

軽量で広範囲に対応できるレーザー洗浄装置

(株)アストロン 大竹 祐吉

1. はじめに

中国JPT社から発売されたCL-100型ポータブルハンドヘルドレーザー洗浄機は、MOPA構造のナノ秒パルスファイバレーザーの持つ高ピーク出力、周波数・パルス幅可変性などの利点を最大限に活用した洗浄装置である。強力であるばかりでなく、高性能で汎用性がありながら、コンパクトで軽量、可搬性に富み、片手操作が可能な手のひらサイズのカードによるワイヤレス制御、赤色光補助焦点機能など、ワークピースの表面の錆、汚れ、油を効率的に除去するための多くの特長を装備している。

本体総重量は28 kgで、耐衝撃性や耐落下性に優れた特注クッション設計の射出成形キャリングケースに収められているので、どこにでも簡単に移動でき、飛行機や列車、バス等の公共交通機関での移動も可能である（写真1）。



写真1 本体の外観

さらに、クリーニングヘッドは、重さがわずか620 g（デリバリーケーブルを含まない）と非常に軽量で、長時間の手作業でも、疲れを感じないで操作することが可能である（写真2）。また、クリーニングヘッドをロボットアームに搭載する場合、軽量であるためにロボットそのもののコストダウンが図れるというメリットがある。



写真2 クリーニングヘッド

何よりも価格が安いので、小規模事業者が最小の経済的負担で比較的容易に導入可能であることから、機械加工、文化財修復、カビ洗浄、食品加工、電子回路などの幅広い用途での利用が期待されている。

ここでは、将来のレーザー洗浄市場を席卷することが期待される本レーザー洗浄装置の構成や特長などを紹介し、その将来性、可能性を考察する。

2. 洗浄用レーザー装置

このCL-100型ポータブルハンドヘルドレーザー洗浄機には、JPT社が洗浄用に特別に開発したCL-100-1-A型ファイバレーザーが搭載されている（写真3）。外形上の大きな革新は、ヘッドの小ささである。反射光による損傷を防ぐためのアイソレーターを、ヘッドから本体に組み込んだことにより、直径Φ17 mm、長さ103 mmのコンパクトなヘッドサイズを実現した。



写真3 搭載ファイバレーザー

洗浄効果は、レーザーの照射時間や照射パターンなど装置の使い方によって影響を受けるが、最も支配的な影響は、レーザー装置のパラメーター（技術的出力仕様）による。

一般に、洗浄用として求められるレーザーの特性を、表1に示す。

表1 クリーニング用レーザーに求められる特性

求められる特性	CL-100-1-A型ファイバレーザー
①ビーム品質 M^2 が大きいこと	$M^2 < 2$
②パルスエネルギーが大きいこと	$> 1.5 \text{ mJ}$
③パルス幅が小さい（短い）こと	2~500 ns（独立可変）
④平均出力が大きいこと	$> 100 \text{ W}$
⑤洗浄効果の再現性が良い（出力、パルス幅、周波数が独立可変である）こと	周波数：1~4000 kHz（独立可変） パルス幅：2~500 ns（独立可変） 出力：0~100%（0~100 W）

- ① ビーム品質 M^2 が大きい： M^2 が大きくなるほど、ビームの強度分布がなだらかで大きなスポットサイズになり、より均一で効率的（高速）な洗浄が可能になる。
- ② エネルギーが大きいこと：高エネルギーのパルスを瞬時に照射することにより、プラズマブラス

トを形成し、物体表面の腐食層に物理的なブラストバーストを達成させることができ、錆などの効率的な洗浄が可能になる。

- ③ パルス幅が小さい（短い）こと：ナノ秒（10 - 9秒）の非常に短いパルス幅のレーザー光であれば、ピークエネルギーが大きくなり、効果的な洗浄が可能になり、加えて、ベース材料への熱的損傷を避けることができる。
- ④ 平均出力が大きいこと：油汚れや錆、黒ずみなどの汚染物質を瞬時に気化させることができる。
- ⑤ 洗浄効果の再現性が良いこと：洗浄する対象物やその厚みによって異なる照射パラメーター（出力、パルス幅、周波数など）を短時間に再現することで効率的な洗浄が可能になる。

