

アルミニウム合金のレーザ溶接における凝固割れ感受性の評価
とアダプティブミラーの影響

名古屋大学 工学研究科
同上
住友電工(株)

杏名 宗春
○紫藤 啓一朗
岡田 健

Evaluation of Solidification Crack Susceptibility in Laser Welding of Aluminium Alloys
and Effect of Adaptive mirror
by KUTSUNA Muneharu, SHIDOU Keiichirou and OKADA Ken

1. 緒言

アルミニウム合金のレーザ溶接において、凝固割れが発生することが大きな問題となっている。そこで本研究では、焦点を光軸方向に振動させることのできる光学系のアダプティブミラー(AM)を用いて、最も凝固割れ感受性が高いとされるアルミニウム合金A6061のレーザ溶接を行い、その溶接性が改善をできるか否かを検討した。AMを用いることにより、キーホールや溶融池の揺動が生じ、凝固に影響を及ぼすことにより割れ発生に影響を与え、その防止が期待できる。また、特定の振動周波数においてキーホール及び溶融池が安定する可能性も考えられ、レーザ溶接の安定化が期待できる。ミラーの焦点振動領域及び焦点振動数を変化させて、円周溝割れ試験を行いA6061の凝固割れ感受性に及ぼすAMの影響を調査することを目的とした。

2. 実験方法

2.1 AMとレーザ装置：CO₂レーザビームが、AMに入射し、反射ビームがレンズによって集光されるFig.1に示す光学系を用いた。AMの曲率を変化させると集光レンズに入射するビームの発散角が変化し、その結果焦点はFig.2のように光軸方向に移動する。ミラープレートの裏面中央をPZT素子で加圧してミラープレートを弾性変形させる。PZTの駆動波形は正弦波であり1000Hzまでの焦点振動が可能である。入射レーザ光は、まず反射鏡によって、アダプティブミラーに入射する。その後は先にも記したように、AMはその表面の曲率を変化させることにより、放物面鏡に入射するレーザ光の発散角を変化させ、その結果焦点は光軸方向に移動する。本研究では、Fig.1に示す加工ヘッドを5kWCO₂レーザ装置に取り付けて実験を行った。

2.2 供試材及び円周溝割れ試験：本実験では、供試材として最も凝固割れが発生しやすいとされるA6061を用いた。まず80mm×80mm×3mmのアルミニウム合金に等間隔に4本の、頂角60°で深さが1mmの直線V字溝を彫り、それを試験片としビードオンプレート溶接を行い、各焦点はずし距離における溶込み深さを調べ、キーホール形成領域を調べた。キーホール領域内と、遷移及び熱伝導形領域をも含む場合の2条件で円周溝割れ試験を行った。その試験片の形状をFig.3に示す。振動数は0,50,100,500,1000Hzの5条件で行った。レーザ照射後の試験片に染色浸透探傷法を施し、割れ角度を測定した。その後クレータ部の断面の凝固割れの付近を組織観察し、デンドライトアームスペーシング(DAS)測定を行った。

3. 実験結果及び考察

焦点振動幅が遷移及び熱伝導形領域をも含む場合の、A6061合金のクレータ部におけるマクロ断面写真をFig.4に示す。凝固割れが全ての振動数でビード中央部に確認できる。また割れ角度とミラーフレード振動数の関係をFig.5に示す。50Hzの低振動数で最も割れ角度が小さくなっている。

つぎにキーホール形成領域内で焦点を振動させた場合、溶込み深さに焦点振動の影響はあまり見られなかった。割れ角度とミラーフレード振動数の関係をFig.6に示す。Fig.4と同様に50から100Hzの低振動数で割れ角度が低減できている。Fig.7にクレータ部におけるDAS測定の結果を示す。100Hzのとき最もDAS値が低く焦点振動させないときに比べ約1μm程度減少している。焦点の振動により溶融池では凝固と溶融を繰り返しデンドライトの成長が抑制されたと思われる。また、材料の固有振動数が約50Hzにあり、焦点の振動と共振を起こし、その結果割れ角度が減少したと思われる。

