

レーザー切断による抜き型の製作

Manufacturing of Blanking Tool by NC Laser Cutting Machine

中川 威雄*・鈴木 清**

Takeo NAKAGAWA and Kiyoshi SUZUKI

レーザー切断は種々の材料を高精度にかつ高速に切断できる特徴をもち、将来重要な切断加工に発展しようとしている。特に大容量のレーザー加工機が出現し、かなりの厚板まで切断加工が可能となってきた。このレーザー切断加工が、紙形抜き型の製造に応用され糸鋸による方法に取って代わりつつあるが、これまで不可能視されていた一般金属板の打抜き型の製作に応用できることを明らかとした。

1. はじめに

プレスによる打抜き加工は、異形輪郭を有する板状の製品を量産する手段としては極めて適切な方法である。プレスによる方法では、当然抜き型を必要とするが、打抜き品の精度および品質は形の製作精度で決まるため、型の精度は極めて高いものが要求される。したがって高精度の抜き型製作においては、精密加工技術の粋が適用されその生産が行われていると言っても過言ではなからう。多量生産においては、型費が高くて問題も少ないが、少量生産においては、生産コストに占める型費の割合が増大し、製品価格の上昇を招くこととなる。

最近抜き型製作の分野では、ワイヤ放電加工が積極的に取り入れられ、型製作面で大幅な合理化が行われている。ワイヤ放電加工法による切断が2次元のくり抜き加工を主体とする抜き型製作においては、極めて理にかなったものであることは言うまでもない。しかも図面より輪郭をデジタルに入力すれば、NCコントロールにより全く無人にて加工が行われる点は極めて強力な手段となっている。また一方、最近の抜き型設計製作の傾向として、CADにより抜き型設計を行わせ、将来はこれをCAMに結びつけて、型設計から製作までを含めた全体のシステムの合理化を図ろうとする動きがある。

著者らは、ワイヤ放電加工の欠点である加工速度の遅い点を、高速のレーザー切断に置き換え克服することが出来ないものかと考え、本研究を開始した。もちろん現在のレーザー切断加工が厳しい精度を要求される抜き型加工にそのまま適用できるはずはなく、レーザー加工の利点を生かし、その欠点を補う新しい金型構造を考える必要があった。本報では、まずレーザー切断と、レーザー切断による紙形抜き型の製作の概要を説明した後、金属板の打抜き用の抜き型製作にレーザー切断を活用した例を示す。

2. レーザー切断

2.1 レーザー加工

レーザー光は単色同一位相の光であり、指向性が鋭く集束性が高いため、この光をレンズにより集束することにより極めて高いエネルギー密度を得ることができる。したがって集束したレーザー光を加工物表面に照射すると、被加工材は瞬時に加熱され、溶融または蒸発する。このようにレーザー光により、相手材料を局部的に加熱して行うのがレーザー加工¹⁾であり、エネルギーの集中度に応じて、図1に示すように、表面焼き入れ、溶接、穴あけ、切断、トリミング加工ができる。

レーザー加工は他の加工にはみられない特徴をもつが、その代表的なものを列挙すると以下の通りである。

- (1) 穴あけや、切断等の除去加工では、高融点材や硬脆材でも加工できる。
- (2) 非接触であるため、加工物を変形させず、また透明体を通して加工することもできる。

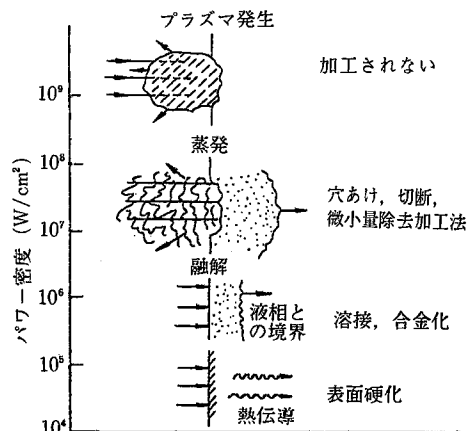


図1 レーザー加工の種類と所要パワー密度(小林)¹⁾

*東京大学生産技術研究所 複合材料技術センター, 第2部

** " " 第2部

(3) 光学を利用した加工であり、電気的入力により発振するため、加工の位置制御や自動化が容易である。

(4) 真空あるいは特殊な加工雰囲気が必要とせず、装置が簡単で取り扱いが容易である。

2.2 レーザー切断

レーザーによる切断は、一般の溶断加工と同様、被加工材を溶融蒸発させながら、所要輪郭形状に切断していくもので、加工効率を上げるため切断時に各種のガスジェットを噴射する場が多い。一般に木材やプラスチックの切断では、圧縮空気を補助ガスとして使用し、切断部の燃焼を防いでいる。また、特に酸化をきらう材料では窒素ガス、炭酸ガス、アルゴンガスなどの不活性ガスが使用される。

一方、金属の切断では、主として酸素が補助ガスとして用いられている。酸素噴射によって加工速度が大幅に増加することは言うまでもないが、その他にも、切断面粗さや縁だれ、熱影響域も減少し切断精度の向上も達成できる。

金属の切断加工では、被加工材の反射率などの光学的性質や熱伝導率や沸点等の熱的性質がレーザー加工特性に影響を及ぼす。一般に熱伝導率の高いCuやAlや表面が鏡面に近く研磨されたものは切断しにくい。現在金属切断用レーザーの種類としては、気体レーザーであるCO₂レーザーが用いられている。CO₂レーザーは波長が長い($\lambda = 10.6 \mu\text{m}$)ため多少切断効率は劣るが、レーザー効率がよく、高出力が得られる利点もあり、また前述のように酸素を補助ガスとして用いることで切断効率の問題を解決している。

3. レーザー切断による紙形抜き型

一般金属打抜き用の型製作について述べる前に、すでに実用段階に入っているレーザー切断による紙形抜き型の製作工程についてその概略を記そう。

紙形抜き型というのは、紙、布、革、ゴム、プラスチック等の軟質非金属材料の切断用で、図2のように硬質平板上に置いたシート板上、上方よりナイフ刃(スチール・ルール)を押しつけ切断する。

