

CWレーザーと パルスファイバレーザーによるレーザー洗浄

(株)アストロン 大竹 祐吉

1. はじめに

急速な進展を見せるレーザー洗浄のアプリケーションでは、CWファイバレーザーとパルスファイバレーザーのどちらを使用すべきかについているいろいろな議論がある。

レーザー洗浄では、集光したレーザービームを使用して、材料の表面の汚染物質を素早く蒸発または除去する。他の従来の物理的または化学的洗浄方法と比較して、レーザー洗浄は非接触であり、消耗品や汚染がなく、高精度で、ほとんど残留損傷がない。このレーザーによるプロセスは、新世代の産業用洗浄技術にとって理想的な選択肢である。さらにファイバレーザーは、信頼性や安定性、柔軟性が高く、レーザー洗浄のビーム源として最適な選択肢となっている。

ファイバレーザーには、大きく分けて連続波 (CW) ファイバレーザーとパルスファイバレーザーの2種類があり、マクロ材料加工と精密材料加工の両方の市場を占めている。新たなアプリケーションや新しい基材の洗浄には、CWファイバレーザーとパルスファイバレーザーのどちらを使用すべきか議論になることがある。

ここでは、CWファイバレーザー (以下、「CWレーザー」) とMOPAパルスファイバレーザー (以下、「MOPAパルスレーザー」) のレーザー洗浄を比較し、それぞれの特性と適用可能なアプリケーションシナリオを分析する。本文では、対応するレーザー洗浄技術を選択する際のヒントを提供するものである。

2. テストレーザーと テストパラメーター

2種類のレーザーによる洗浄効果を比較するため、白いペンキを塗ったアルミニウム合金 (約20 μm) と炭素鋼 (約40 μm) をサンプルとして使用した。レーザー洗浄には、以下の写真1の二つのレーザーを使用した。また、それらのパラメーターを表1に示す。

洗浄の性能は、パルス幅 (100 ns、200 ns、500 ns)、周波数 (20~60 kHz) およびスキャン速度 (1,500~9600 mm/s) を調整することで実現する。写真2と写真3は、表1に示されているテストレーザーによる洗浄性能を示している。

パルスレーザーの場合、パルス繰り返し周波数が低いと洗浄プロセス中に基材を傷つける可能性が高くなる。しかし、パルス幅が狭い (約100 ns) と塗料をより簡単に洗浄できる。塗料の洗浄と基材の溶融の間の熱のバランスをとることが重要である (熱効果)。マスターオシレーターパワーアンプ (MOPA) 構造を備えたパルスレーザーは、洗浄プロセスの重要なポイント



YDFLP-CL-200-12-A
MOPAパルスファイバレーザー

CW-R-B-W-2000
CWファイバレーザー

写真1 二つのテストレーザー

表1 JPT社製のテストレーザーのパラメーター

テストレーザーのパラメーター		
型名	YDFLP-CL-200-12-A	CW-R-B-W-2000
タイプ	MOPAパルスファイバーレーザー	CWファイバーレーザー
平均出力	>200 W	>2,000 W
動作	パルス	CW/変調
波長 (nm)	1,064 nm	1,080 nm
最大ピークパワー	60 kW	2 kW
最大パルスエネルギー	12 mJ	/
繰り返し周波数	1~1,000 kHz	10~20 kHz