参考文献 杏名、佐藤 溶接学会全国大会講演概要、第67集(2000)p.254-255

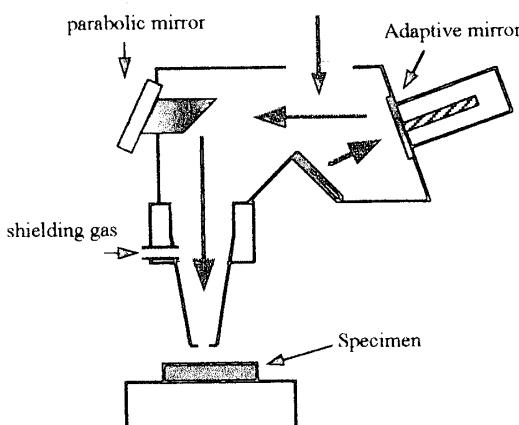


Fig.1 Schematic of laser welding set-up with Adaptive mirror

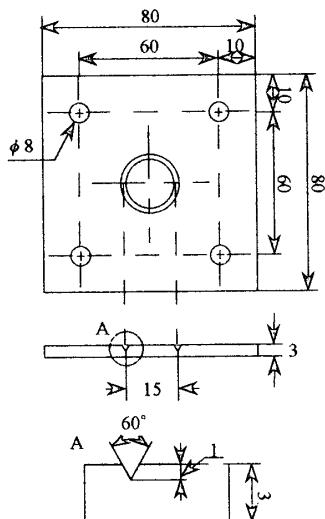


Fig.3 Schematic of test specimen

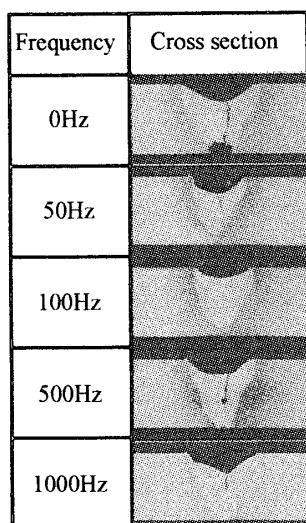


Fig.4 Cross section of bead

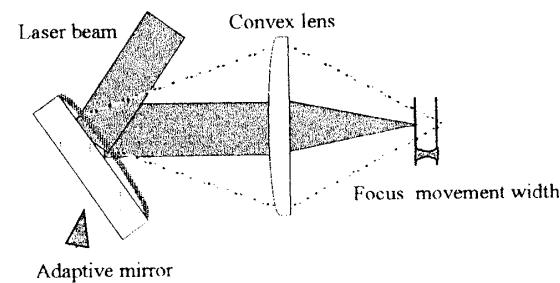


Fig.2 Optical system for movement of focal point

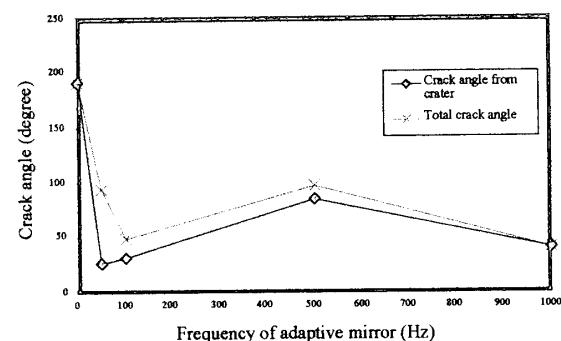


Fig.5 Relationship between frequency and crack angle (movement area of focal point out of key hole mode)

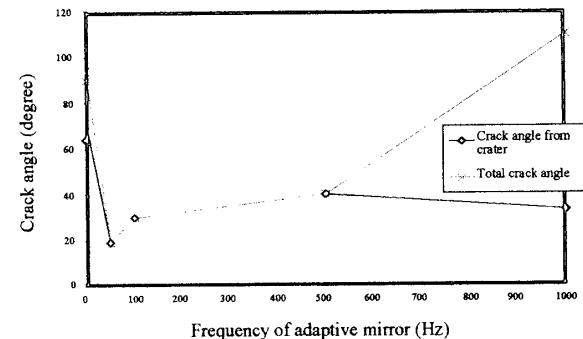


Fig.6 Relationship between frequency and crack angle (movement area of focal point in key hole mode)

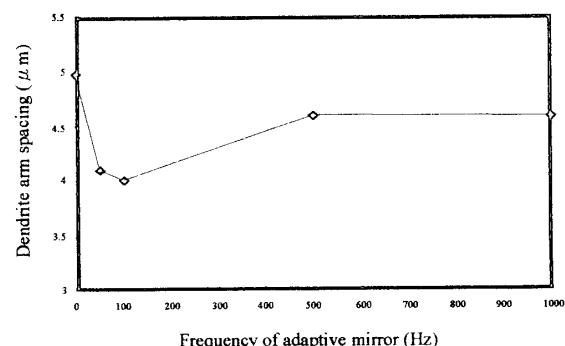


Fig.7 Relationship between frequency and DAS in A6061 laser welding metal