

プラスチックのレーザー溶接

ジョナサン・マギー

プラスチックをレーザー溶接する際の考察事項について説明する。

産業用レーザーは、エンジニアリングプラスチックの多数の市場にわたる多様な加工に使われている。レーザーマーキング、切断、溶接など、一般的な加工のいくつかの例を、図1に示した。レーザープラスチック溶接の利用でよく知られる市場分野には、自動車や医療機器などがある。

プラスチックをレーザー溶接する理由

レーザー溶接は従来の接触加工と比べて、プラスチックに対する重要な利点がある。レーザー溶接は、通常は部品が重ねられた境界部分を加工点とする非接触加工であるため、溶接領域はカプセル化される。これによって、美しい外観の溶接部が得られる。溶接部は殺菌され、溶接される部品の表面が汚染されることはない。既に互いに接触している部品同士を、その外側表面に影響を与えることなく、トップダウン式に溶接できるというのは、少し直観に反しているように思われる。超音波やホットスタンピングなどの従来型のプラスチック溶接方法では、部品の外側表面との接触が不可避である。非接触のレーザープラスチック溶接は、接合されるポリマー鎖においてレーザー光が、部分的に透過、反射、散乱、吸収する原理に基づいている。プラスチックとレーザーの光学特性を慎重に選択することにより、材料と一緒に熔融して融合するための十分な熱が、対象箇所に生成される。

レーザー溶接プロセスの設計は、製品

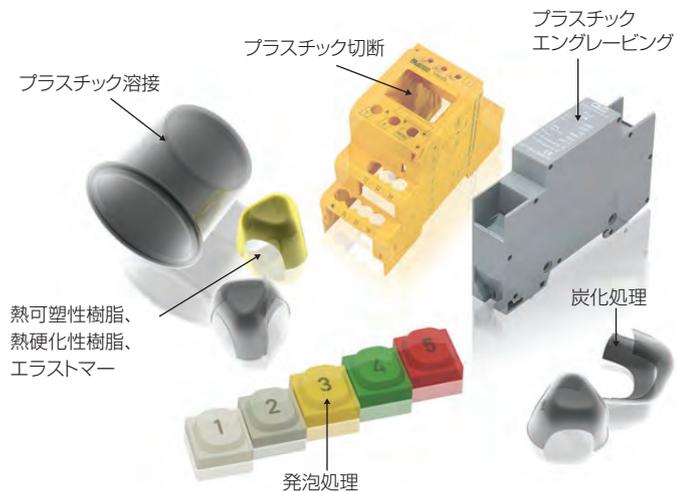


図1 プラスチックのレーザー加工。

開発の初期の段階で確立しておく必要がある。レーザー溶接プロセスを、元々レーザー溶接用に設計されたものではない、既に設計済みのプラスチック製品に後から組み込んでも、適切に動作する場合もある。しかし、レーザー製造原理を考慮した設計をプラスチック製品開発の初期段階で採用することは、製造可能性の問題が後で発生する確率の大幅な低下につながる。

設計時の考察事項

プラスチック製品は、機械特性、形状特性、熱特性、光学特性などの性質を持つ(図2)。基本的には、プラスチックアセンブリがレーザー溶接可能かどうかは、以下の項目によって大まかに判断することができる。

1. 選択した材料に適合性はあるか。適合性とは、溶接する両方のプラ

スチック部品の融解温度、化学/機械/形状/光学特性の適合性である。

2. レーザービームは上層材料を効率的に透過して、接合境界に到達するか。また、下層材料はレーザービームを吸収して必要な箇所に熱を生成するか。
3. 溶接中に部品を適切な位置関係に保ち、加圧力を制御することができるか。部品の形状は、部品の間に隙間を設けることなく、部品を適切にフィットアップさせることができるようになっているか。
4. 部品の形状を考慮して効果的な形で熱を分配及び制御するように、レーザービームを供給できるか。

熱特性と化学特性の適合性

プラスチックは、金属よりもはるかに低い温度で熔融・分解する。エンジ

ニアリングプラスチックの一般的な融解温度は、約250℃である。これよりも融解温度がはるかに高いプラスチックもあり、例えば、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)は350～400℃である。融解温度が近ければ、熔融池が混合しやすく、再凝固時の機械的強度が向上する。特定の組み合わせのプラスチックは融解温度が比較的近く、プラスチック溶接に適している。プラスチックの化学組成も、影響因子の1つである。例えば、同じポリエチレン(PE)でも、高密度ポリエチレン(HDPE)はポリプロピレン(PP)にうまく溶接できないが、低密度ポリエチレン(LDPE)はPPに溶接できる。材料の組み合わせに対しては、注意深い検討が必要である。