写真2 白いペンキを塗ったアルミニウム合金の洗浄性能

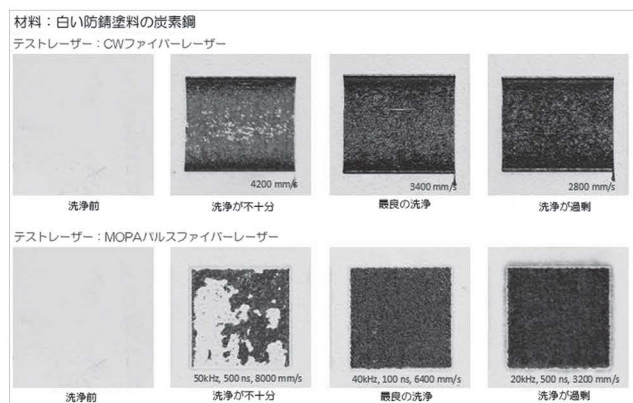


写真3 白いペンキを塗った炭素鋼の洗浄性能

トである正確な熱制御を行うことができる。
CWレーザーの場合は、スキャン速度が遅いほど、基材の損傷する可能性が大きくなる。ただし、スキャン速度がしきい値よりも速い場合、速度が速すぎるとクリーニングが不十分になり、遅すぎると基材を溶かしてしまう。したがって、CWレーザーを使用してレ

ーザークリーニングを行う場合は、適切なスキャン速度を選択することがきわめて重要である。

3. 洗浄効果の違い

次に、MOPAパルスレーザーとCWレーザーによる洗浄効果の違いを、洗浄性能、洗浄効率、および洗浄プロセス後の粗さという三つの主要な側面から考察する。

写真4は、CWレーザーとMOPAパルスレーザーによるアルミニウムの洗浄の比較を、写真5は、CWレーザーとMOPAパルスレーザーによる炭素鋼の洗浄の比較を示す。

直感的には、MOPAパルスレーザーとCWレーザーでの洗浄結果を比較した場合、CWレーザーで洗浄した場合の材料は暗くなる（写真4および写真5）。過剰な加熱は、洗浄プロセス中に基板の金属を溶かしてしまう結果になる。このことは、特にモジュール洗浄業界では受け入れられない。

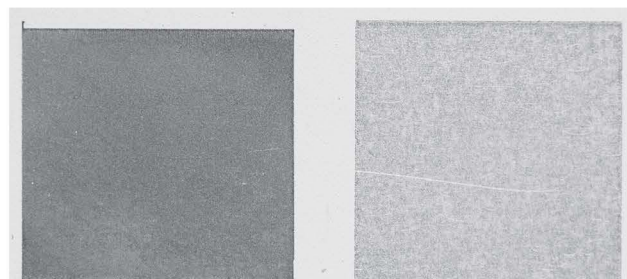


写真4 CWレーザー（左）とMOPAパルスレーザー（右）によるアルミニウムの洗浄の比較

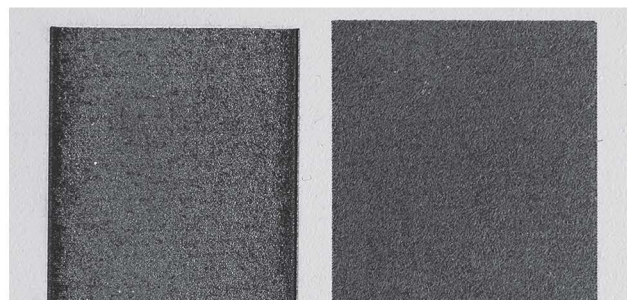


写真5 CWレーザー（左）とMOPAパルスレーザー（右）による炭素鋼の洗浄の比較

洗浄後の基板表面には、顕微鏡を使って観測すれば明らかな違いがわかる（図1および図2）。基板上の

金属は、塗料が除去されていても、CWレーザーによる洗浄プロセス中に溶け出す。ただし、MOPAパルスレーザーで洗浄すると、基板へのダメージが少なく、表面が滑らかになる。

