

報 文

レーザ加工機の導入にあたって

茨城職業訓練短期大学校 伊藤 昌樹

Safety Considerations on Firstly Equipping The High Power Laser Systems for Material Processing.

Masaki Ito

要 約 最近、世の中における急速な技術発展に伴い、従来とは異なる加工手段が必要とされることが多くなっている。中でもレーザを用いた加工は、機械・電気・電子・原子力・宇宙航空など各分野の生産現場で定着し大きな効果を挙げつつある。このような状況に鑑み、一刻も早くレーザ加工技術を教育訓練に取り入れることが重要である。

各施設で、これから新しくレーザ加工機を導入する際に、考慮しなければならない点について明らかにしたい。

(1) レーザ及びレーザ加工についての知識を得ること。

レーザ加工に用いられるレーザの種類、レーザ加工の基礎、レーザ加工の特徴、レーザ加工の現状、今後に期待されるレーザ加工の分野。

(2) レーザ加工機の取り扱いに対する安全衛生対策を講じること。

レーザの安全衛生対策を考慮したレーザ加工機の選定、加工機の設置環境、加工機の使用条件。特に大出力レーザ加工機の取り扱い基準、レーザ加工機の安全教育と衛生対策の実際。

最後に茨城職業訓練短大における実際の計画、今後の展開などにも触れる。

I はじめに

レーザ加工機の高出力化、安定化などの急速な性能向上に伴い、この数年来、レーザ加工技術は各方面で広く実用化が定着してきている。金属材料はもとより、ファインセラミックスを中心とした新素材などの難削材料の加工手段としても、極めて有効なことが認められつつある。

レーザ加工法の大部分は、熱エネルギーを用いる加工法であって、高密度エネルギーを利用するため、取り扱いを誤れば大事故につながる危険性がある。

この先端加工技術をいち早く教育訓練に導入することが強く要望されているが、従来の工作機械や放電加工機などに比べて、新たな対応が必要である。とりわけ、レーザの安全衛生対策、及びそれに関する教育訓練について十分な配慮をした上で、加工機を設置すべきである。

本報においては、レーザ加工機の導入を検討する段階での基礎資料としてレーザ加工の基礎、現状と将来、レーザの安全衛生対策、レーザの安全衛生教育などを述べ、今後各施設でレーザ加工機導入の際の参考に供したい。

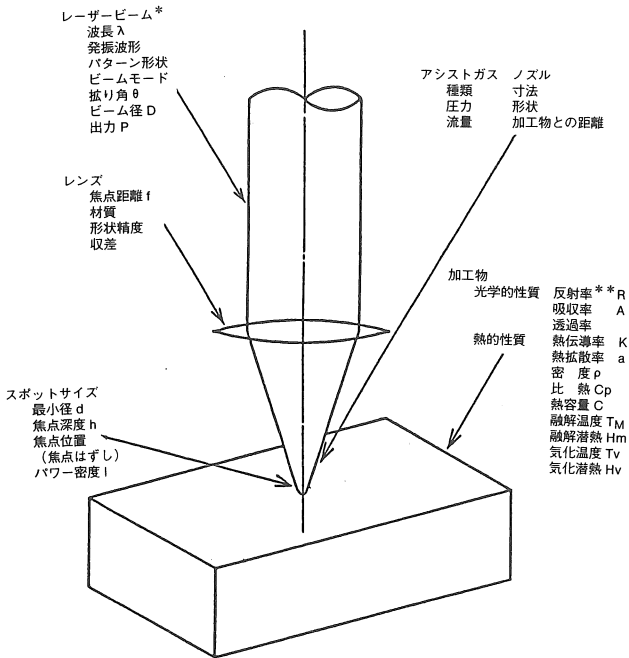
あわせて茨城職業訓練短期大学校で進めているレーザ加工機導入のための諸計画、教育訓練目標および新素材への適用のための実験計画などについてもふれたい。

II レーザ加工

1 レーザ加工の基礎

発振器から出されたレーザ光はレンズにより集光されて材料表面に照射される。集光されたレーザ光のパワー密度は、現在ある加工法のなかでは最も大きなもののひとつで、太陽表面のパワー密度の数千倍にもなる。