パルス幅が小さくエネルギーが大きいほどワークに作用するピークエネルギーが大きくなり、さび取りなどには効果的と言える。また、ビーム品質（ M^2 ）が大きいほどビームスポットが大きくなり効率が向上する。同時に、局所的なベース材料の損傷を避けることもできる。

また、ワークにより異なる洗浄効果を、いつでも容易に再現するためには、パルス幅の独立可変性とパルス周波数の独立可変性は不可欠な条件と言える。その意味では、小~中型出力のレーザー洗浄には、MOPA型のナノ秒パルスファイバレーザーが最も適している。

JPT社のMOPA（マスターオシレーターパワーアンプ：主発振器出力増幅器）構造は、主発振器にシード光源として半導体レーザーを使用し、進行波ファイバアンプによって増幅する構造のレーザー光源のことである。このMOPAファイバレーザーは、パルス幅と周波数を独立して調整可能な特性を備えており、パルス幅と周波数を変更して、より広い範囲の洗浄シナリオに適應するばかりでなく、高い安定したピーク出力を維持できるという特徴を持つ。

このMOPAファイバレーザーにより、それぞれのクリーニング対象物の高い洗浄効果が得られるピークパワーであったり、逆にピークパワーを低くして繊細なクリーニングを行ったりと、ワークピースに合わせて、ベース材料を損傷させることなく、最適な照射パラメーターを設定できる汎用性が得られる。

3. CL-100型ポータブルハンドヘルドレーザー洗浄機

制御システムには、JPTが独自に設計したハンドヘ

ルドのレーザー洗浄制御カードとプログラムを採用しており、レーザーパラメーターとスキャンシステムパラメーターを同時に制御できる。このワイヤレス制御カード（写真4）は、レーザー洗浄機と通信し、スキャン形状、スキャン長、レーザー出力、パルス繰り返し周波数、パルス幅などのパラメーターをリモートでコントロールすることができる。しかも、片手で操作できるので、利便性は飛躍的に向上する。

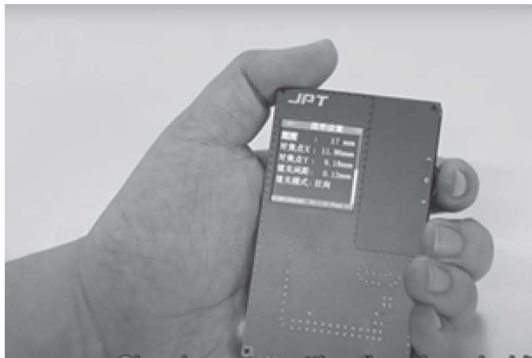


写真4 レーザー洗浄制御カード

電源は、標準の3ピンプラグで、AC100~240 V電源が利用でき、電源を入れた直後からマシンを使用することができる。

新規採用された特許取得済みの赤色光補助焦点技術（写真5）により、f-θレンズの焦点位置を簡単に見つけることができるようになった。赤色光インジケータを使用して、焦点位置の異なるさまざまなf-θレンズの焦点位置を簡単に見つけることができ、効率的な洗浄を実現することが可能になった。これは、市場に出回っている既存のレーザー洗浄装置の不正確な焦点位置とその調整方法の問題を解決し、それによってさまざまな洗浄シナリオを満足させることができるよう

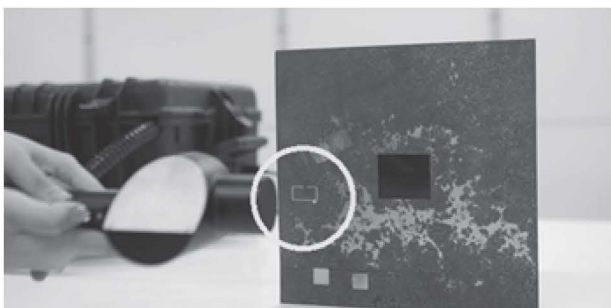


写真5 赤色光補助焦点機能

になった。

なお、内蔵のスキャンシステムは、小型の高速モーターとドライブを使用している。

レーザー光の照射パターン（グラフィック設定）は、直線や矩形だけでなく、円形、サイン（波型）、二重曲線、渦巻き形（アルキメデススパイラル）、リサーチ形、文字（0~9、a~z、A~Z）など、洗浄する対象や形状に応じてさまざまなパターンを設定できる（図1）。

