ビームシェーピングにより新たな超高速レーザ製造が可能

イボンヌ・ガートラー、マックス・カーマン

ビーム強度プロファイルは、x-、y-、z-方向で調整可能であり、溶融加工亜鉛メッキ加工、合成サファイアとガラスの分離などのアプリケーションで有用である。

何年も前から、レーザビーム成形によってユーザーは最適な加工結果が得られるようになり、難しいアプリケーションを処理することができるようになった。産業用レーザと加工用オプティクスにおける最新の進歩はこれをさらに一歩進め、ユーザーが特殊アプリケーション要件に極めて柔軟に対処できるようにビーム成形を適用できるようになっている。過去数年で、独トルンプ社（TRUMPF）は加工対象で任意のビームプロファイル作成法の理解を深め、これによって最適材料加工のために最高の前提条件が提供できるようになっている。

ビーム成形技術は、最適波動光学設計と石英ガラス製の透過性部品の改善製造法に基づいている。同技術は、超高速（＝超短）パルスレーザ、マルチkW連続波（CW）レーザでも用いることができる。また、それは、高効率とパワーハンドリング能力も提供する。同時に、広いスペクトル領域の多様なレーザアプリケーション、基本波からマルチモード、超高速、連続波まで、柔軟なビーム成形アプローチを容易にする。

ビーム成形は、3次元全体（x-y-z方向）に適用可能であり、これによって最大限の柔軟性が得られる。適合強度プロファイルに加えて、マルチスポット配置が可能になる。そのアプローチは、標準レーザ装置で利用できるので、コスト効率がよい。つまり、標準レーザ光源と、CWレーザの場合は、標準ファイバを用いることができ、特殊な適応性は不要である。

このビーム成形技術を用いることで、われわれは新しい最適化されたプロセスを開発した。ごく最近のアプリケーション開発の2つに、超高速パルスレーザを用いたガラスと合成サファイア切断、それに自動車用の溶融メッキ、亜鉛メッキ鋼材の強化版ロウ付け機能がある。両方の開発とも、より効率的な、また柔軟な生産方法に通じるものであり、新たな市場機会に扉を開くことになる。これらは、シングルレーザ光源にもマルチモード光源にも適用可能であり、ビーム成形技術の潜在力も示している。

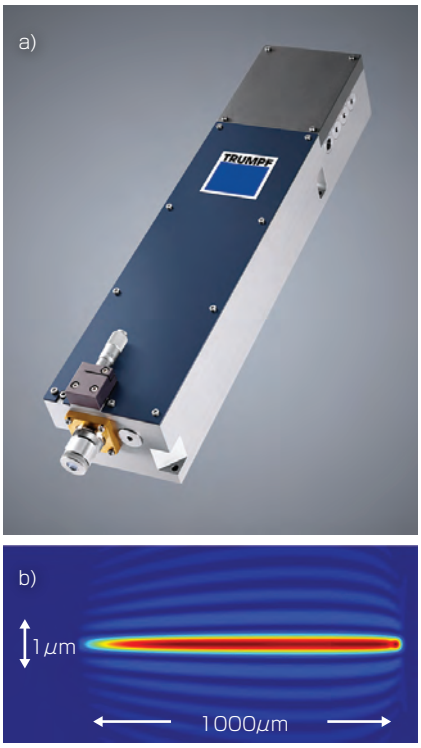

図1 薄くて硬いガラスを劈開するために、ビーム成形したTOP Cleaveオプティクスが適用される（a）。レーザ光の強度はビーム伝搬軸（z方向）に沿って均一に分布しており、アスペクト比＞1000:1のビーム焦点線を形成する（b）。レーザパルスは、シングルパスで完璧な内部分割面を改質する。

合成サファイアとガラスの分離

ガラスは可視光と近赤外スペクトル領域に対して透明であるので、この範囲の透過波長のレーザを用いて加工することは不合理に思えるかも知れない。しかし、ピコ秒あるいはフェムト秒領域の超高速パルスレーザを用いると、光は単に材料を透過するのではない。そうではなく、パルス内の大量の空間的、時間的フォトン密度が、自由電子を生み出す非線形、マルチフォトン吸収を容易にする。結果的に、これらの自由電子がさらなるフォトンを吸収する。こうした透明材料における改良された吸収メカニズムによって、レーザビームを使って合成サファイアとガラスの加工が可能になる。

そうした加工の成功は材料改質に基づいている。アブレーションでパルスごとに材料に直接作用するのではなく、超高速パルスレーザビームはガラス内部に焦点を結び、そこで所望の割線に沿って狭い領域を改質する。その