この抜き型は古くからあるもので、ナイフ刃の固定にはかなり厚手の木製合板が使われている。型の製作手順としては、合板上に抜き輪郭を描き、その線に沿って糸鋸で切断し、切断溝に輪郭形状に折り曲げたナイフ刃をはめ込んで抜き型とする。従来この作図と溝加工にはかなりの人手を要していたが、これをNCレーザー加工に置き換えることにより大幅な省力化と、工期の短縮が図られた。

図3はホルダーの木製合板(ダイボード)の切断中の写真であり、図4は溝切断を行った合板である。図の不連続の溝切りも鋸切断のようにいちいち下穴をあける必要がない。実際の抜き型はこの様な溝加工を大きな合板

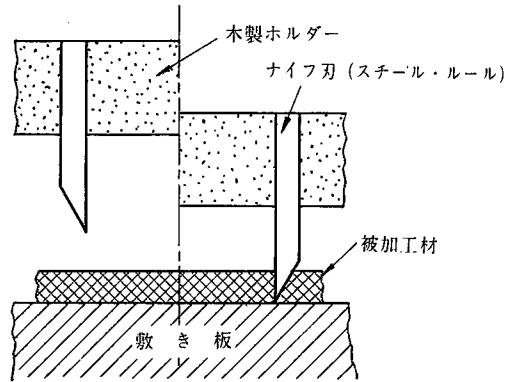


図2 ナイフ刃突切り型

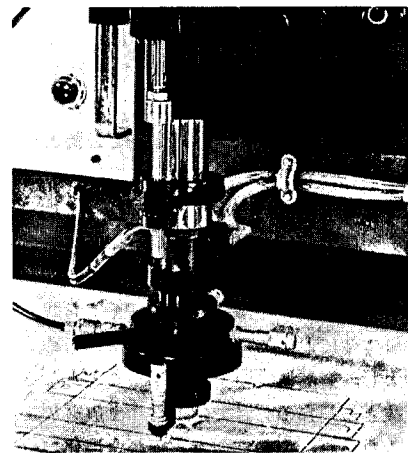


図3 レーザーによるダイボードの切断(エル・シー・シー社)²⁾

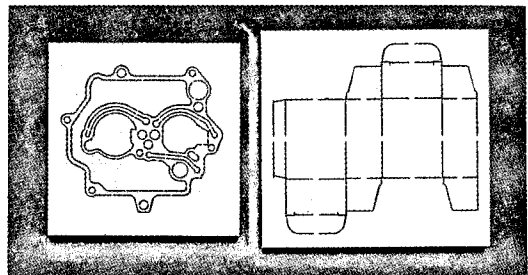


図4 レーザー切断された紙形抜き型用ダイボード(エル・シー・シー社)²⁾

上に繰り返して行い、大きなものでは一度に数十個以上抜ける抜き型が使われる。図の例では275 WのCO₂レーザーにより18 mm厚の木製合板に0.7 mmの溝を毎分3 mの速度で加工している。切断速度が早いと、繰り返しの溝切りができることにより、大幅な合理化が達成されている。

実際のレーザー切断による紙形抜き型の生産システム²⁾は、レーザー切断だけでなく、その前工程としてのテープの作成を含め図5のような形態をとっている。テープ作成は通常の図形の読み取り処理と同類のものであるが、

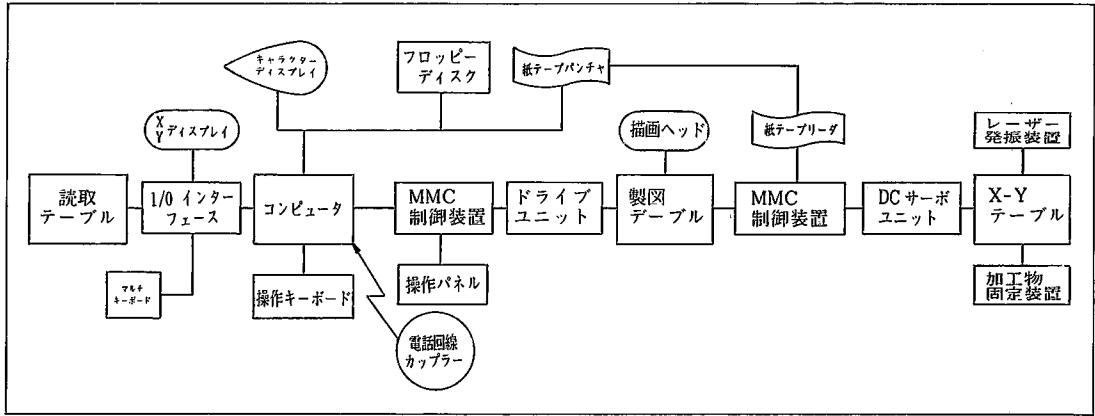


図5 紙形抜き型用ダイボード製造システム(エル・シー・シー社)

電話回線等を利用して、図面を送付し、レーザー切断機と共用する体制ができています。現在では、抜き型の形状とレイアウトが決まれば、図面を送付し、翌朝には切断されたボードが配送されるという。

4. レーザー切断による抜き型製造の可能性

4.1 レーザー切断加工の長所

レーザー切断加工では、一般の切断加工に比べて高精度の切断が可能であるばかりでなく、切断速度に関しても加工精度を問わなければ、抜き型製作に広く用いられているワイヤ放電加工よりも格段の高速加工が可能である。表1及び表2は各種板厚のチタン板をノコ切断、レーザー切断、酸素ガス切断、プラズマアーク切断、ワイヤ放電加工により切断したときの加工速度と加工費の比較を行った結果である。レーザーによる切断速度は通常の高速度の2~6.7倍にも達している。また、高速切断が可能と言われているプラズマアーク切断との比較では、被加工材が薄い程レーザー切断が有利となっている。これに加えてレーザーによる切断幅は他の加工法より狭く高精度の切断ができるという利点もある。切断コストに関しては、レーザー切断では設備費はかなり高いが、切断コストは最も安価となる。この他のレーザー切断の長所としては、電子ビーム加工やワイヤ放電加工のように真空中や水中で加工する必要がない。ワイヤ電極やそのための下穴加工が不要である等が挙げられる。