この大きなパワー密度を持つレーザ光を加工物に照射したとき、その一部は反射され、残りは材料内部に吸収される。吸収された光エネルギーはごく薄い層で熱エネルギーに変わり、材料表面の温度上昇をもたらす。レーザ照射を続ければ表面温度は材料の融点に達し、表面の融解が始まる。さらに表面温度が上昇すると材料の沸点に達し、蒸発気化が行われる。この現象を加工に利用する訳であるが、レーザ加工に関与する要因は図1に示すように非常に多岐にわたっている。



* 発振器 (安定性、操作性、安全性、価格、ランニングコスト、耐震、耐塵性など)
 発振形式 (連続、パルス—パルス幅、繰り返し、出力—平均、ピーク値など)
 伝送系 (伝送、分配システム、光ファイバなど)
 ** 加工物種類、面粗さ、表面状態、温度、パワー密度、レーザー波長などの関数

図1 レーザ加工に影響する諸要因

2 加工に用いられるレーザーの種類

レーザーの種類は、レーザー発振の媒質の違いによって固体、気体、イオン、半導体などに分けられる。現在加工用に使われているレーザーの種類は表1に示すとおりである。

生産現場で最も多く使用されているのは、固体レーザーとしてYAGレーザー、気体レーザーとしてCO₂レーザーが主であり、いずれも大出力で連続発振と高速繰返し発振が可能である。

その他、イオンレーザーのうちのArレーザー、あるいはエキシマレーザーなどの短波長レーザーが新しい用途に有力なレーザーとして注目されている。

3 レーザ加工の特徴

レーザー加工の長所⁽¹⁾をあげると次のようになる。

- (1) 光を利用する加工法である。光学系の利用により加工位置を正確にきめることが容易であり、従来の方法では難しいとされていた場所にいろいろな角度で加工することができる。またYAGレーザーに対して、オプティカルファイバをうまく使うことにより同時にあるいはシーケンシャルに多点加工が可能となる。
 - (2) 非接触加工である。工具と加工物とが接触することがないので、工具磨耗・加熱・破損などに基づく切れ味変化を生じることがない。
 - (3) 熱加工である。材料の硬度に関係なくダイヤモンド、貴石、セラミックスなどの硬脆材料でも容易に加工でき、マイクロ加工を行うことができる。
 - (4) パワー密度を広範囲に変化させることができる。レーザー照射時間との組み合わせで、同一のレーザー加工機を用いて、穴あけ、切断などの除去加工ばかりでなく、溶接、熱処理あるいは付加加工などの広範囲の加工を行うことができる。
 - (5) 加工ひずみや熱影響層の少ない加工ができ、加工物への汚染がほとんどない。
 - (6) レーザ光の波長によっては透明体を通しての加工が可能である。
 - (7) 電子ビームのような真空中作業の必要がない。
 - (8) 作業者の熟練を必要としないので、基礎的な教育訓練を行えばすぐに作業に従事することができる。
- 一方、レーザー加工の短所としては次の点があげられる。

表1 加工に用いられるレーザーの種類

種類	波長 (μm)	発振形式	出力 (kW)	平均出力 (W)	パルス幅 (ms)	パルス繰返し数 (pps)	主な用途
固体	ルビー	パルス	10 ²	—	0.2~5	~1	穴あけ、スポット溶接
		連続	~	3~600	—	—	はんだづけ、ろうづけ
	YAG	連続	10~20	200	0.1~0.5	~5 × 10 ⁴	トリミング、スクライビング、アニーリング、マーキング
		パルス	低速繰返し 高速繰返し	10~20 ~1	3~600 3~600	0.05~10 1~20	~50 100~200
ガラス	1.063	パルス	~10 ²	—	0.2~8	~3	穴あけ、スポット溶接
気体	CO ₂	連続	—	~2 × 10 ⁴	—	—	はんだづけ、マーキング (~100w)、 切断、溶接、表面処理 (1 kW~)
		パルス	~10 ⁴	500	0.1	100	穴あけ、切断、溶接
		TEAパルス	5J/pulse.	~600	—	2~10	マーキング
イオン	Ar ⁺	連続	—	~18	—	—	マスクリペア、パターンジェネレータ など半導体関連
		パルス	1J/pulse.	100	0.05	~100	パターンジェネレーター、 マイクロ加工
エキシマ	Xecl	パルス	—	—	—	—	—

