

「メタル・ダイ」製作INNOVATION

——45年ぶり、2回目の「レーザー加工」の衝撃——

株式会社エルシーシー
代表取締役
占部 聡長

1.はじめに

私は1974年に7社の抜型メーカーと「レーザークラフト社」を設立し、日本で初めてCO₂レーザー加工を始めた。現在CO₂レーザー加工は抜型より、板金などの加工が設置台数は多い。しかし、世界的にみても最初に抜型レーザー加工をした米アトラス社に引き続き、抜型業が最初に「レーザー」innovationを起こしたのである。板金業界は1000WのCO₂レーザーが開発できるまで抜型業より10年以上遅れた。

「レーザークラフト社」の設立をしたのはその2年前に私がたまたま見た米誌Boxboard Containersという雑誌の記事を見てビックリしたことにある。それは米国のAtlas Die社が殺人光線と言われていたCO₂レーザー光線で糸鋸の代わりに、合板を切削しているということであった。当時、片山抜型製作所の社長であった片山勇氏（現相談役）に話すと、日本でもやろうとなり、「レーザークラフト社」を設立した。現在では世界中で抜型製作にCO₂レーザーが使用されている。一部はGerber社のルーターで溝加工をしている。この方式はメタル・ダイの精度を上げるため取り入れられている。

2018年6月に中国・深圳で日本の抜型業者7社と「レーザー溶接機」を見学した。抜型、特に「High Die」と言われている真空成型の抜型の高刃に応用できないかと思い、深圳の3

社の会社を訪問した。最初は冷やかしのつもりであったが、結論から言うと、レーザー技術については中国の技術は日本より先端を行っている（このことを日本で話しても誰も信じてくれない）。最後の会社を訪問した時、たまたまfiber laser1000wの切断機のテスト機を見た。3mm厚のステンレス板を高速で切断するものであった。

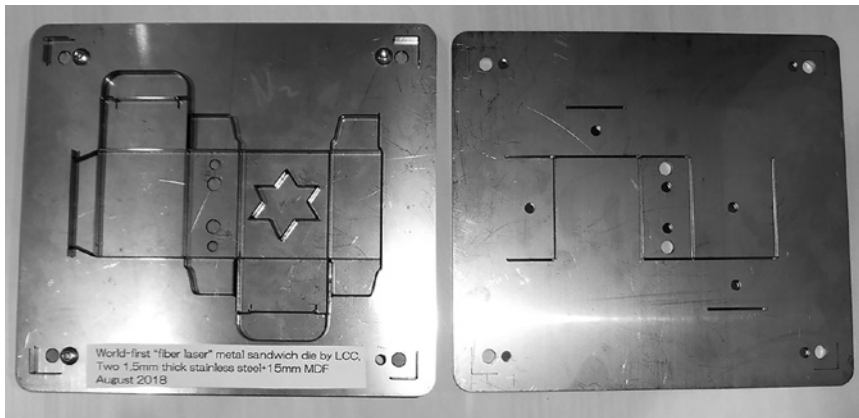
現在のCO₂レーザー切断機でも3mm厚のステンレスを簡単に切断できる。しかし、私に衝撃を与えたのは「切断精度」であった。すぐにこの技術は「メタル・ダイ」に利用できるInnovationであると思った。私にとっては45年ぶりの「レーザー・ビーム衝撃」であった。

CO₂レーザー・ビームは10mm光径をレンズでいくら絞っても、0.4mm光径までである。しかし、fiber laserは0.05～0.1mm (0.002”-0.004”)の光径ビームであると言われた。「ワイヤー放電」の加工口径より小さいのである。この基本技術により抜型製作に3つのinnovationを起こせると確信した。45年間、レーザー加工抜型に従事している私が衝撃を受けるのであるから、その衝撃は世界の抜型業関係者全員に衝撃を与えると思う。イチローの「レーザー・ビーム」より衝撃である。

