

氏名	酒川 友一
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第 4266 号
学位授与の日付	平成 23 年 3 月 25 日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第 5 条第 1 項該当)
学位論文の題目	LD 重畳ハイブリッド Nd:YAG レーザによるアルミニウム合金の溶接メカニズムに関する研究
論文審査委員	教授 宇野義幸 教授 塚本眞也 教授 藤井正浩 准教授 岡田 晃

学位論文内容の要旨

本研究は、アルミニウム合金の高性能レーザ溶接について検討したものである。そのために、最近その性能が大幅に向上してきた LD (半導体レーザ) を励起光源に使用したパルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザと、さらに連続発振 LD を重畳した LD 重畳ハイブリッド Nd:YAG レーザシステム開発し、その効果を検証したものである。

まず、研究の背景、目的および本論文の構成と概要について述べた後、LD 励起方式のパルス発振 Nd:YAG レーザの開発と装置の特性、さらに、それを用いたアルミニウムに対する微細溶接への適用に関して述べている。励起光源にパルス発振 LD を使用することを提案し、パルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザを開発した。また、アルミニウムに対する吸収率が高い波長 808nm の連続発振 LD をパルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザに重畳させる LD 重畳ハイブリッド Nd:YAG レーザシステムを開発した。そして、アルミニウム合金のビードオンプレートおよび二次電池缶への微細溶接を試みた。

次に、連続発振 LD の重畳効果をビードオンプレート溶接による基本性能評価により検討した。連続発振 LD を重畳して良好な加工結果が得られた。レーザ光照射部における急激な加熱および冷却が抑制される効果も明確になった。また、波長 808nm の LD のアルミニウム合金に対する温度依存性吸収率を実験と非定常熱伝導解析から検討し、吸収率はレーザ光の照射時間にとまない増加して、アルミニウム合金の熔融温度における波長 808nm の LD の吸収率は 54%であることがわかった。

そして、連続発振 LD を重畳したパルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザによるアルミニウムの溶接メカニズムを明らかにするため、キーホール型モデル、熱伝導溶接とキーホール溶接の時間的境界の検討およびビード形状と連続発振 LD の重畳効果を検証した。実験結果より、キーホール形状、キーホール溶接の時間的境界、パルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザの吸収率が明確になった。連続発振 LD のポストヒーティングは、スポット中央部を圧縮応力場に保ちながら変化させることが可能であり、欠陥が存在する場合であってもその成長を抑制する効果が期待できることがわかった。

深溶け込み型熱伝導溶接については、オーバーラップ率が 66.7%の場合、パルスエネルギーは 2.4J/P 以上で理想的なビード幅および溶け込み深さを得ることができた。集光スポット径、周波数、送り速度から計算したオーバーラップ率を 50%以上に設定することで大きい溶け込み深さを実現することができることも明らかとなった。

論文審査結果の要旨

本研究は、アルミニウム合金の高性能レーザ溶接について検討したものである。そのために、最近その性能が大幅に向上してきた LD (ダイオードレーザ) を使用したパルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザと、さらに連続発振 LD を重畳した LD 重畳ハイブリッド Nd:YAG レーザシステム開発し、その効果を検証した。まず、励起光源にパルス発振 LD を使用することを提案し、パルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザを開発した。また、アルミニウムに対する吸収率が高い波長 808nm の連続発振 LD をパルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザに重畳させる LD 重畳ハイブリッド Nd:YAG レーザシステムを開発した。さらに、連続発振 LD の重畳効果をビードオンプレート溶接による基本性能評価により検討した。その結果、連続発振 LD を重畳することでビード幅、溶け込み深さの大きさが良好な加工結果が得られた。次いで、連続発振 LD を重畳したパルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザによるアルミニウムの溶接メカニズムを明らかにするため、熱伝導型溶接とキーホール型溶接の時間的境界の検討およびビード形状と連続発振 LD の重畳効果を検証した。実験結果と数値解析結果より、熱伝導型溶接とキーホール型溶接の時間的境界、パルス発振 LD 励起 Nd:YAG レーザの吸収率が明確になった。連続発振 LD のポストヒーティングは、スポット中央部を圧縮応力場に保ちながら加工することが可能であり、欠陥が存在する場合であってもその成長を抑制する効果が期待できることがわかった。深溶け込み型熱伝導溶接については、集光スポット径、周波数、送り速度から計算したオーバーラップ率を 50%以上に設定することで大きい溶け込み深さを実現することができることも明らかとなった。以上のように、LD 重畳ハイブリッド Nd:YAG レーザシステムはアルミニウム合金の溶接にきわめて有効であることが証明された。

本研究によって得られた成果は、今後需要が急増するアルミニウム合金の溶接における革新的な技術開発にとって貴重な基礎資料を提供するものであり、工学的・工業的価値が高い。よって本研究は博士(工学)の学位に値するものと認められる。