(小林昭：日刊工業新聞社通信教育テキスト、1986)

- (1) 装置が高価で、初期投資額が大きい。又、修理部品も高い。
- (2) ある種の金属を長波長のレーザー光で加工する場合、上仕上げの表面からの反射率が高く、レーザーエネルギーが入りにくいため、反射防止処理などの必要がある。
- (3) 切断面にテーパがついたり、切り離し時にバリができる。公差が厳しい穴については後仕上げの工程が必要になる。

Ⅲ レーザ加工の現状と将来

1 各種加工法の現状

現在、生産現場では多くの種類のレーザーが用いられて、様々な加工が行われているが、代表的なレーザーを用いた加工法について簡単にまとめてみる

(1) 穴あけ加工

穴あけ加工はパルス発振のレーザーの方が材料に与える熱影響が小さくて有効である。しかし、1回の照射で加工される穴深さがそれほど深くないため、繰り返し照射する必要がある。

ダイヤモンド、ルビー、サファイヤ、セラミックスなどの硬脆材料の穴あけでは、1パルス当たりの照射エネルギーを大きくすると熱ひずみによりクラックが入ったり、場合によっては割れてしまうことがある。そこで、このような材料の加工では1回当たりの照射エネルギーを小さくして、繰り返し照射する必要がある。プラスチックやゴムの穴あけには、バリがでないきれいな均質穴が得られるという利点を生かして、CO₂レーザーが多用される。航空機タービンエンジン用燃料噴射ポンプの噴出穴や外科用注射針の穴加工にガラスレーザーが、そして Hastelloy 製のタービンブレードの空気冷却穴加工に YAG レーザが用いられている⁽²⁾。

この外、セラミックス類への穴あけに CO₂ レーザが広く用いられている。

(2) 切断加工

CO₂ レーザが大出力化するにつれて、金属材料の切断にレーザーを利用して、フレキシブル生産システムに寄与しようという動きが活発となってきた。初期は NC パンチプレスと併用で CO₂ レーザを使う方式であったが、最近では NC 制御のテーブルを用いて加工材料を動かしたり、レーザー光の動きを NC 制御したり、あるいはロボットと組み合わせた3次元加工をねらったものが製品化されるようになってきた。

このほか、宇宙航空あるいは自動車用複合材料や、セ

ラミックス、プラスチックなどの切断に使われている。

(3) スクライピング

セラミックス類のスクライピングには CO₂ レーザが多く使われる。

レーザースクライピングは高速で非接触加工であるため、生産性向上および製造プロセスの自動化には最適である。とくに Si ウエハの上にガラスコートしてある場合、あるいは基板にサファイヤやアルミナセラミックスを用いる場合に有効である。

(4) トリミング

IC, LSI などの半導体デバイス、混成集積回路(ハイブリッド IC, HIC)の抵抗、コンデンサなどの回路素子、また水晶振動子などの部品を設計値に設定するためトリミングによる最終調整が必要となる。

トリミングに用いるレーザーとしては、超音波 Q スイッチによりピーク値数 KW のパルス発振が 0.1~30kHz の繰り返しで得られるシングルモード YAG レーザが用いられる。繰り返し Q スイッチパルスの周波数はトリミング速度によって設定される。

(5) マーキング

高速繰り返し Q スイッチのついた YAG レーザを用いガルバノメータ型ビームスキャナを利用して、毎秒約 10 文字の刻印ができるものや、パルス発振 YAG レーザと光ファイバとにより、半導体ウエハ上に作製されたペレットのうちの不良品に、ドットマークをつける方法が実用されている。

