba.ac.jp までお寄せください。

（千葉工業大学 徳永 剛）

文 献

- 1) 難波義治ほか：精密工学会誌，65（1999）1330.
- 2) W. M. Steen: *Laser Material Processing, 3rd ed.* (Springer, 2003) pp. 301-325.
- 3) 阿部信行：レーザ協会誌，26（2001）28.
- 4) 吉岡俊朗：精密工学会誌，69（2003）1238.