4.2 レーザー切断加工の問題点

上記のように、他の切断加工に比べて、レーザー切断加工には種々の利点も多いが、同時に別の大きな問題点が存在し、これらの解決なしには抜き型の製作に应用することは不可能であろう。

(1) 熱影響域の問題

レーザー切断加工は基本的には熱による溶断加工であるため、図6に示すように熱影響域^{4),5)}を生じる。この熱影響域は表3に示すように、他の切断加工に比べればかなり小さいが、熱影響域は元来溶融凝固層を端面に持つ

表1 各種切断法による切断速度の比較(J.R. Williamson)³⁾
(輪郭切断, 被加工材: チタンウム, ※鋼板による試算)

切断方法	平均切断速度 (m/min)		
	被加工材板厚(mm)		
	3	6	12
ノコ	0.11	0.08	0.03
レーザー	3.0	1.5	1.0
酸素・アセチレンガス	1.5	0.5	0.15
プラズマ・アーク	1.5	1.25	0.9
ワイヤカット※	0.007	0.0035	0.0017

表2 各種切断法による切断コストの比較(輪郭切断, チタンウム)³⁾

切断方法	設備費(ドル)	切断コスト(ドル/m)		
		被加工材板厚(mm)		
		3	6	12
ノコ	2,000	4.5	6.5	12.5
レーザー	96,000	2.1	3.6	3.8
酸素・アセチレンガス	39,000	2.2	4.0	4.2
プラズマ・アーク	39,000	2.1	4.3	4.7

表3 各種切断法による熱影響域および切断幅(Coherent 社)⁴⁾

	切断方法		
	レーザー	酸素アセチレン	プラズマ・アーク
熱影響域(mm)	0.25 0.76	6.35	2.54
切断幅(mm)	0.89 1.40	2.03	7.92

急熱急冷層であるため焼き入れ状態に近い組織を持つ。このため、この層はその硬度を図7に示すように通常の

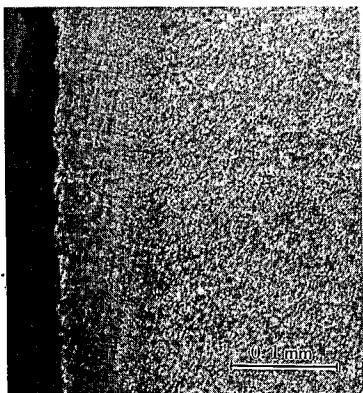


図6 レーザー切断による熱影響域 (550 W, CO₂ レーザー, 3.2 mm厚 SK材)

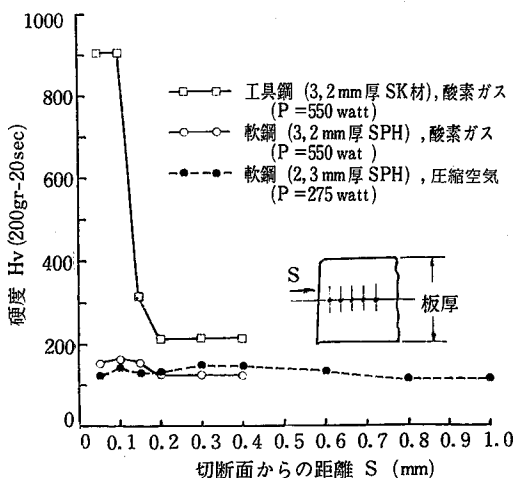


図7 レーザー切断面の硬度分布 (CO₂ レーザー, P = 275, 550 W)

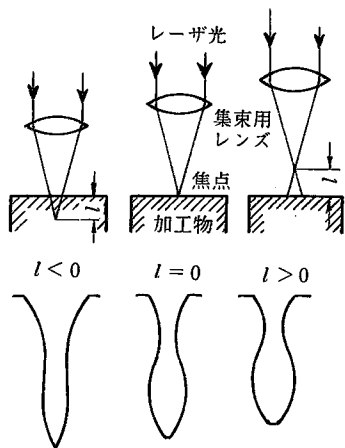


図8 焦点位置による加工穴形状の変化(草雍ら)⁶⁾ (S 35 C, $f = 20 \text{ mm}$, 照射エネルギー: 6.3 J)

焼き入れ可能な材料ではかなり硬くなるため、抜き型の切刃として用いた場合、切刃のチッピングを起こす原因となる。この熱影響域を少なくするには、パワー密度をさらに上げるか、酸素ガスを噴射して切断効率を上げ断熱的に切断すれば良い。しかしながら、放電加工ですら、熱影響域の存在により金型に欠けやチッピングが生ずる場合があることを考えれば、レーザーによる切断切刃をそのまま工具切刃として使用できる程度にこの熱影響域を減らすことは、ほとんど不可能に近いといえよう。

(2) 切断精度不足の問題

レーザー切断は他の溶断加工に比べて高精度の切断ができるといわれている。その一例として表3に切断幅の比較を示すが、レーザー切断では通常ガス切断の半分以下にあることができています。この切断幅は切断速度を上げれば減少しますが、レーザーの容量が増せば大きくなる。一方、この切断幅はレーザービームのスポット径: $d = (f \cdot \theta = 2.44 f \cdot \lambda / D)$, ここで f = 焦点距離, θ = 開き角, λ = 波長, D = ビーム径) で決まるため、焦点距離の短いレンズを使用すれば、切断幅をより狭くできることになる。しかしながら、金属板の切断に用いられるCO₂レーザーは波長が $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ と比較的に長いこと、及び作業性の点であまり短焦点のレンズを使用できないことを考えると、比較的大容量のレーザー加工機を用いても厚板の切断では切断幅を0.1 mm以下にすることは不可能となる。しかも、切口面にはテーパがつくため、ワイヤ放電加工のように高い切断精度(切断幅 $\pm 0.3 \text{ mm}$, テーパ無し)は望めない。

この切断面のテーパは被加工板が厚い程顕著に表れる。このテーパは図8のようにレーザーの焦点位置を調節したり、補助ガスに使用される酸素ガスの圧力を高めることにより、かなり改善できるが、完全になくすのは容易ではない。