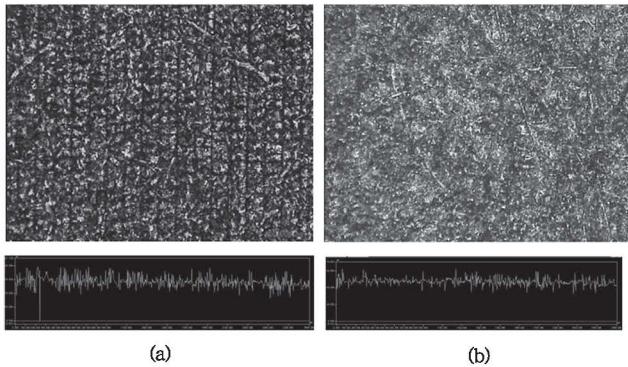


図1 CWレーザー(a)とMOPAパルスレーザー(b)でアルミニウムを洗浄した後の顕微鏡写真

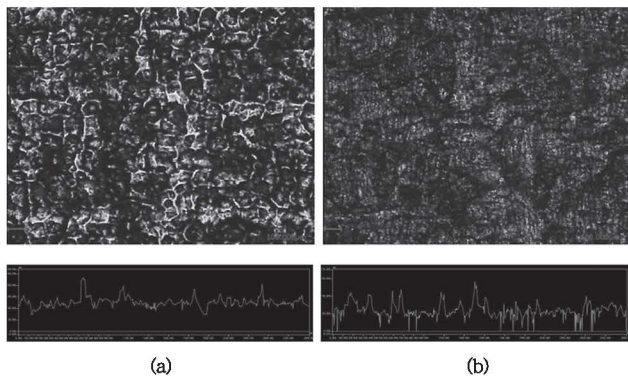


図2 CWレーザー(a)とMOPAパルスレーザー(b)による炭素鋼の洗浄後の顕微鏡写真

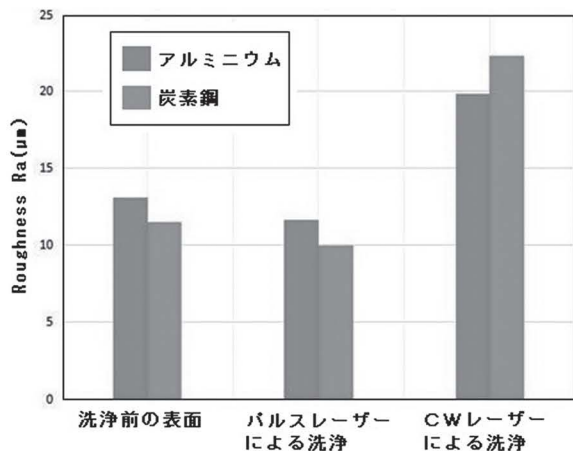


図3 CWレーザーおよびMOPAパルスレーザーによる洗浄後の表面の粗さの比較

図3は、CWレーザーおよびMOPAパルスレーザーによる洗浄後の表面の粗さ (Ra) を示している。MOPAパルスレーザーによる洗浄の場合、損傷は非常に少なく、粗さの値は洗浄前の表面に近いが、それよりも滑らかになっている (レーザーは洗浄前の表面のホコリも洗浄している)。一方、CWレーザーで洗浄した場合、粗さの値は洗浄前の1.5倍になっている。

MOPAパルスレーザーによってもたらされるもう一つの利点は、高い洗浄効率である。アルミニウム合金のホコリを洗浄する場合、MOPAパルスレーザーの洗浄効率は2.77 m²/hであり、CWレーザーの洗浄効率 (0.36 m²/h) の7.7倍になる。炭素鋼のホコリを洗浄する場合、MOPAパルスレーザーの洗浄効率は1.06 m²/hで、CWレーザーの洗浄効率 (0.3 m²/h) の3.5倍であった。

4. おわりに：結論

結論として、ホコリはMOPAパルスレーザーとCWレーザーの両方で除去することができた。同じ平均出力で洗浄すると、MOPAパルスレーザーの洗浄効率はCWレーザーの効率よりも速くなる。その間、洗浄と熔融の間の正確な熱制御は、基板を損傷することなく、良好な洗浄性能が得られる。

ただし、CWレーザーのコストは低く、平均出力を上げることで洗浄効率の欠点を補うことができる。その場合、熱の影響が大きくなり、基板が損傷しやすくなる点に注意が必要である。

したがって、洗浄用途が異なれば、必要なレーザーモデルも異なる。カビの洗浄などの正確な洗浄には、MOPAパルスレーザーを選択する方が良い。一部の大型鋼構造物やパイプなどでは、体積が大きく、熱放散が速く、基板損傷の危険性が低くなるため、CWレーザーが適している。

【筆者紹介】

大竹祐吉

㈱アストロン 代表取締役 社長