レーザ溶接によるポリマーの溶融

デーブ・ヒラルドー

最小限のストレスで真のハーメチックシールを実現するプロセス

従来の溶接手法とは別に、プラスチックやポリマーのレーザ溶融は、多くの業界において長期にわたって実証済みの手法として確立されている。このクリーンなプロセスはユーザーにとって多数のメリットがあり、繊細な部品の溶融が可能である。ポリマーのレーザ溶融は、わずかな例外を除き、部品を互いに重ね合わせて溶接する透過プロセスである。**図1**に示すように、上側の接合部品を透過したレーザ放射が下側の部品に吸収されることで、溶融が生じる。熱伝導によっても上層が溶解し、部品の溶接が生じる。したがってこの手法では、溶接される部品のレーザ透過特性が重要となる。

ポリマーの溶融に一般的に使用されるダイオードレーザは、800 ～ 1000nmの波長の光を放射する。無色の熱可塑性ポリマーのほとんどが、この波長範囲において良好な透過特性を備える。

カーボンブラックなどの吸収剤を基材に加え、その混合物にさらに特殊な添加剤を加えることができる。光を透過するがレーザ波長は吸収するものや、光をほぼ吸収するがある波長は透過するものなど、さまざまな色の組み合わせが可能である。

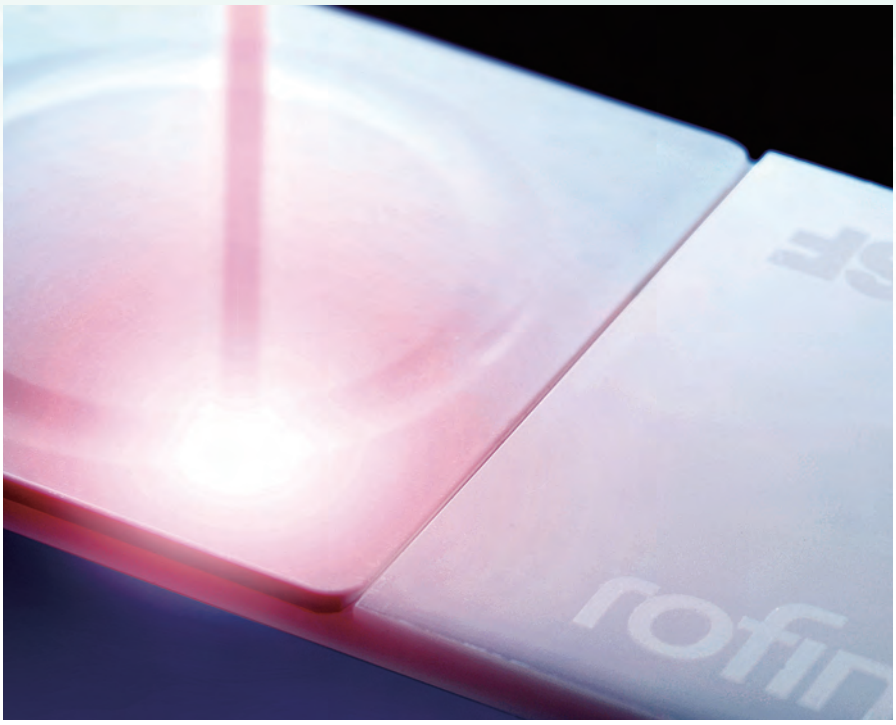

図1　ポリマーのレーザ溶融では、上側の接合部品を透過したレーザ放射が下側の部品に吸収されることで、溶融が生じる。

プロセスの利点

ほとんどのレーザ接合が、従来の接合手法にほぼ匹敵し、プロセス上の利点を備える。特に、接合部に印加するエネルギーを制御できることは、多くの部品に対して重要な利点であることが明らかになっている。一般的な利点としては、以下のものがある。

- **真のハーメチックシールを実現**
- **機械的ストレスと熱ストレスが最小限**
- **安定性に優れ、実証済みで、柔軟性が非常に高い**
- **粒子や破片のかい離が全くない**
- **接合部が内部的に保護される**
- **溶融物の放出が最小限**
- **追加材料が不要**
- **溶接部の品質と耐久性が非常に高い**