また、レーザー切断でも、他の溶断加工と同様、金属板の板厚方向に切断の時間遅れが生じるため、曲線部、特にコーナー部では上面と下面の切断輪郭が一致せず、切断精度低下の一因となる。さらに、切断面にはかなりの粗さを持つ条痕が残る。この条痕は図9のように切断速度を遅くすることによりある程度は改善できる。また、レーザー切断加工では、切断面裏面にドロスと呼ばれる溶融金属が付着したり、切断初期のレーザービームの貫通穴が残るといった欠点もあるが、これらは酸素ガスの併用によりかなり改善できることがわかっている。

いずれにしても、抜き型の加工には最低でも $\pm 0.05 \text{ mm}$ 程度の精度が要求されることを考慮すれば、将来にわたっても、レーザー切断でこの寸法精度が得られるかどうかははなはだ疑問である。

(3) レーザー切断コストの問題

抜き型としての十分な強度を持たせるには、最低でも

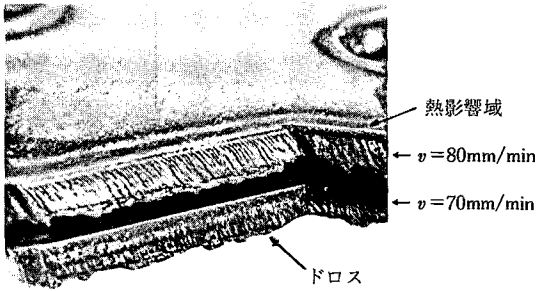


図9 レーザー切断による切口面(3.2mm厚軟鋼板, P=275W, 圧縮空気)

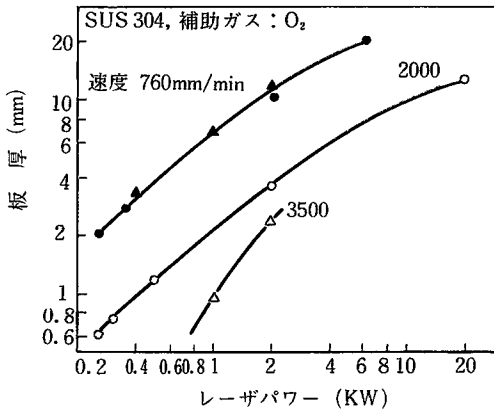


図10 レーザー出力と切断板厚の関係

10mm厚程度の鋼板を切断する必要がある。切断速度を遅くしたり、補助ガスの圧力を高くしてやれば小容量のレーザーでもかなりの厚さまで切断可能であるが、10mmの厚さを切断すると1kW以上の高出力のレーザー加工機に依らねばならない(図10)。将来はともかく、現状ではこの程度の出力のレーザー加工機はかなり高価であり、容易に購入できる段階とはいえない。もっとも、高速切断が可能であることから、十分な金型加工の需要があり、稼働率が高くなれば、この経済性的問題も解決されよう。

5. レーザー切断による抜き型の製作法

レーザー切断を抜き型製作に利用するには、以上述べた種々の問題点を解決する必要がある。問題点の中には、技術的な改良が見込まれてはいても、根本的な解決ができないものが多かった。そのことは、ワイヤ放電加工の代替としてレーザー加工を用いるというような単純な手法では抜き型は製作し得ないことを意味している。したがって、ここでは現在のレーザー加工の技術レベルを前提として、種々の工夫をして抜き型を製作することとした。といっても、レーザー加工の特徴が失われては意味がない。しかも通常の抜き型製作法にまさる利点をも併せ持つことが必要である。つまり、レーザー加工の高速性を

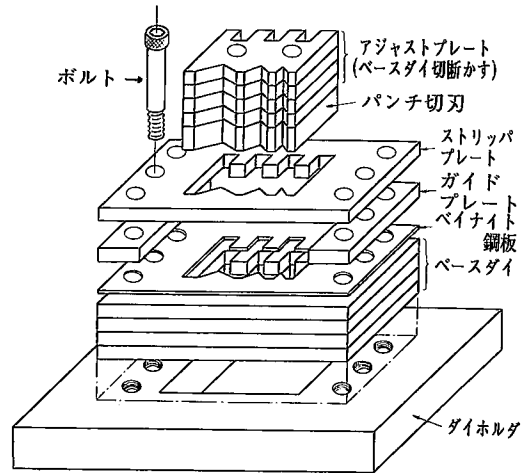


図11 レーザー切断加工による積層構造の抜き型⁷⁾

生かし、レーザー加工を荒加工として利用することとした。

5.1 レーザー切断による抜き型の構造

レーザー加工を用いることを前提に考えた抜き型構造は図11のようなもので、基本的には薄板を積層した構造となっている。その特徴を以下に示す。

- ① パンチ切刃は通常法で加工及び仕上げた焼き入れ鋼製のものを使用し、主としてダイス加工にレーザー加工を利用する。
- ② 必要なレーザー加工機の容量をできるだけ小さくして経済性を持たせるため、また切断精度を上げるため、必要な切断厚さを薄くする。したがって薄板金属をレーザー切断し、それを積層して厚さを持たせ強度を出す構造とする。
- ③ レーザー加工の高速さを活用し、打抜き輪郭のみならず、外周切断、穴あけもレーザー切断によって行う。できれば、図12に示すように抜き型構成部品のうちパンチ切刃とボルト類を除くすべての部品をレーザーによって加工する。
- ④ 熱影響域の問題は、使用する金属板として焼き入れ脆化のしにくい軟鋼を用いる。
- ⑤ 切断精度不良を補い切刃強度を増すため、ベリナイト鋼を積層する手法を採用する。この積層抜き型⁹⁾の製作法の概略と主たる特徴を図13及び表4に示す。
- ⑥ NCレーザー切断機を用い、抜き輪郭の入力のプログラムを除いて、自動加工とする。
- ⑦ ダイス用の切断かすをパンチアジャストプレートとして利用し、パンチ加工量をできるだけ減らしている。