光学特性のマッチング

材料加工用のレーザーは一般的に、単一波長または非常に狭い波長帯域幅のコヒーレントで集束可能な光線を出力する。プラスチック溶接には、800nm～2μmの近赤外及び赤外波長が最も広く使われている。これらの波長は、人間の目に見える波長よりも長い。例えば、可視域の緑色は532nmで、赤色は635nmである。800～2000nmの波長を使用するには、溶接するプラスチックがこの波長範囲において、ある程度の透過率と反射率を持つ必要がある。

プラスチックは、ある程度は半結晶構造で、非晶質相と結晶化相を持つ。プラスチック内の非晶質相と結晶化相の屈折率の違いにより、レーザービームを当てると、必要な透過と吸収に加えて、光の散乱と反射が生じる。これはその影響の度合いに応じて、レーザー溶接に有効となる場合もあれば、障害となる場合もある。これらの性質の組み合わせを設計することにより、レーザ

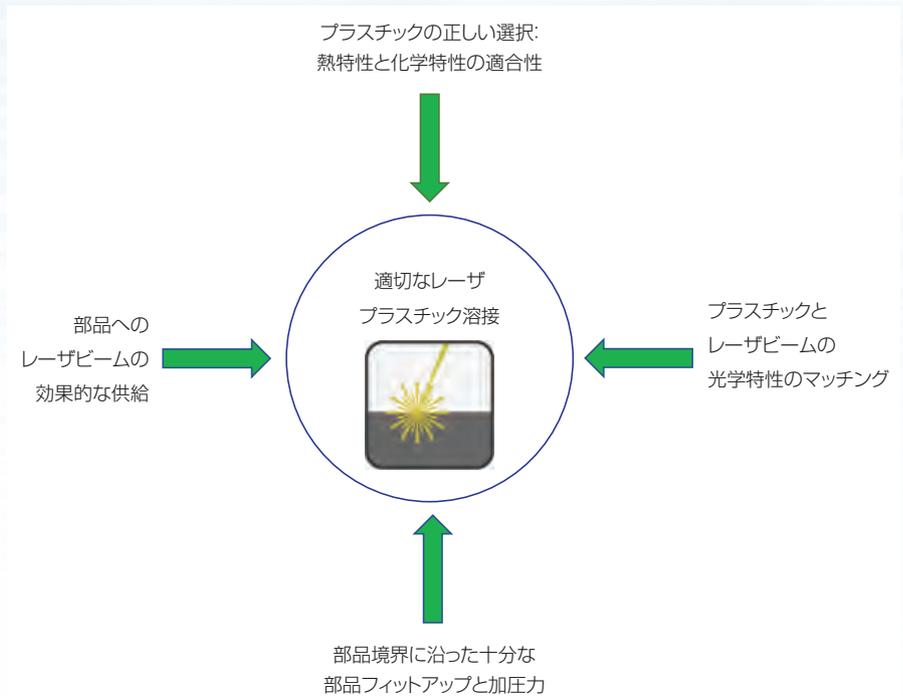


図2 レーザプラスチック溶接の設計時考察事項。

ビームが上層のプラスチック部品を透過して、下層のプラスチック部品に吸収されるようにすることができる(図3)。ポリマーの製造時に、レーザー光を吸収するようにマスターバッチに添加剤が加えられる場合がある。添加剤が対象製品において許容されるかどうか、例えば、医療機器用のプラスチックである場合は、FDAの認可が得られるかどうかを、設計段階で慎重に考察する必要がある。

一般的にナイロンと呼ばれるポリアミド(PA-66)など、特定のプラスチックに含まれるガラス繊維の割合は、光の透過に影響を与える可能性がある。特にガラス繊維の割合が高くなると、透過率は低くなる。プラスチックについてよくある疑問の1つは、どの色のものが互いに溶接可能かというものがある。その答えは単純ではなく、多くの組み合わせが可能で、透明と透明、白と白、黒と黒など、同じ色の材料同士でも、組成を慎重に設計すれば接合

可能である。可視光は有色プラスチックを透過しないが、単一のレーザー波長については、まったく逆の結果が得られる場合がある。

部品のフィットアップとフィクスチャリング

設計者は必ず、レーザープラスチック溶接に適した形状に部品を成形して、アセンブリ部品が適切にフィットアップし、接合部がアクセス可能になるようにしなければならない。レーザー溶接は、空隙を介した熱伝導は不得手であるため、接合部の部品を接触させることが重要である。ラップ溶接ではこれが可能である。バット溶接が可能な場合もある。バット溶接は、溶接シームに対するレーザービームの照射方法と、金型から取り出されるプラスチック部品の公差に大きく依存する。蓋を容器に溶接する処理は、部品の適切なフィットアップを示す例である。