2.40年以上CO₂レーザー切断していて悩むこと

日本で最初に抜型の合板切削に取り組んで、

写真1 ●世界初! Fiber laser cutterによる「サンドイッチ・メタルダイ」



現在でも解決していない悩み事は、合板をレーザー光線で切削して「溝kerf」を形成する時である。悩みごとは二つある。

一つは、溝幅が刃の厚みに合わせて正確に「溝彫」ができないことである。その溝に曲げた刃を挿入するのであるが、刃が抜けやすい。そこで、きつく切削すると刃の挿入で抜型が反って打抜機に挿入できない場合が発生する。これは冷静に考えれば当然の結論である。CO₂レーザーは「切断する」と言っても、合板を瞬時に燃焼させて高圧空気で吹き飛ばしているのである。Water Jet切断機でも空気の代わりに水で素材を切断している。CO₂レーザーはエアであり、water jetは水の流体を工具として利用する。固体のドリルで直接材料を切削するmillingと比較すれば精度面で負けるのは当然である。そこでCO₂レーザーでは現在、合板の溝のカーボンを手動のルーターで「溝掃除」してこの問題を解決している。

二つ目の問題は18mmの合板を切削するため、円弧・円を切削すると表面は正確でも裏面はレーザー光線が「内回り」するので「垂直度」が出ないことである。どうしても精度を向上させる場合は、9mm合板を2枚切削し、反転して貼り合わせるにより「垂直度」を維持する方法がある。これは「Gerberルーター方式」と呼ばれる方法であるが、生産性が悪い。高精度と耐久性を要求されるメタル・ダイは、表面と裏面に高精度の金属板を採用したサンドイッチ方式なので「垂直性」が維持され、結

果として耐久性が上がる。したがってメタル・ダイは高価になる。

3.メタル・ダイ

「メタル・ダイ」は別名「サンドイッチ・ダイ」または「パーマメント・ダイ」と言われている。表裏を金属板で合板（またはプラスチック）を挟んだ構造の抜型からの由来である。なぜ「メタル・ダイ」は「同じ刃」で「同じ材料」を打ち抜いても通常の合板の抜型に比べて数倍の耐久性があるのだろうか。理由を考察してみた。私見である。

- (a) 型の上下を金属板で保持しているので刃の「垂直性」が良い。打抜材料にもよるが故紙でも100万通し以上の抜型に利用されている。バージンパルプの場合は200万通しが可能である。大ロットの打抜きに利用されている。例えば、タバコケース、ミルクカートン、マルチパック・スリーブ、ティッシュケース、シリアル（朝食用）の箱などに利用されている。価格も抜型と「面板」を合わせて100万円を超える。
- (b) 私みたいに曲げ加工が下手くそで老眼でも、0.1mm以下の公差で曲げないと刃が挿入できない。合板であれば0.2mmの誤差があっても、無理やりたたき込めば挿入可能である。即ち「メタル・ダイ」の表裏の金属板は「ゲージ (gauge) / 測定具」そのものである。「隙間ゲージ / thickness

gauge」という直線溝を測る「測定具」があるが、直線計測だけでなく、「曲線隙間ゲージ」というようにこの世に存在しない計測器具が出現したのである。

- (c) これから得られる結論は、誰が曲げても高精度の抜型製作が可能ということである。この特長は大きい。パッケージ以外に「フレキシブル・サーキット型」にも利用可能である。高精度の型が安価にできるようになる。現在でも高精度の必要なものはアルミ板をワイヤーEDMで溝加工している。現在、メタル・ダイは日本では片山抜型製作所が提供している。海外では世界一の抜型会社の中国のWoHing、米国ではAtlas die、EUではMarBachが提供している。

<http://diemex.com/mold/metal-die.html>
http://ywohing.com/products_list/columnsld=36&&pmcl=36.html
http://www.atlassteelruledie.com/steel_rule_dies#neverdie
<https://www.marbach.com/en/products/Steel-counter-plate?ref=476>

4.現在のメタル・ダイの製造の困難性

上下の金属板に刃を入れる溝をmilling方法で掘るための機械は限定される。通常のマシニングセンター（フライス盤）はY軸の有効範囲が小さいので、特殊なものを導入しなければならない。

中国のWo Hingでは剛性ルーター・マシンを自社開発して、10台以上で昼夜ミーリング

加工している。主にタバコケースを加工している。世界一の抜型業者であるからそのような投資も可能なのである。日本で設備投資するより製作をWo Hingに依頼した方が得かもしれない。このビジネスモデルはiphoneの製造と似ている。Wo HingはNC刃と言われる「埋込型」も日本製の高価な「リニアモーター・マシニングセンター」を10台以上設備して、一斉に同じものを加工するので、納期に対応できている。