5.2 型製作法

レーザー切断による抜き型の製作工程の概略⁹⁾を図14に示す。また、これにしたがって実際に試作抜き型の製作を試みた。使用したレーザー加工機はその仕様を表5に

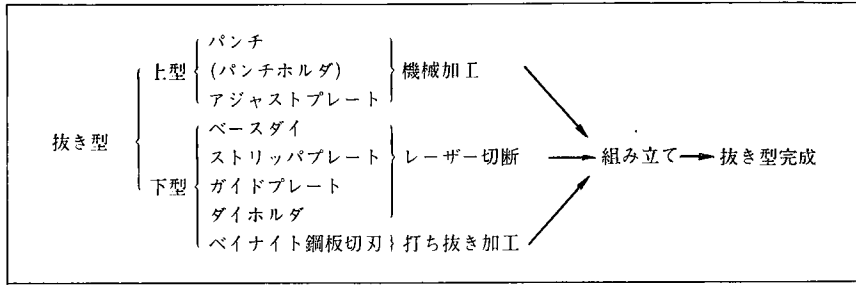


図12 抜き型加工におけるレーザー切断の利用

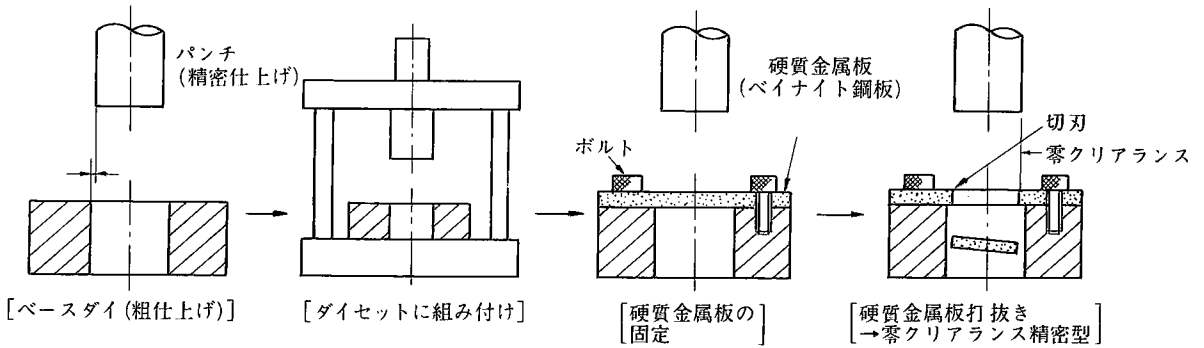


図13 硬質金属薄板積層抜き型の基本製作工程⁸⁾

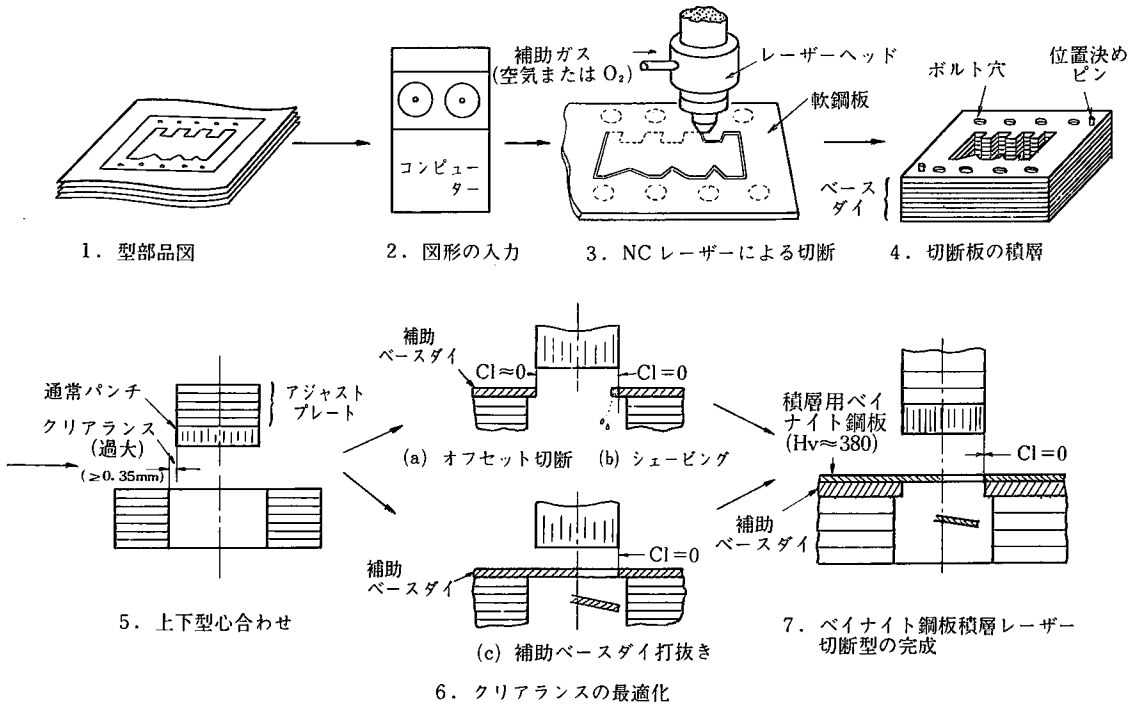


図14 レーザー切断加工による多重積層形式の抜き型の製作工程⁹⁾

示すように紙形打抜き型の製作に実用化されている比較的低出力 (275 W) の CO₂ レーザー加工機であり、補助ガスとして 3 ~ 4 kg/cm² の圧縮空気を用いている。木製合板切断用であるため、切断幅は 0.7 mm とかなり大きい。また、送り方式はレーザーヘッド固定、テーブル NC 送り方式である。以下に上記製作工程の詳細を順を追って説明する。

- ① 所要製品寸法と一致したパンチ (正確には 0.04 ~ 0.08 mm 小目) を通常法で製作する。このパンチ厚さは 10 mm 程度とし、あらかじめパンチ固定用ねじ穴をあけておく。
- ② NC レーザー加工機のテーブル送り用テープの作成を行う。切断輪郭は所要製品寸法のままとし、同時に外周切断および取り付け穴用バカ穴加工もプログラムしておく。また、ベースダイ最上部の鋼板用に打抜き輪郭よりやや小さく切断するプログラムも用意する。そのほかガイドプレート、ダイホルダ (鋼板+プラスチック) およびベイナイト鋼板 (外周切断と穴あけのみ) のテープ作成も行う。このとき、各部品間の共通加工部は図 15 のように入力し重複を避ける。
- ③ NC レーザー切断機により必要板材を切断し (図 16)、ばり取りを行う。
- ④ レーザ切断板 (図 17) を積層して、パンチとダイスを組み付け、プレス機械に取り付ける。この時ダイス側にはノックピンを打ち、積層板間の相対位置が変化しないようにしておく。