特に大型部品など、一部の複雑な部

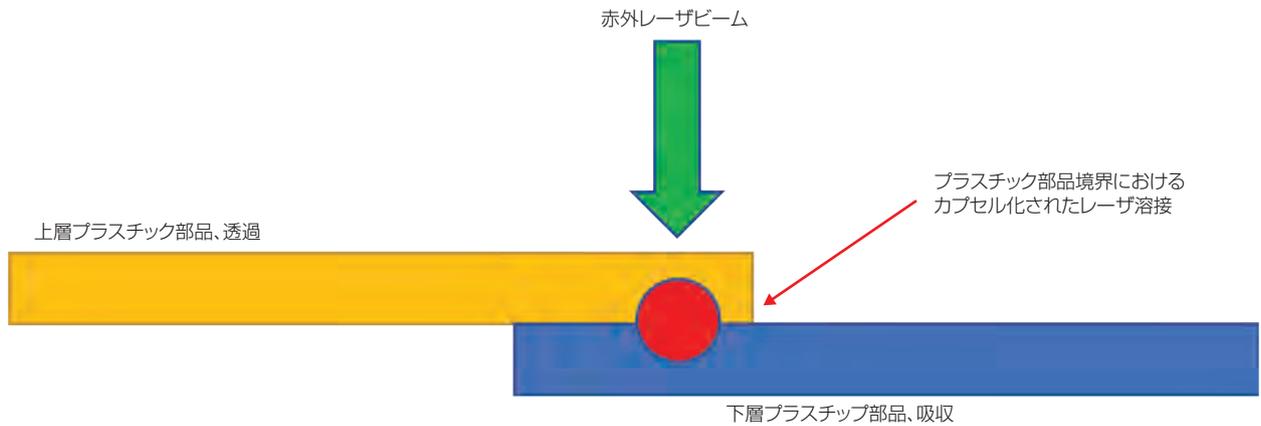


図3 プラスチック溶接における理想的な光の透過と吸収。

品は、そのままの状態では境界全体に沿って適切にフィットアップさせるのは難しいため、溶接時に下向きの力を加えることが不可欠である。加圧力は、サーボドライブを使用するか、空気圧の印加によって生成することができる。プラスチック溶接には破壊力というものがある。これにより、加熱されて溶融したプラスチックが変形し始めるまでにどれだけの力に耐えられるか、また、溶融した部品を互いに押し付けるのにどれだけの力が必要であるかが決まる。多くの場合、溶接時に部品に印加された力の監視と制御を行うために、力と変位のセンサがレーザー溶接機に組み込まれている。

効果的な熱制御

レーザー溶接において加工物にレーザービームを供給するための複数の方法が存在する。固定のレーザープラスチック溶接ヘッドとXYZRテーブルモーションシステムの間で相対的な動きがある場合に直交座標軸システムを使用するのは、その1つの例である。これらのデバイスは、開始と終了時や方向転換時には加速が必要になるため、大型部品を均等に加熱しない可能性がある。しかし、CADデータによるレーザーパス

の生成が可能な、柔軟な方法である。高速ガルバノスキャンヘッドを使用すると、最大10m/sという非常に高い速度でレーザービームを動かすことができる。非常に高い速度と十分な出力で溶接シーム周辺をスキャンすれば、溶接シーム全体を一端から他端までほぼ瞬時に加熱することができる。これにより、直交座標軸システムによる加熱と冷却の同時効果を抑えることができる。

柔軟性の低いもう1つの方法が、マスクを通して部品にレーザーを照射するというものである。この場合、マスク開口部は、必要な溶接シームと同じ形状だが、設計が変更される度に製造する必要がある。

定義済みの長さに沿って溶接をつなぎ合わせる線焦点を生成する、特殊なレーザーレンズが採用される場合もある。この場合は、溶接時に光出力の制御が必要になる可能性がある。ピロメーターによって溶接時に加工物の温度を測定し、その情報をレーザーコントローラの出力制御ループにフィードバックすることにより、これを行うことができる。

まとめ

本稿では、プラスチックを適切にレーザー溶接するために必要となる、いくつかの基本的な考察事項について説明した。最も重要なのは、製品そのものを、レーザー溶接を念頭に設計することである。従って、製品設計とプロセス開発を行うチームには、本稿に示した項目を理解しつつ、製品の設計・開発の初期段階で顧客と協力することが求められる。複雑なプラスチック製品を製作するための金型は、製造にかなりのコストがかかるため、金型設計者は、レーザー溶接関連の製造問題を想定した設計に留意して、金型設計を確定する必要がある。これにより、金型から取り出した部品がそのままレーザー溶接可能な形状であることを、保証することができる。

レーザープラスチック溶接は、さまざまな業界において、著しいペースで普及しており、車載照明アセンブリからインクジェットプリンタカートリッジに至るまで、多岐にわたる製品が日常的にレーザープラスチック溶接によって大量生産されている。

著者紹介

ジョナサン・マギー (JONATHAN MAGEE) は、英アクシス・レーザーテック社 (ACSYS Lasertechnik UK) の最高経営責任者。e-mail: j.magee@acsyslaser.co.uk URL: acsyslaser.co.uk