

## 波面計測を用いた透明樹脂溶着の品質評価

光科 中野雅晴 上野貴康\*

## Quality evaluation of transparent plastic welding using wavefront measurement

Masaharu NAKANO and Takayasu UENO

Keywords : Wavefront measurement, refractive index distribution, plastic welding, transparent plastics

キーワード : 波面計測、屈折率分布、樹脂溶着、透明樹脂

## 1 はじめに

樹脂部品の界面をレーザーにより熔融して接合するレーザー樹脂溶着では、溶着強度、隙間や異物の有無といった溶着状態を非接触で評価する方法が求められている。これまでに、溶着中の温度を測定することで溶着状態を評価する方法が提案されている<sup>1)</sup>。温度計測では、物体が放出する赤外線強度から温度を換算する放射温度計が使われる。分光透過率が異なる樹脂間の溶着では、一方の樹脂では吸収し、他方の樹脂では透過する波長の赤外線を選択して測定することで、溶着界面での温度を推定できる<sup>2)</sup>。しかし、透過率の波長分布が同様な樹脂間での溶着の場合、このような波長帯を選択することができないことから、直接界面の温度を測定することが困難である。そこで、本研究ではレーザー溶着時に発生した樹脂内部の屈折率変化を測定することにより溶着状態を評価する方法について検討した。

## 2 方法

溶着部では、樹脂が熔融して凝固する過程における冷却速度の違いや、界面に存在する隙間や異物により屈折率分布が変化する。また、溶着強度は溶着時に発生した熱量と相関があるため、同様に熱量と相関のある屈折率変化量から強度を推定することができる。そこで、図1に示すように、溶着部を光が透過した時に、屈折率分布の乱れによって生じる波面変化を測定することで、溶着状態を評価した。波面計測にはシャックハルトマン波面センサを用いた<sup>3)</sup>。評価には、2枚の透明アクリル平板間に、光吸収剤を塗布してレーザーで重ね合わせ溶着した試料を用いた<sup>4)</sup>。

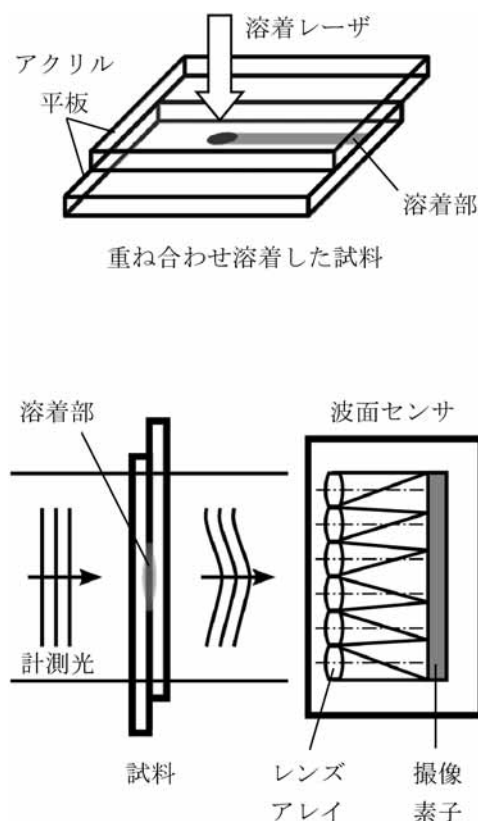


図1 波面計測による溶着状態の品質評価方法の概要  
計測光には波長444nmの半導体レーザーを用いた。波面センサでは、計測光の波面をレンズアレイで領域分割して、各領域における波面の勾配を検出した。試料の透過光波面は、測定した勾配から演算により再構成した。

## 3 結果および考察

図2に、溶着部の透過光波面を測定して、溶着状態の均質性を評価した結果を示す。図2(a)の溶着条件のほうが、一様に溶着できていることを確認できる。溶着むらの発生は、光吸収剤塗布の均質性、レーザーの光強度や走査速度といった溶着条件に起因すると考える。