本来は上下型の型合わせ後、ベイナイト鋼板を打ち抜く工程に入るが、図 14 にも示したようにレーザー切断の精度不足や切断幅が大きい為、ベイナイト鋼板に比して両工具間の隙間が大きすぎる (この場合は 0.35 mm/片側) ことになり、うまく打ち抜けない。そこで以下に示すような方法で隙間を詰めることとした。

- ⑤ オフセット切断によりパンチよりやや小さい穴寸法の軟鋼板を用意し、切刃部のシェービングを行う (図 14, 6-b) か、穴のあいていない軟鋼板を打ち抜く (図 14, 6-c) かけて上下型の隙間を零にする。
- ⑥ 同じく、レーザーで切断した打抜き輪郭穴を持たないベイナイト鋼板 (図 17-d) とガイドプレート、ストリッププレートを組み付け、ベイナイト鋼板を打抜き、零クリアランスの精密な抜き型が完成する。図 18 はこのようにして作成したベイナイト鋼板切刃を抜き型より取り出したものである。

以上のようにして製作した抜き型の外観を図 19 に、またこの抜き型によって打抜いた製品を図 20 に示す。

この抜き型に使用した鋼板の厚さは 2.3 mm、切断速度は 100 mm/min、全体の切断に要した時間は約 1 時間

表 4 硬質金属薄板積層抜き型の主たる特徴⁸⁾

長 所	短 所
1. 型製作容易、短製作期間	1. ノックアウト不可 (順送り型で対応)
2. 低製作コスト	2. 製品穴縁のかえり大
3. 高強度	3. ダイ製作のみの簡易化
4. 高寸法精度	
5. 長寿命	
6. ダイ再研削の省略	

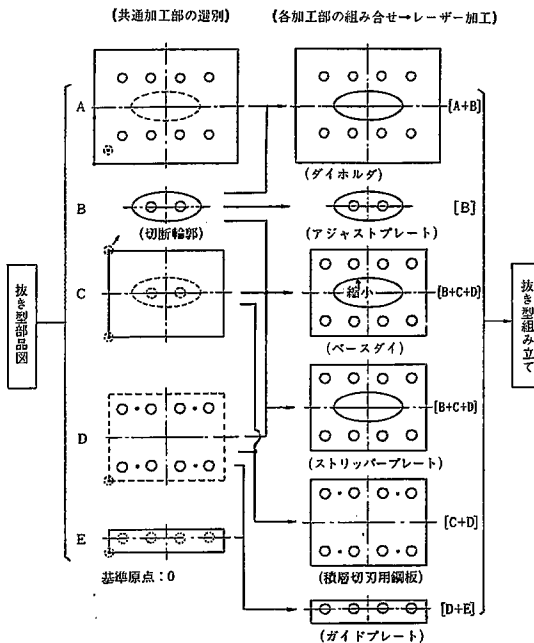


図 15 抜き型構成部品とその出入方法

表 5 試作抜き型製作に用いたレーザー加工機の仕様及び切断条件

レ ー ザ ー 加 工 機	種 類	CO ₂ レーザー
	発振出力	275 W
	焦点距離	150 mm
	切断幅	0.7 mm
	駆動方式	ラック送りテーブル駆動
コンピュータ	容 量	32 K
	言 語	Basic

部 品 名	被 加 工 材	切 断 速 度
ベースダイ他	2.3 mm 軟鋼板	100 mm/min
積層切刃	0.6 mm ベイナイト鋼板	200
ダイホルダ	18 mm 硬質塩ビ板	250

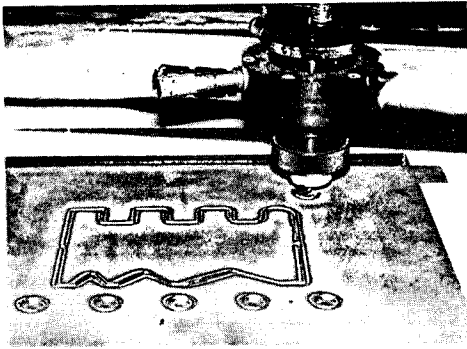
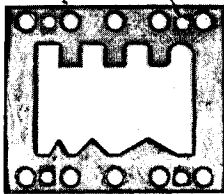
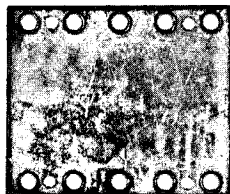


図16 NCレーザー加工機による型部品の切断

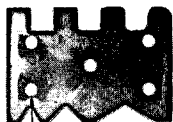
固定用ボルト穴 ピン穴(ドリル加工)



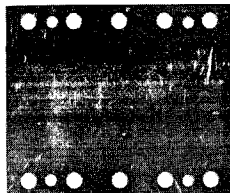
a) ベースダイプレート (2.3mm厚軟鋼板)



c) 補助ベースダイプレート (2.3mm厚軟鋼板)



b) アジャストプレート (ベースダイ切断かす)



d) 切刃用ベイナイト鋼板 (0.5mm厚)



e) ガイドプレート (2.3mm厚軟鋼板)



f) ガイドプレート (28mm厚PVC)