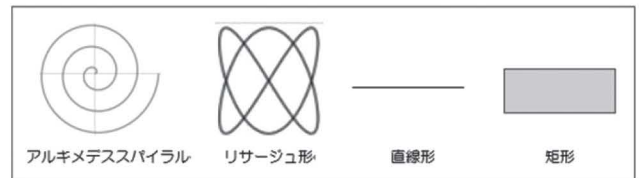


図1 選択可能な照射パターンの例

照射パターンの照射パラメーターの設定は、スキャン時間、スキャン速度、スキャン長、スキャン幅、スキャン方向、ピッチ（ハッチング距離）、レーザー遅延時間、コーナー遅延時間、ジャンプ遅延時間、スキャン方法などが代表的な項目である。

照射パターンを決定したら、つぎに塗りつぶし方法を設定する。図2に、一般的なスキャン方法（塗りつぶし方法）を示す。

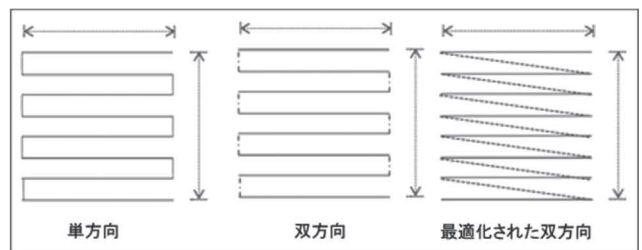


図2 スキャン方法（FIIIモード）

マーキングパラメータ設定、描画グラフ設定、アラーム監視、状態監視などの多くの機能は、ワイヤレス制御カードに内蔵されているマイクロコントローラーにある。現在の設定、グラフィック設定、クリーニングパラメーター、ステータスプロンプト、アラームモニタリング、および機能選択の六つのインターフェイ

スがある。そのほかに、データストレージ機能やメモリー機能のパワーオフ機能など、ユーザーに便利な機能がたくさん装備されている。

4. CL-100型ポータブルハンドヘルドレーザー洗浄機による洗浄の例

CL-100型ポータブルハンドヘルドレーザー洗浄機による洗浄の例を写真6に示す。

5. おわりに：今後の動向

CL-100型ポータブルハンドヘルドレーザー洗浄機によって、レーザー洗浄はより簡単に手軽に利用できるようになった。従来のががかりな装置が、極端に小型化され、使い勝手も大幅に改善されている。まだ、市場に投入されたばかりであるが、ぞくぞくと導入が進んでいる。

将来的には、レーザー洗浄装置の大出力化が進み、現在主流である出力100 Wから、2～3年後には出力

300 Wが中心的な洗浄装置になると考えられている。その理由は、洗浄時間の短縮である。写真7は、同じワークをレーザーの出力が50 W、100 Wおよび300 Wで洗浄した場合の所要時間を示している。50 Wでは86秒、100 Wでは55秒、300 Wでは24秒という結果が得られている。もちろん、出力の大小が洗浄のすべてを決定するわけではないが、大出力化が魅力的であるのは間違いない。

また、高出力化には、問題や課題がないわけではない。洗浄装置の損傷リスクが大きくなり、配慮すべき項目が増える。強力なパワーで洗浄した場合に、ホコリや煙、気化したオイル等がレンズに付着することでヘッドが損傷を受ける可能性が大きくなる。100 Wで使えた光学系、特にミラーやレンズが300 Wでもその



写真7 レーザーのパワーと洗浄時間



写真6

まま使えるわけではない。より耐性のあるものに交換しなければならない。また、高出力になると、洗浄するワークのベース材料の損傷リスクが増える。

いずれにしても、レーザー洗浄装置は精密で繊細な光学機器であり、乱暴な扱いやホコリなどの多い環境での利用は、レーザー洗浄装置が故障したり寿命を縮める原因になる。こうしたことを理解したうえで利用すれば、この上ない強力なツールになるであろう。

【筆者紹介】

大竹祐吉

㈱アストロン 代表取締役