(6) マスクリペア

フォトマスクの残留欠陥部分にレーザー光を集光照射して、欠陥部分の金属を瞬時に気化するようにして効率よく修正できる装置が実用化されている。^{(3),(4)}

周囲への熱影響を及ぼすこともなく修正できるし、マスク自動検査装置と組み合わせて結果の検査も同時に簡単にできる。サブミクロンのパターン修正装置も作られている。

(7) アニールング

集積回路の微細化に対応する低温プロセスとして注目されており、レーザーアニールングと呼ばれている。基板材料の種類に応じて、Ar イオンレーザー、YAG レーザ、CO₂ レーザの連続発振レーザーや高速繰り返し Q スイッチ YAG レーザ、ルビーレーザー、ガラスレーザーのパルス発振レーザーなどが選択利用されている。

(8) 溶接

CO₂ レーザを用いた厚板・大寸法部品の溶接は、鉄鋼や自動車関係で実用に入りつつある。国内で 5KW CO₂

レーザを用いた NC 自動溶接機が稼動している。また、10KW クラス CO₂ レーザを用いて、自動車用薄板の突き合わせ溶接をしている例がある。

YAG レーザを用いた小形部品のマイクロ溶接は、電気・電子工業方面を中心として大きな伸びを示している。とくにオプチカルファイバを利用した同時多点溶接は、カラブラウン管用電子銃部品の量産組立工程に大きな威力を発揮している⁽⁵⁾。

YAG レーザを用いたはんだ付けは扇風機組立ライン⁽⁶⁾、基板上のチップ部品の装着など⁽⁷⁾に用いられるようになった。

(9) 表面処理

アメリカの GM 社で、パワーステアリングギヤハウジングあるいはジーゼルエンジンシリンダライナの内面局部硬化ラインに実用化されて以来、レーザ加工の新しい応用分野となった。トランスに用いられる電磁鋼板の鉄損改善を行った製品も販売されている。また船用ジーゼルエンジンに使われるシリンダのピストンリング溝の硬化などに用いられるようになった。

(10) エッチング

化学液中あるいは反応性ガス雰囲気中における熱分解や光分解効果を利用する。用いられるレーザとして CO₂、YAG、Ar のほか Kr、XeCl、ArF レーザなどがあり、セラミックス、半導体のほか金属や石英などにも試みられている。

2 代表的レーザメーカー

日本で固体レーザ加工機が実際に使われるようになったのは1970年頃からであって、ルビーレーザ加工機によるものであった。現在では固体レーザ加工機の大部分は、YAG レーザ加工機であり、ほとんどすべて国産のものが使われている。

これに対して CO₂ レーザ加工機の利用や国産化は大分遅れた。1975年頃から KW クラスの CO₂ レーザ加工機を輸入設置して、加工適用研究を始めたのが最初と考えられる。

1980年代から国産化が始まり、現在多数の製造メーカーが低出力から大出力までかなり広範囲のものを製造販売するようになっている。

日本における代表的レーザメーカーをあげると表 2 の様になる。

日本において1986～1987年度における YAG 及び CO₂ レーザの使用実績は、表 3 に示すとおりである⁽⁸⁾。

3 今後に期待されるレーザ加工の分野⁽⁹⁾

光産業技術振興協会の予測によれば、表 4 に示すとおり、レーザ加工機の将来は誠に輝かしいものであるとされている。また表 5 に示すものは、1991～1992年度における YAG および CO₂ レーザの使用予測を表したものである⁽⁸⁾。表 3 と比較して見て、5年後に急伸するであろう分野がよくわかる。

加工用レーザとして、CO₂ レーザはさらに大出力化し、20～25KW のものが商品化され、かなりの出力を伝達できるオプチカルファイバが開発されるであろう。YAG あるいはガラスレーザで数 KW クラスのものが開発され、さらにこれよりも短波長領域で高出力のものも得られるであろう。

これからのレーザ加工技術として考えていく必要のあるものは、微細加工であり、三次元形状加工である。エキシマレーザを含め、加工に使用できるレーザの波長が短くなるにつれ微細加工への適用が期待される。

また、レーザ加工は非接触加工であるので、二次元形状精度制御はかなりのところまで追究できるが、三次元形状制御を高精度で行うことが実現されれば、金型のような自由局面加工の分野をはじめとして、レーザ加工分野は飛躍的に拡大するであろう。(表 6 参照)