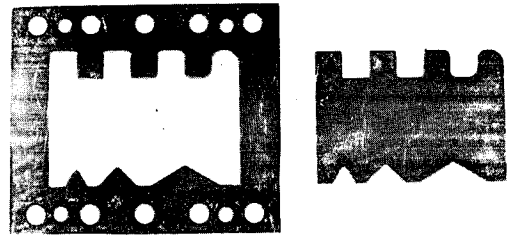
図17 レーザー切断された抜き型構成部品⁹⁾

半であった。これは、この程度の大きさの抜き型部品の加工時間としては驚異的な早さであると言って良い。

6. 順送り抜き型試作における製造時間と製造コストの試算

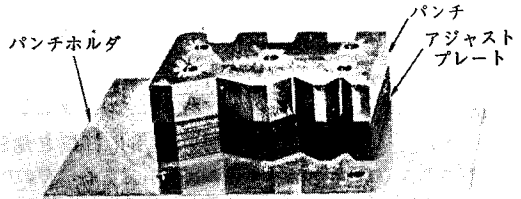
レーザー切断を用いて抜き型部品の加工を行う最も大きなメリットは型製造時間の短縮と型費の低減であろう。そこで、図21に示す順送り抜き型を例にとってそれらの試算を行った。

この抜き型では3.2mm厚軟鋼板を11枚切断し、そのうち8枚をベースダイとして、残りはガイドプレートと

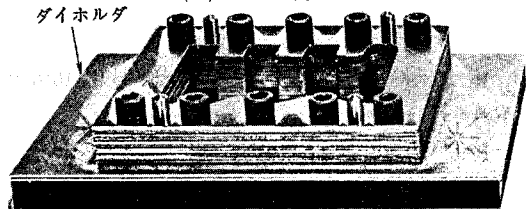


a) 切刃 b) 抜きかす

図18 ベイナイト鋼板切刃(パンチによる打抜き後)



(a) パンチ側



(b) ダイ側

図19 試作打抜き型

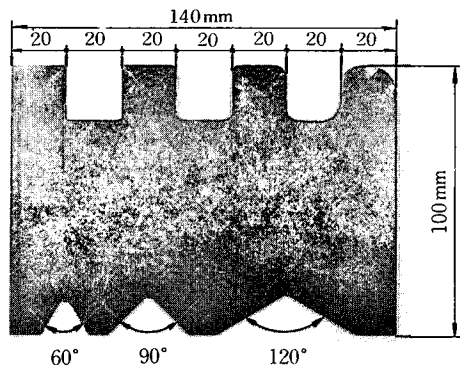


図20 試作型による打抜き品(0.8mm厚冷延鋼板)

ストリッププレートとして使用した。また、積層用硬質金属板として、0.8mm厚のスーパーベナイト鋼(Hv335)の外周及び取り付け穴をレーザー切断した。これらの切断には表6に示す550WのCO₂レーザーを用いたが、レンズの焦点距離が100mmと短いため、スポットサイズを $d \geq 0.2 \text{ mm } \phi$ に絞ることができている。そのため、切断幅も0.3mm以下に、すなわち、パンチとベースダイの間隙を0.15mm/片側程度に抑えることができ、補

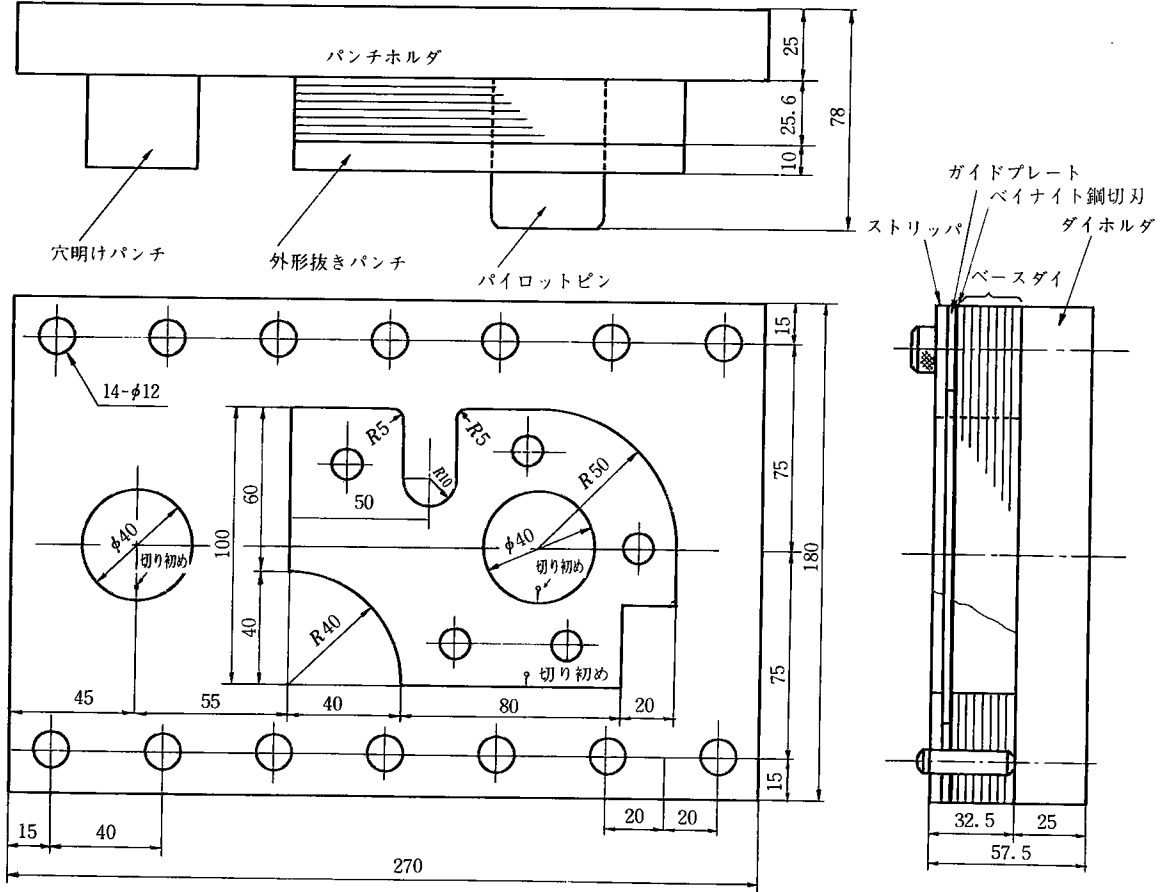
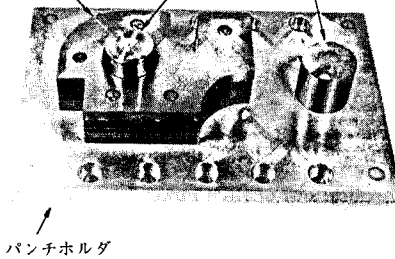