変化した領域内のレーザによって生まれた狭い脆弱部に沿って材料は裂ける。表面は非常に滑らかなままで、精度は1mmの1/100である。直線であるか曲がっているかは問わない。

この技術は、薄く硬いガラスを劈開するために最近開発された。例えば、スマートフォンディスプレイのフロントカバーガラスなどである。また、ビーム成形したTRUMPF TOP Cleaveオプティクスで1m/sの速度が達成できる。レーザ光の強度は、ビーム伝搬軸（z方向）に沿って均一に分布されている。この方法では、焦点は長さ方向に伸びており、ビームスポットは極端なアスペクト比>1000:1を示す焦点線となる。レーザパルスは、もはやガラスをレベルごとにスキャンするのではなく、シングルパスで、完全な内部分割面を改質していく（**図1**）。

パルスエネルギーと材料に依存して、ガラスは最大2mm厚までが可能だ。この厚さで、TOP Cleaveを装備したTruMicroレーザを利用することで、最大切断速度1m/sが達成可能である。この調整なしの場合と比較して、100倍高速である。二番目に硬い透明材料、サファイアでも、この方法で加工可能である。例えば、繰り返しレート最大1000kHz、最大500μJのエネルギーパルス、平均出力>150WのTruMicro 5080レーザとTOP Cleaveオプティクスを使用すると、長い焦点線を作ることができ、1mm厚を超えるガラスを切断することができる。

溶融亜鉛メッキ加工材料のロウ付け

自動車産業では、溶融亜鉛メッキされた材料の利用に関心が高まっている。腐食耐性増などの実用的な違いに加えて、溶融亜鉛メッキ材料は電気亜鉛メッキ材料に比べて安価であり、世界中で入手が容易である。

しかし、材料の接合にロウ付けを使用する際に一定の課題が発生する。材料がコーティングされているため、加工された材料にスパッタ、細孔、凹凸面が頻繁に存在する。とは言え、ビーム成形オプティクスを使用してビームをマルチスポットに分けると、溶融亜鉛

多元技術融合光プロセス研究会
第４回研究交流会

OITDA

「レーザ加工・計測技術の最新動向」
日 時：平成 28 年 12 月 6 日（火）13:00 ～ 17:00
場 所：岡山大学創立五十周年記念館 2 階会議室

問合せ・参加申込方法
参加を希望される方（会員含む）は、下記問合せフォームへ**「第４回研究交流会参加希望」**と明記してお申込みください。詳細は、研究会 HP をご覧下さい。

問合せフォーム＞＞ http://www.oitda.or.jp/main/study/tp/tp_postmail.html
研究会 HP＞＞ http://www.oitda.or.jp/main/study/tp/tp.html

事務局　一般財団法人光産業技術振興協会 潮田、伊織
東京都文京区関口 1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル７階
TEL：03-5225-6431 ／ FAX：03-5225-6435
http://www.oitda.or.jp/main/study/tp/tp.html