品質とプロセスの管理

他の接合手法と同様に、レーザ溶融にも品質管理の問題が発生する。どのようにして、溶融プロセスにおける品質を確認し、良好な部品と不良部品を区別すればよいのだろうか。どうすれば適切な品質管理によって、不合格部品の数を減らすことができるだろうか。

他の溶接手法でも採用されている品質評価方法の1つは、定められた溶融パスに沿ったパラメータのばらつきを測定するというものである。このパスは、固定の閉じたパスの周囲にレーザビームをすばやく照射するガルバノメータスキャナによって実現できる（**図2**）。

レーザビームは、プログラム可能な溶融曲線にすばやく変更され、その曲線をほぼ同時に溶融する。機械的な締め付け装置を使用して、部品に軽く圧力をかけることで、溶融材料を定義された距離に収縮させ、測定することが

できる。接合する部品が相溶性を備え、溶接可能である場合は、収縮状態を溶接品質とみなすことができる。パラメータが条件を満たさない場合は、溶融シームの品質が十分ではない可能性があるため、その部品は不合格と判定することができる。

溶融品質を評価するための別の方法は、溶融時に溶融材料をパイロメータによって遠隔測定することである。パイロメータを加工ヘッドに内蔵することで、溶融温度をすばやく制御し、溶融欠陥を検出することができる。溶接部品の光学特性にある程度の不均質性が存在する場合、溶融プロセス（閉ループプロセス）中に温度を制御することの利点は明白である。そのような不均質性は、部品がガラス繊維によって強化される場合に生じ得る。例えば、自動レーザ出力制御において、必要な温度を維持することで、このような不均質性を補償することができる。

欠陥のある溶接部をパイロメータ制御によって補償することはできないが、温度信号の急激な増加（2つの部品の機械的接触に異物混入、不良、接触していないなどの問題がある場合に発生）は検知することができる。同様に、パイロメータは、レーザ出力が足りないなどの理由によって、必要な溶融温度に達していない場合を検出する。（ソフトウエアで定義された）温度の上下限を超えた場合は、影響を受けた部品を不合格にすることができる。各溶接に対する個々のプロセス番号によって、マッピング制御を行うことができる。

ポリマーの溶融

ポリマーのレーザ溶融は、確立されたプロセスで、さまざまな業界でますます利用が高まっており、従来の接合手法に置き換わりつつある。例えば、医療機器製造においては、クリーンであることが絶対不可欠である。

図2　レーザ溶接の品質評価の１つの方法は、定められた溶融パスに沿ったパラメータのばらつきをガルバノメータスキャナによって測定することである。ガルバノメータスキャナは、固定の閉じたパスの周囲にレーザビームをすばやく照射する。

レーザ溶融は、車載用品業界において特に確立されている。ここでは、パーツに繊細な電子部品やガイドが装備され、液体が充填される。このような場合に、レーザビーム溶融が選択される。ダイオードレーザは、プロセス制御と組み合わされる形で、多数の将来的な応用分野へと適用範囲を拡大し続けていくと思われる。

透明ポリマーどうしの溶融接合

透明ポリマーの溶融には近年、特殊な吸収剤が必要で、この吸収剤は高価で追加のプロセスが必要となる場合が多かった。高波長レーザの登場によって、多くの透明材料の溶融において吸収剤が不要となった。

透明ポリマーの溶融には長波長レーザが用いられる。このレーザは、従来使われてきた800 ～ 1000nmのレーザとは異なる方法でポリマーに作用する。レーザエネルギーの一部は、透明な熱可塑性プラスチックを透過するが、この波長ではほんの一部は部品に吸収される。溶融部のポリマーの加熱に十分なエネルギーが吸収されることによって、必要な結果が得られる。

レーザ業界ではよく知られているように、レーザエネルギーは溶融されるポリマーの各表面で吸収される。この用途では一般的に、上面、2つの接合面、下面（出射側）の4つの面で吸収が生じる。接合部は複数のプレーンからなる層で覆われているため、透明材料どうしの溶接における吸収の大部分がここで行われ、透明な熱可塑性プラスチックを接合するための完璧な環境が、吸収剤を添加することなく得られることになる。

著者紹介
デーブ・ヒラルドー（DAVE GIRARDOT）は、米ロフィンシナール社（Rofin-Sinar）の北米セールスマネージャー。
email: dgiradot@rofin-baasel.com
URL: www.rofin-inc.com

ILSJ