表 2 代表的レーザメーカー

CO ₂ レーザ	三菱電機、東芝、日立、日平トヤマ、松下、アマダ、三菱重工、小松製作所、ジャパックス
YAGレーザ	日本電気、東芝、ジャパックス、日平トヤマ

表 3 YAG および CO₂ レーザの使用実績 (セット数)

YAG レーザ	切断	溶接	マーキング	熱処理	半導体スクライビング	半導体トリミング	フォトレジマト描画	計
	30	210	110	10	5	330	55	750
CO ₂ レーザ	切断	溶接	マーキング	熱処理	セラミックススクライビング			
	240	30	50	15	45			

(Laser Focus, Sept., 1987)

Ⅳ レーザの安全衛生対策

レーザー加工は、高パワー密度のレーザー光線を利用するものであるから、教育訓練の場で使用するにあたっては、特に安全衛生上の対策を最優先で考慮すべきである⁽¹⁰⁾。

レーザー加工機に関する基準がまだ完全には整備されていない現状から、労働安全規則⁽¹¹⁾や労働省通達⁽¹²⁾、中央労働災害防止協会の資料⁽¹³⁾などを参考に、教育訓練の場で必要な安全衛生対策をまとめてみると次のようになる。

表4 レーザ加工機の生産予測

	1980年	1985年 (単位100万円)	1990年	2000年	
穴あけ加工	200	7,700	26,500	48,100	
切断加工	900	12,000	48,100	123,000	
表面処理	—	4,800	20,700	53,500	
溶接	400	6,200	31,200	117,600	
半導体加工用*	1,500	9,700	29,600	192,500	
計	3,000	40,400	156,100	534,700	
年平均成長率(%)		68%	31%	13%	
*スクライバ、トリマ、マーカ、マスクリペア、レーザーアニール					
	(生産構成比%)				
穴あけ加工	8	19	17	9	
切断加工	31	30	31	23	
表面処理	—	12	13	10	
溶接	15	15	20	22	
半導体加工用	46	24	19	36	
レーザーの種類別生産金額(単位100万円)					
気体	He-Ne	1,500	2,500	3,000	2,840
固体(除ガラスレーザー)	Ar	80	800	3,000	3,410
	CO ₂	500	3,870	30,000	50,550
	計	300	3,500	13,500	46,200

(光産業技術振興協会)

表5 日本において1991~1992年度におけるYAGおよびCO₂レーザーの使用予想(セット数)

YAG レーザー	半導体				計
	切断	溶接	マーキング	熱処理	
100	840	1100	45	30	3345
半導体トリミング					230
フォトレジスト描画					150
セラミック					1980
CO ₂ レーザー	切断	溶接	マーキング	熱処理	計
720	130	610	370	150	1980

(Laser Focus, Sept., 1987)

表6 今後に期待される新しいレーザー加工法

気化蒸発を利用した除去加工	三次元形状加工、表面クリーニング、マイクロ加工
気化蒸発を利用した付着加工	PVD、セラミック被覆、溶射
溶融を利用した材料合成	新材料合成、単結晶育成、ファイバ生成、再結晶化、アニーリング
溶融を利用した表面改質	硬化、合金化、クラディング、グレーズング
化学反応を利用したプロセスング	CVD、めっき、樹脂硬化、感光、エッチング

1 レーザ加工機の選定

レーザー加工機には多くの種類があり、その用途も多岐にわたっている。

このため、共通にいえることは安全防護機能が組み入れられた加工機、すなはち次の①~⑤の代表的な危険性に対する対策を施してある加工機を選定することが大切である。

- ① レーザ光線の被爆による危険性への対策
- ② 高電圧による危険性への対策
- ③ 誤動作による危険性への対策
- ④ 関連機器の故障による危険性への対策
- ⑤ 動力源の異常による危険性への対策

特に異常時における非常停止用スイッチ、レーザー光線の出射口部のみに関口をもつ密閉式の保護鏡体が使われた形式のレーザー発振器、機械的にレーザー光線を遮断するビーム遮断器(シャッター)やレーザー光線の出力を人体に障害を与えない程度の低出力までに減衰できる減衰器、そして警報装置などを備えている加工機を選定する必要がある。