しかし、とにかくmilling方法は時間がかかるのである。

5.現在のメタル・ダイの製造方法

5-1.オス型の金属板の溝堀

現在の主流は大型フライス盤で切削し、材料はアルミ合金の3mm厚。ステンレスだと1.5mm厚で良いが、切削に時間がかかるのでアルミ合金を使用し、強度確保のため3mm厚にしている。しかし、1回の加工では深く掘れないので、数十回に分けて切削するため時間がかかる。アルミ以外に高硬度のプラスチックを利用する場合もある。前記4社も採用しているが、それでは厳密にはメタル・ダイとはいえないだろう。

CO₂レーザーでステンレス板を切削して利用する。アトラス社の「NEVER-DIE-DIE」である。しかし、切削精度が良くないので、刃が抜けやすい。そこで、横から金属球、プレートで刃抜けを防止している。

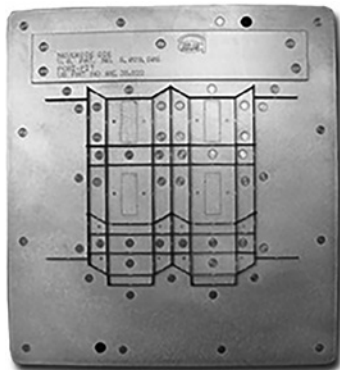
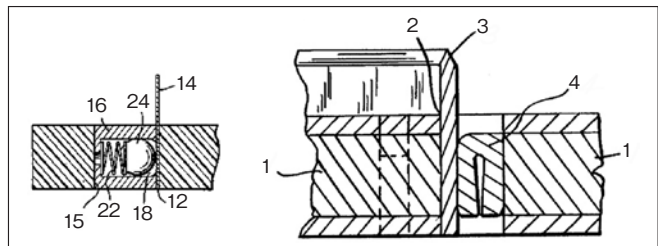


写真2●Atlas社の「NEVER-DIE-DIE」
 / CO₂-laserで切削

図1●「NEVER-DIE-DIE」(USP5029505, RE35522)



現在は見ないが、腐食技術で金属板に溝を製作する方法があった。腐食方法は一部「メス型」の製作に現在でも利用されている。

5-1.メス型の金属板の溝堀

メタル・ダイで最難関はオス型よりメス型の製作である。なぜなら、メス型は打抜刃より高硬度のカutting・プレートを切削しなければならぬからである。刃先が直接当たるので、Cutting・プレートは刃より硬度が高くなければならぬ。フライス切削には超硬またはダイヤモンドのドリルが必要になり、切削に時間がかかる。また、5mm厚のカutting・プレートはそれ自身が高価である(100万円近い)。

最近はCutting・プレートの上に高硬度の0.7~1.0mm厚のステンレス材が世界的に利用されている。私が本誌1990年10月号で紹介した岐阜・佐竹氏発明の「イージー・プレート」システムである。この記事がきっかけで世界的に普及した。これであれば商品ごとに使い捨てが可能である。

しかし、それにしても、製作はフライス加工なので一度でなく、10回以上の時間を掛けて切削しなくてはならない。オス型はステンレスの代わりにアルミ板を代替利用可能であるが、メス型は高硬度ステンレスを切削しなければならない。

6. CAD面板よりmetal-die金属面板が優れている点

独・MarBachの説明動画。

<https://youtu.be/4uso9ALGBIw>

- (a) プラスチック製の「CAD面板」(写真4下)より「金属面板」(写真4上)が高硬度であるので、罫線がシャープに形成できる。また永久使用が可能である。
- (b) 「金属面板」を適用する場合、メタル・ダイは打抜刃と罫線刃との高さは同じであ



写真3●独Marbachのmillingによるcounter plate
Atlas社では一部、腐食(etched)の方法も採用している。

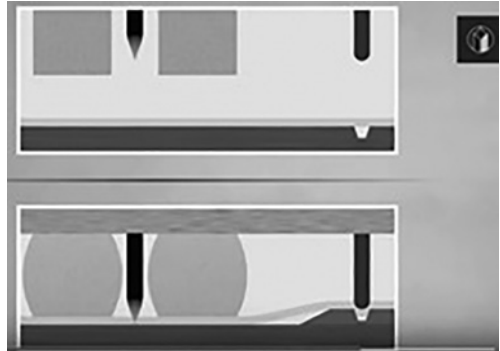


写真4●上が「メタル・ダイ」で下が通常の型で「CAD面板」を利用している。

る。写真4下のように素材が「CAD面板」により盛り上げられないので、素材の横移動が起きにくく、「紙粉」などが発生しない。またCAD面板の跡が製品につかない。

7. これからのメタル・ダイの製造方法

fiber laserのカuttingに衝撃を受け、私が新たに発明したメタル・ダイの製作方法を紹介する。価格を従来の数分の一にすることが可能である。

fiber laserはここ数年で実用化され、最近、販売が始まった技術である。光径が小さいのは、「発振管」が光通信などに使用されているガラス・ファイバーの2層管の中で増幅させるからである。特に金属の加工に適しており、合板は周波数の関係で全く切断できない。