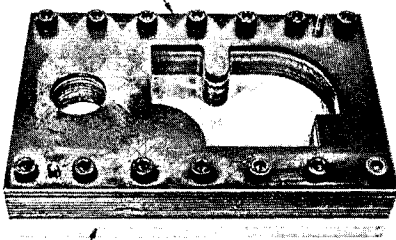
図 21 a) 型製造時間および製造コストの試算に用いた順送り型の構造¹⁰⁾

外形抜きパンチ パイロットピン 穴明けパンチ (φ40mm)



パンチホルダ

固定ストリッパ



ダイホルダ

図 21 b) 完成した順送り抜き型の外観¹⁰⁾



図 22 順送り型による打ち抜き品と抜きかす¹⁰⁾
(0.8 mm厚冷延鋼板)

表 6 順送り型製造用CO₂レーザー仕様¹⁰⁾

種類	CO ₂ レーザー
発振出力	550 W
ビーム径	φ 12 mm
焦点距離	f = 100 mm
切断幅	> 0.2 mm
補助ガス	O ₂
駆動方式	レーザーヘッド駆動
駆動速度	0 ~ 1000 mm / min

表7 順送り抜き型用部品の製造時間及び製造価格¹⁰⁾

部 品 名	材 質	板厚 (mm)	切断輪郭長さ (mm)	切断枚数	切断速度 (mm/min)	切断時間 (min)	切断単価 (円/分)	切断価格 (円)
ベースダイプレート	熟 延 鋼 板	3.2	2190	8	200	87.6	250	21900
ストリッパプレート	〃	3.2	2190	1	200	10.95	250	2738
ガイドプレート	〃	3.2	1128	2	200	5.64	250	1410
積 層 板	スーパーベynaイト鋼	0.8	1683	1	400	4.21	250	1052
計	1		7191	12		108.4		27100

助ベースダイは不要となった。各金型部品の切断条件と切断時間及び切断コストを表7に示したが、切断時間は1時間50分以内であり、その総切断コストも27,100円と通常法に比して大幅に低減された。

一方、この抜き型により0.8mmの軟鋼板を打ち抜きその寸法精度を測定した。製品と抜きかすの写真を図22に示すが、製品はパンチより0.1mm程大きく打ち抜かれているが、かえりの高さは最大でも0.01mmであり、懸念されたわん曲深さも0.3mmでこのような大きな製品にしてはかなり小さく抑えることができていた。また、上記のパンチとの寸法差も前述したように初めからこの分を見込んでおけば、より減少させられることがわかっている。

7. 結 論

レーザー切断加工の高速加工性と硬質金属板積層抜き型の高寸法精度とを組み合わせることにより、精密な抜き型を極めて短時間に製造し得ることを見出した。また、これにしたがって軟鋼板の多重積層形式の抜き型構造を考え、実際にNCレーザー加工機により抜き型の製作を行った。

その結果、この手法によれば、抜き型製造時間と製造コストの大幅な低減が達成し得ること、また、この抜き型は以下に示すような特徴を有することが明らかとなった。

- (1) 型精度はパンチ寸法精度で決まるため、レーザー加工精度が悪いことは問題とならない。
- (2) 切断時の急熱急冷によっても脆化しないようベースダイ材に軟鋼板を用いた。さらに、軟質材であるためシェービングが容易である。
- (3) 積層構造であるため切断厚さは薄くて良く、そのため比較的低出力のレーザー加工機が使用できる。
- (4) レーザー切断加工の高速性を生かして、鋼板の外形切断からボルト取り付け穴加工まで、すべてレーザー切断で行い経済性を高めている。
- (5) NCレーザー加工機の採用により、すべての加工を自動的に行い、大幅な省力化をはかっている。
- (6) 切刃はベynaイト鋼板であり、その強度と耐久性及び高寸法精度が得られることはすでに保証されている。

(7) ベynaイト鋼板積層型としての共通の利点、たとえば熟練を要せず簡便に製作できる、型合わせの苦勞なしに零クリアランス型ができる、再研削が不要である等の利点を持っている。

(8) この抜き型構造を標準化すれば、CAD、CAMシステムが容易に導入できる。

8. お わ り に

今回の試作によって、レーザー切断加工を抜き型製作に適用する上での問題点と、それを解決する一つの道を明らかにすることができた。と同時に最近の技術進歩の著しいレーザー加工機を考えると、あるいは、近い将来レーザー加工により抜き型製作が行われる時代が到来するかも知れないとの感触を得た。特に紙形抜き型製作で採用されている電話回線を利用した図面送付システムを発展させ、打抜き品の図形とブランクレイアウトさえ指定すれば、金型が自動設計され、ただちに金型部品の大半が切断され供給されるのは本研究者の夢である。

本研究を行うに当たり、レーザー切断装置をお貸しいただいた駒エル・シー・シー及び住友電機工業㈱に、また、実験に協力していただいた野口裕之技官、載豊樹氏(大学院学生)に厚くお礼申し上げます。

(1980年9月8日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林昭: レーザー加工(開発社)1973
- 2) エル・シー・シー社カタログ
- 3) J. R. Willaimson: Proc. of the SPIE, vol. 86. Industrial Applications of High Power Laser Technology, 1976
- 4) Coherent 社技術データ
- 5) A. Schachrai: Laser Beam Machining Proc. of the SPIE, vol. 164, 4th Electro-Optical European Conf., 1978, Utrecht.
- 6) 草薙, 勇田, 佐藤: 北大工学部研究報告, 53, 昭44
- 7) 中川, 鈴木: 精機学会秋季大会講演論文集(1979)
- 8) 中川, 鈴木, 大川: プレス技術, Vol. 17, No. 2 (1979)
- 9) 中川, 鈴木, 野口, 戴: 機械と工具, (1979-12) 62~66.
- 10) T. Nakagawa, K. Suzuki and H. Noguchi: Proc. of the 4th Int'l. Conf. on Prod. Eng. (1980) 820~825