2 レーザ加工機の設置

レーザー加工機は単独で設置されることはまれで、連動する各種関連機器と組み合わせて、システムとして設置されることが多い。

このため災害防止のための設備や関連機器を含めた全体の設備の中で安全に作業できる空間を確保することが大切である。

加工機設置のための条件は、次のことを考慮する必要がある。

(1) 配置

イ レーザ加工に係る作業を安全に行うために必要な作業空間が確保できるよう配置すること。

ロ レーザ加工機を運転するための操作部分は、クラス 1 またはクラス 2⁽¹⁰⁾の被爆放出限界を超えるレーザ光線の放射を受けるおそれのない位置であって、かつ、操作者がレーザ加工機の作動を見渡せる位置に設置すること。

ハ レーザ出力計、放電電圧計、放電電流計等の計器は、見やすい箇所に設けること。

(2) 設置環境条件

レーザ加工機の誤動作を防止するため、望ましい設置環境についてまとめると次のようになる。

イ レーザ加工機の使用温度範囲を制限するものはそれを構成する電気機器、レーザ発振部及び油圧駆動部である。それらの使用温度は通常 5℃～35℃に設計されている。従ってその温度範囲を越える環境で使用する場合には制御盤をエアーコンディショニングする必要がある。

ロ 湿度の高い場所では冷却水管、加工レンズの冷却部表面及び運転休止中の制御盤の中などに水分の結露を生じ、絶縁不良や腐食を起こして故障の原因となる。防露対策が必要である。

ハ 切断、穴あけ、トリミングなどの除去加工では、多量の粉じんが発生する。機械的ろ過方式の集塵装置を設置して、レーザ排ガスの除じんと屋外排気を行うことが必要である。

ニ レーザ加工機の制御回路には半導体、IC が多く使用されており、電磁ノイズにより誤動作を起こしやすいので、ノイズ対策を講ずることが望ましい。

ホ 振動に対して考慮する。特に光学系は耐震構造とする。

ヘ 防爆対策を講ずる。

3 レーザ加工機の使用

レーザ加工機の使用にあつては次の措置を講ずることが必要である。

(1) 作業規程

作業規程を作る必要がある。とりわけ、レーザ加工機の操作においてキーの管理は重要であり、不用意、不注意な使用が行われないうに、レーザ加工機の不使用時には、キーは操作盤から取り外して管理するよう作業規程に定める必要がある。

(2) 管理区域の設定

管理区域を設定することが基本となる。管理区域の出入口の近くの見やすい箇所には、次の表示を設けること。

イ レーザ管理区域のラベル

ロ レーザ機器管理者の氏名

ハ レーザ光線の危険・有害性

ニ 取扱上の注意事項

ホ 管理区域の配置図

(3) 管理区域内における作業に係る措置

作業者の安全を確保するためには特に、イ～ニの措置を講ずることが必要である。

イ 操作盤及び制御盤への表示

所定の作業者以外の者が、不用意にレーザ加工機を操作することを防止するために、操作盤、制御盤等の安全を確保するための必要な箇所に対して、作業中である旨のわかりやすい表示をすること。

ロ 目の保護

レーザ光線に被爆するおそれがある場合には、当該作業者に使用するレーザ光線の出力、波長に応じた適正な保護眼鏡(保護眼鏡には同等の性能を有するフィルターを含む)を使用させること。

ハ 保護衣等の着用

レーザ光線に被爆するおそれのある場合には、燃えにくい素材を用いた保護衣を作業者に着用させること。

ニ 危険物の放置禁止

管理区域内には、爆発性又は引火性のもを放置してはならないこと。

(4) 作業環境

作業環境についてもつぎのことを考慮する必要がある。

イ 照度

必要な照度は作業内容により、JIS Z9110「照度基準」に準拠することが望ましい。

ロ 作業場の雰囲気

切断、穴あけ、溶接、表面改質等レーザ加工により被加工材から毒性のある加工副生成成分が発生する恐れがあるので、捕集して屋外排気する必要がある。また着臭のはなはだしい場合や毒性成分の濃度が高い場合には、適合する排ガス処理装置を設置すべきである。