7-1.オス型の製作

fiber laserの一つ目のinnovationは、耐久性に優れるオス型の製作である。

- (a) 上下の同じものを2枚切削する。SUS304などのポピュラーなステンレス板を使用する。厚みは「刃の保持」「平面性の維持」で1.5mm厚が最適である(写真1の左)。fiber laserを使えば、オス型は上下2枚を2分で加工できる。必要な溝幅は0.72mmなので各溝はfiber laserの0.1mmの光軸分だけオフセットして「2度引き」切断する。
- (b) 上下のステンレスが分離しないように下のステンレスにスペーサーを溶接する。この溶接にはYAG laserかfiber laserが最適である。熟練した作業でなくても簡単に溶接できる。この下プレートに「位置決めピン」に合致させたCO₂レーザーで溝加工した中間材(合板、MDF、樹脂)を挿入する。上プレートを「位置決めピン」に挿入して、M6のボルトで固定する。
- (c) あとは通常通り刃を曲げて挿入すれば良い。しかしメタル・ダイが100万円以上する理由はほかにもある。それは、曲げ加工

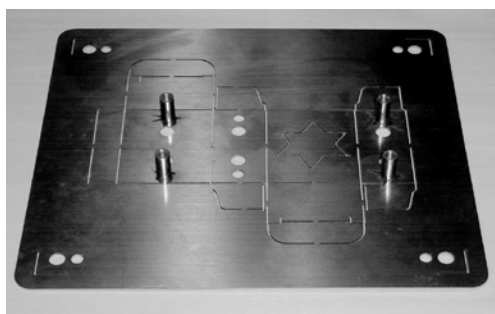


写真5●fiber laserで製作したオス型

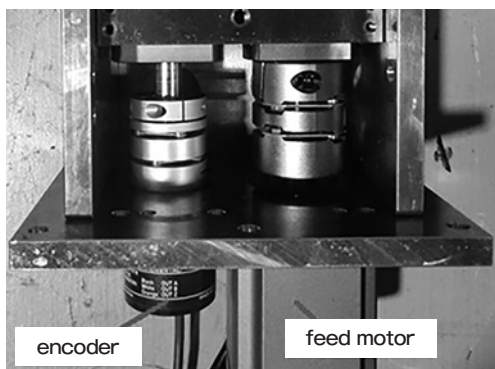


写真6●TOSHI-BENDER Genericはエンコーダーで0.01mmを制御する。

が通常の合板の抜型よりも高精度でなければならぬことである。通常の合板の抜型であれば、曲げたものがレーザーの溝と0.2mmほど公差の違いがあっても、無理やり木槌で叩き込めば挿入できる。しかし、打抜き工程でムラとりに苦勞する。

ところがメタル・ダイは0.2mmの曲げ誤差があれば挿入できない。したがって、曲げ精度の悪い自動曲機では作ることができず、手動曲機で曲げなければならない。「open loop」方式の自動曲機でなく、写真6にあるようにエンコーダーで送られた量を実測して0.01mm単位でフィードバックする「close loop」方式の自動曲機であれば0.1mm以下の精度が得られる。

写真4で説明したように、打抜き刃と罫線刃との高さは同じである。罫線部の溝掘は、刃と交差するポイントを1.0mmほど短くしていないと、刃の当たる部分のカッティング・プレートが欠けてしまう。また、罫線の両端は傾斜をつけて素材が切断しないようにしなければならない。

7-2.メス型の製作

二つ目のinnovationである。

私が発明し提案する方法は、写真1-右の方法である。現在、抜型業界にも高硬度のステンレスが提供されている(BOBST社、ティーエスインダストリー社のDP2、大創のDHS57など)。この高硬度の1.0mm厚のプレートをfiber laserで切断する。ミーリングだと20時間以上かかる加工が10分以内に終わる。