Optoelectronics Industry and Technology Development Association

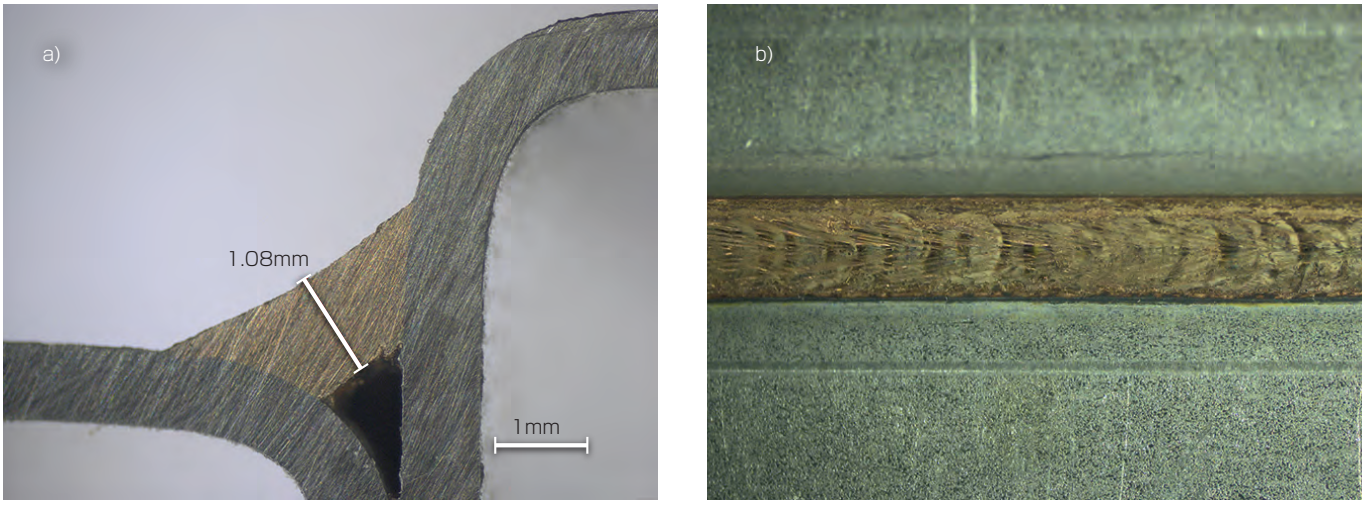

図2 ビーム成形オプティクスを使用してビームをマルチスポットに分けることで、溶融亜鉛メッキ材料をロウ付けすることができ(a)、4.5m/分のロボット利用の加工速度と優れた加工結果が達成できる。細孔もスパッタも全く存在しない滑らかな表面となる(b)。

メッキ材料をロウ付けすることができ、優れた加工速度(ロボットで4.5m/分)と加工結果の両方が達成可能であり、細孔もスパッタも全く存在しない滑らかな表面となる(**図2**)。

このプロセスは、標準ファイバデリバリ6kW固体レーザ(TruDisk 6002)を利用して達成できる。使用されているレーザ光の標準ケーブルにより、Scansonicから接触継ぎ目トラッキング部品までビームをデリバリする。Scansonic Adaptive Laser Optic ALO3は、レーザ加工ヘッドであり、このアプリケーションにはわずかな変更が必要となるだけである。

溶融亜鉛メッキ材料をロウ付けするとき、材料表面上の3スポットは、直径もパワー強度も異なる。小さなスポットが重要な役割を果たす。亜鉛コーティングはあらかじめ条件を整えておくことができ、パーツ表面の予熱が行われる。新しいロウ付け加工は速やかであり、ロウ付け速度のスピードアップが可能である。

このソリューションにより、スポット相互間の位置、スポットとワイヤとの位置が接触継ぎ目トラッキング光学素子との回転および配置と無関係になることが保証できる。したがって、Scansonic ALO3は、なんの制限もなく利用できる。テールゲートや継ぎ目の先頭/末端の加工には特に有利である。ここでは、オプティック・ハンドリングロボットの大きな再設定が行われるからである(**図3**)。

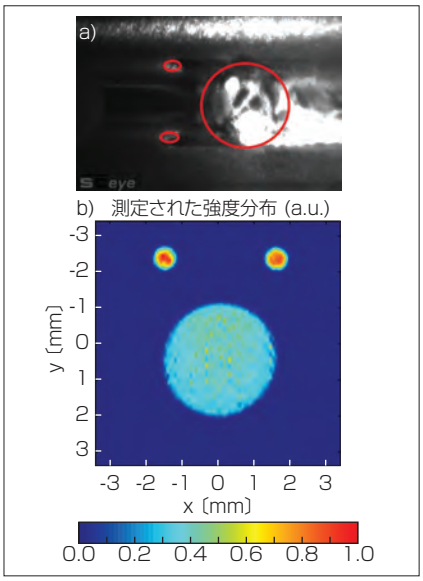

図3 溶融亜鉛メッキ材料をロウ付けするとき、材料表面上の3スポット(a)は、直径もパワー強度も異なる(b)。ビーム成形オプティクスを用いることで、スポット相互間の配置、ワイヤに対する配置は、オプティクスの接触アームの回転や配置と確実に無関係にすることが可能である。

ビーム成形により、ロウ付け加工が難なく実現できる。たとえレーザ光ケーブルの変更が必要であってもだ。利点は標準的な保守手順にもある。ユーザーは、アルミニウム溶接やロウ付け用に1個の光部品を予備として用意しておけば足りるからである。スポット形状や強度プロファイル、特に個々のスポット間のパワー配分はビーム成形部品に書き込まれている。加えて、スポットの方向性は、この部品に関して固定であり、それ自体、どんな他のパラメータとも独立である。

これは、このビーム成形技術を用いた特殊ビーム向けのマルチキロワット領域の最初のアプリケーションであるが、他のビーム成形形状も可能である。すなわち、多様な継ぎ目サイズロウ付けなど、同様のアプリケーションに可能性を開くものである。

著者紹介
イボンヌ・ガートラー氏は自動車産業マネージャー(yvonne.guertler@de.trumpf.com)、マックス・カーマン氏は超高速レーザ製品マネージャー(max.kahmann@de.trumpf.com)。両氏ともTRUMPF Laser- und Systemtechnik社に所属。 URL:www.trumpf.com

LFWJ