さらに、酸素濃度が高い場合、難燃性のガスでも燃えやすくなるため、火災の発生に対する十分な配慮が必要である。

ハ 有害光線

レーザ加工機からは、レーザ光線以外にフラッシュランプおよびCW レーザ放電管から放射される紫外線、さらに、フラッシュチューブおよび励起源から放出される可視および近赤外光等、その他加工に伴って発生される有害光線も、危険をもたらすのに十分な放射輝度を有することがあるので、それぞれの波長、出力に応じた保

護具等を用いるなど、適切な対策が必要である。

ニ 騒音

騒音発生源として冷却装置、駆動部や加工時の音などが考えられるが、教育環境を考えると、会話妨害、精神作業の能率低下、学習への影響を防ぐためには、50dBA以下⁽¹⁴⁾に騒音を抑える対策が必要である。

V レーザの安全衛生教育

安全衛生に関する教育の充実、設備の向上、適切な管理の実施とならんで、安全衛生を確保するための大きな柱である。

学生には、基本的な留意事項を完全に守れば、レーザー加工機は作業者に危険を及ぼす恐れがないが、場合によっては重大な危害を与え得るものであることを、十分に認識させる必要がある。

レーザー加工機を使用する学生に対して行う教育には、次の内容が含まれる必要がある。

1 レーザ及びレーザー加工の基礎知識

(1) レーザの種類

固体、気体、イオン、エキシマ、半導体、色素レーザーについて、構成・波長・発振形式・出力など

(2) レーザの性質

(3) レーザ加工の基礎

(4) レーザ加工の種類、現状と新しい分野の展望

(5) レーザ加工の特徴

(6) レーザ加工機の構造

2 レーザ加工機の取扱い基準

レーザー加工機の操作、取り扱い方法の内容、手順、異常時その復旧時の処置、共同作業時の注意事項などについて規定を定め、これにより学生に作業を行わせること。

(1) キースイッチ等のキーの保管管理

(2) 起動方法、スイッチ等の取扱い方法等、作業において必要となるレーザー加工機の操作の方法及び手順

(3) 入出力端子の取扱い方法及び当該端子を開放する場合の危険防止措置

(4) 教示、確認等の作業を行う場合にあっては、当該作業中の可動部分の速度

(5) 複数の作業者に作業を行わせる場合における合図の方法

(6) 異常時に作業者がとるべき、異常の内容に応じた措置

(7) 非常停止装置が作動し、レーザー加工機の運転が停止

した後、これを再起動させるために必要な異常事態の解除の確認、安全の確認等の措置

(8) (1)~(7)までの事項のほか、レーザー加工機の不意の作動による危険またはレーザー加工機の誤動作による危険を防止するために必要な措置。

3 レーザ加工の安全教育

レーザー加工機を使用する学生に対して行う教育には、次の内容が含まれること。

(1) レーザ光線の性質

(2) レーザ光線の生体に対する影響

(3) 安全装置及び保護具の性能並びにこれらの取扱い方法

(4) 異常時の措置

(5) 緊急時の措置及び退避方法

これらは、講義形式の学科教育のみによることなく、導入する機械をじかに操作させる等により、実際の作業環境に出来るだけ近い雰囲気を実技教育すること。

特に、(4)、(5)項については、想定されるトラブルを出来るだけ多く想定し、そのとき作業者がとるべき措置の内容及び方法を、実技を通じて十分に教育しておく必要がある。