次に、溶着強度と、屈折率分布の乱れによって発

\*) 現 電子科

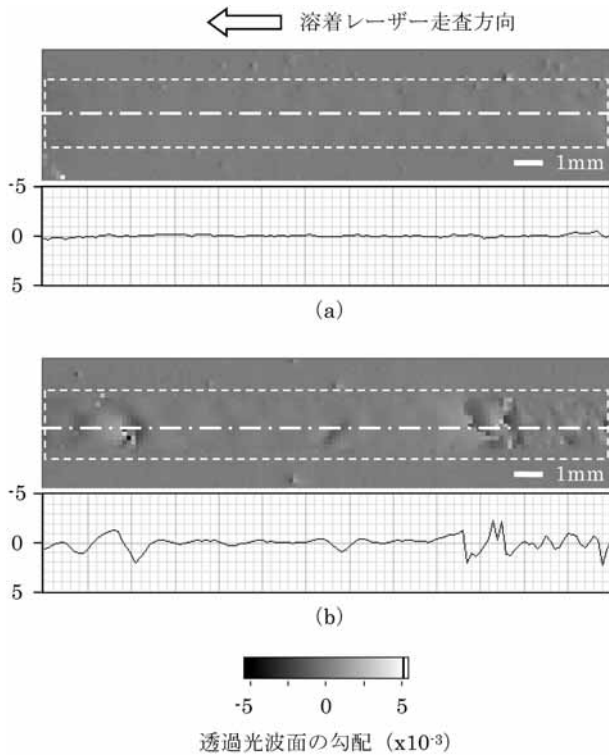


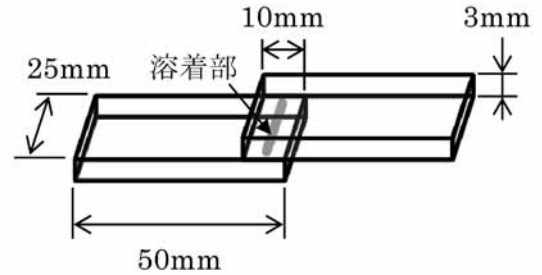
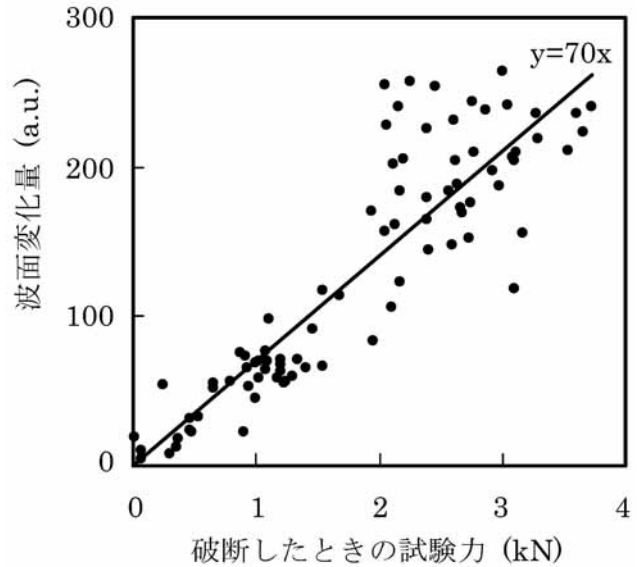
図2 溶着部の均質性評価

レンズアレイで分割した領域（1領域0.15mm角）ごとに、溶着レーザーの走査方向に対する透過光波面の勾配を測定することにより、均質性を評価した。点線で囲まれた領域が、溶着レーザーを走査して線状に溶着した部分（面積39mm<sup>2</sup>）である。下図は、一点鎖線部における断面プロファイルである。溶着レーザーの光強度と走査速度は、それぞれ (a) 19W、5mm/sec、(b) 11W、3mm/secである。

生じた波面変化量との相関について評価した。図3に示すように、引張試験にて測定した破断時の試験力<sup>4)</sup>と、波面変化量（溶着部における波面変化量の総和）には、相関係数0.89と高い相関があることを確認した。試験力が高い領域（図3右上）では、ばらつきが大きくなっている。これは、この領域に溶着時に加えた熱エネルギーが大きすぎて強度が低下した試料も含まれているためである。屈折率変化量を測定する波面計測では、溶着強度が同じでも溶着エネルギーの違いが測定結果に現れている。

#### 4 まとめ

溶着部の屈折率分布を測定することにより、溶着状態の均質性や溶着強度を非接触で評価できることを確認した。このような測定は、試作時における溶着条件の最適化に利用することができる。また、本報告では溶着後の後工程において評価を行ったが、高速な波面センサを用いることでインラインでのリアルタイム評価も可能となる。



引張試験に用いた試料の外観図

図3 波面計測による溶着強度の推定

透明アクリル平板を重ねて、幅1mm又は2mmの溶着レーザーを平板の短手方向に走査して溶着した試料を用いた。また、溶着レーザーの光強度および走査速度を変えることで、溶着強度の異なる試料を作製した。

#### 参考文献

- 1) 松本聡：プラスチックのレーザー溶着におけるインプロセスモニタリング, 「高出力レーザーによる加工技術とインプロセスモニタリング・加工状態の評価」, 第1版 (㈱技術情報協会, 東京), 高薄一弘 発行, pp.323-338 (2004).
- 2) 渥美博安 他：レーザー樹脂溶着加工時の非接触温度測定. 静岡県工業技術研究所報告, 第9号, 22-23 (2017).
- 3) 中野雅晴 他：シャックハルトマン波面センサを用いた透明体の均質性評価. 静岡県工業技術研究所報告, 第8号, 57-62 (2016).
- 4) 上野貴康 他：透明プラスチック溶着に用いるレーザー加工条件の検討. 静岡県工業技術研究所報告, 第10号, 72-73 (2017).