溝切削すると抜け落ちる部分(罫線で囲まれたエリア)があるので、1mm厚のSUS304で裏打ちして、この2枚を溶接すれば完成である。

コスト面でも、現在主流となっているプラスチックCAD面版+「イージー・プレート」の組み合わせより安価になる。CAD面版はミーリングで製作するので時間がかかるが、fiber laserであれば高速切断が可能なのでコストを下げる事が可能になる。もちろん、機能は段違いである。

8. 腐食型に代わる精密メタル・ダイ

ここまで紙器抜型メタル・ダイについて説明したが、三つ目のinnovationは高精度抜型製作である。特に「フレキシブル・サーキット型（通称「フレキ」）」である。産業用機械のプリント基板は水平な素材であるが、民生用、例えば自動車のダッシュボードの内側の配線は設置場所がでこぼこしているの、折り曲げられるフレキが採用されている。最近、このフレキには高精度が要求されるので、合板抜型に代わって「腐食型」の市場が広がっている。特に小さい型は腐食型の独断場である。

しかし、トムソン刃は腐食刃に比べて切れ味が良いことと、大型の腐食型は高額なため、液晶画面のフィルムなどには合板のトムソン刃が採用されている。WoHingでは精度を上げるためにメタル・ダイで製作している。これらの市場にfiber laser型は要望である。

小さなフレキの型でも「シール刃(0.45-0.50mm厚×6mm高)」を使用したものもある。アルミの4mm厚をワイヤー放電で溝彫をしている。これには時間がかかる。Fiber laserなら4mm厚のステンレスを切削して台にすることが可能である。

9. “神の眼”を持った曲げ職人

「良い曲げ職人」と「悪い曲げ職人」の違いはどこにあるのだろう。「良い曲げ職人」は「神の眼」を持っている。自動曲機で曲げた刃を合板の溝に挿入する前に、溝に載せて完璧に曲げられているかどうか確認作業をする。その時に0.1mm以下の誤差を読み取る“神の眼”を持っている職人が「良い曲げ職人」である。「悪い曲げ職人」は0.2mmの誤差があっても、そのまま合板に木槌で叩き込む職人である。したがって、精密抜型を製作している会社は、“神の眼”を持った人間にのみ作業をやらせている。メタル・ダイになると、0.1mm以下で曲げないと刃を挿入できないので、「悪い職人」も“神の眼”を持つようになり、「良い職人」になる。

10. LCCのビジネスの原点回帰

LCCはLaser Cutting Centerの略であり、40年間、文字通りCO₂レーザー加工がメインの会社であった。しかし、顧客が加工機を導入したことによりカッティングサーピスは「ギリ貧」の状態である。それでも抜型製作の消耗品の販売で抜型メーカーさんから支えられている。

最近当社では抜型製造の機械の開発・製造・販売に力を入れている。最近のヒット商品は、高性能で廉価な自動曲機「TOSHI-BENDER Generic」である。そこで、LCCは創業精神に立ち返り、「fiber laser cutting」も仕事に付け加えたいと考え、中国製の1000Wのfiber laser cutterを導入した。また、fiber laser cutterの販売・保守も開始した。機械販売の上でアフターサービスは絶対的な条件である。特に外国製の機械はメンテナンスに困難が伴うので、故障したときの「ダウンタイム」の間の「カッティングサービス」も提供することにした。

「Fiber laser cutting metal die」は世界初の技術なので、その確立のためにも顧客と協力して世界的に普及させたい。すでにfiber laser cutterを2社から受注し納品した。埼玉のK社と京都のK社である。

今まで、メタル・ダイは世界では前述の4社しか提供していなかったが、これからは小規模の抜型メーカーでも提供できるようになる。メタル・ダイの品質の良し悪しは刃を0.1mm以下の精度で曲げられるかどうかにかぎ結するだろう。私は45年前のCO₂レーザーの出現と同じ興奮を感じる。

Fiber laserという表現は「繊維レーザー」と訳されているので誤解を呼びやすい。通信に使用されている「光グラス・ファイバー」と類似のものを利用している固体レーザーの一種である。そこから使用された。「アパレルの繊維」とは直接関係ない。

テスト加工・見学・機械購入は占部までご連絡いただきたい。

Toshi10@lcc-japan.co.jp / 080-6682-1885