4 レーザ加工機の使用にあたっての衛生対策

(1) 健康管理

レーザーが生体に及ぼす影響をよりいっそう熟知し、十分な注意を払う必要がある。

イ 眼の障害

熱作用、光化学作用により視力の低下、白内障、網膜火傷、網膜障害、眼底出血等が起こり易いので、定期的な検査を行う必要がある。

ロ 皮膚の障害

高出力のレーザー光線に対する過度のばく露を受けると軽度の紅斑から水泡形成、熱凝固、炭火までの変化が起こる。

(2) 発生ガスおよび酸素

加工中に発生するガスおよび酸素の知識も大切である。

イ 加工補助ガス

(イ) 切断、穴あけ加工における酸素

(ロ) 溶接加工ではアルゴンまたはヘリウム

(ハ) 表面改質ではアルゴン

ロ 加工副生成分

切断加工ではCO、CO₂、O₃、プラスチックの分解成分ガス、金属ヒューム

ハ ガスレーザーの廃レーザー媒質

CO₂ レーザからの CO₂、CO、He、N₂ 等加工補助ガスの使用量は比較的多い。

これらのガスのうち、有害性、爆発性のあるものについては、特に注意が大切である。

また、酸素は無色無臭で、可燃物の燃焼を支える支燃性ガスのため、思いがけぬ災害を引き起こす。酸素の濃度が高いときに作業中に火がつき、消火できず悲惨な災害を起こした例もあるので、特に安全衛生教育を徹底させる必要がある。

VI 茨城短大における計画

レーザー加工を教育訓練に導入するにあたり、安全衛生面に十分配慮しながら次のような計画で準備を進めている。

1 設置環境

現在建築中である実習場の複合加工実験室の概略を示す。

- | | |
|-----------|--|
| (1) 実験室面積 | 61.25m ² (8.75m×7m) |
| (2) 空調 | 20℃±3℃
湿度60%±5% |
| (3) 防塵対策 | 加工機テーブルに集塵装置の設置
加工機上部の天井に、大型ロスナイの換気扇の設置 |
| (4) 防振対策 | 床の縁切り |
| (5) ノイズ対策 | |

2 レーザ複合加工機

幅の広い加工を可能にするレーザー複合加工機を設置する。

加工機は前項IV-1 レーザ加工機の選定についてを満たしたうえで、CO₂ レーザ加工機と YAG レーザ加工機を加工テーブルを共通にして一体化させる。

また、YAG レーザは光ファイバの利用によってフレキシブルな加工が可能となる。

3 安全衛生対策

管理区域を設定し、関係者以外の立ち入りを禁止する。加工テーブルは、波長の異なるレーザーを使用するため、特に不透明、不燃性の材料でのカバーを施す。

使用ガスはボンベ室を設けて隔離する。また、作業にあっては、保護眼鏡・不燃性の作業着を着用する。

4 教育上のカリキュラム

レーザーによる除去加工、接合加工、表面改質、微細加工など一連の加工を教育することによって、加工のメカニズムを理解させる。特に、ファインセラミックスをはじめとした新素材や、FRP などへの適用実験を行わせることにより、レーザー加工機の取り扱いに対する実際の体験を積み重ねる。

超精密加工法 2 単位、基礎工学実験 4 単位、レーザー加工実習 2 単位、卒業研究 14 単位とする。また、校内の共通施設として各科の教官が、それぞれの目的での使用も計画している。

以上のように多くの計画のもとに導入を進めようとしているが、レーザー加工機の使用にあたっては、ひとつ誤れば大事故にもつながる恐れがあるために、安全衛生に対して十分な対策を講じていく方針である。

(注)

- (1) 小林昭ほか：レーザー加工技術実用マニュアル、新技術開発センター、1987、p14.
- (2) Harris, P. : Photonics Spectra. 19-10 (1985)、113.
- (3) 吉川省吾：機械の研究、35、1、1983.
- (4) 辰巳竜司：Semiconductor World, 1984, 11, 1.
- (5) Shimoi, y., Noshina, N., Ushimi, K. & Konno, H. : Annals of the CIRP, 32-1 (1983), 135.
- (6) 野口隆・須藤貞男：機誌、86-773(1983,) 397.
- (7) 三浦宏：電子技術、25-8(1983)、133.
- (8) Joe Nazasawa, Gory T. Forrest : Laser Focus, Vol. 23 No.9, pp. 102~109, Sept, 1987.
- (9) 小林昭・伊藤昌樹：機械技術、36-6(1988)、p2.
- (10) 印南義雄・伊藤昌樹：茨城職業訓練短期大学校紀要、第 2 号(1988)、p151.
- (11) 労働安全規則第576条 (有害原因の除去)
- (12) 労働省通達「レーザー光線による障害の防止対策について」
- (13) 中央災害防止協会資料「レーザー加工機の使用等に関する安全衛生基準」(案)
- (14) 長田泰公：労働の科学、36-5、9 (1981)