

高出力半導体レーザーを用いたレーザーブレイジング



才田 一 幸*

Laser Brazing using High Power Diode Laser

Key Words : Laser brazing Brazing filler metal Dissimilar brazing
Joint properties Laser braze repairing

1. はじめに

現在のところ、各種高性能機器に適用されるブレイジング技術としては、炉中ろう付やトーチろう付が主流となっている。しかしながら、炉中ろう付では、局所的にポイド、ぬれ性不良、脆性生成相の形成、母材の過剰溶融(エロージョン)が発生する場合があります。ろう付品質の制御・高信頼性化には問題点が残されている。一方、トーチろう付では、適用箇所や適用材料が限定されたり、低い継手特性、施工にあたり高度な熟練技能が必要ななどの問題点を内包している。近年、これらの問題を解決できる新たなブレイジング技術として、レーザーを熱源に用いたレーザーブレイジングが注目されている。最近、開発・実用化された高出力半導体レーザー(LDレーザー)は、金属、特にろう材によく用いられる貴金属やアルミニウムに対して、高い吸収率を有することから、ブレイジングへの適用に大きな可能性が期待される。本稿では、高出力半導体レーザーを用いたレーザーブレイジング技術の開発について紹介する。

2. レーザブレイジングの原理と特徴および開発動向

レーザーブレイジングとは、熱源にレーザーを用いるブレイジング方法であり、溶接や切断などの熱加工

用レーザーとして実績のあるCO₂レーザー、YAGレーザーも用いられるが、半導体レーザー(LDレーザー)が積極的に用いられる。なかでも、著者らは図1に示すように予熱(あるいは、後熱)レーザービームを追加したタンデムレーザーブレイジング手法¹⁾を開発した。レーザーブレイジングの一般的な特徴としては、①溶融溶接とろう付の中間的な接合プロセス(ブレイズ溶接)、②母材に対するぬれ性やエロージョンを高度に制御可能、③局部加熱、急熱/急冷による母材の材質劣化や変形抑制可能、④インプロセスモニタリングやリアルタイム制御可能、⑤ろう付品質の安定化や高信頼性の達成、などが挙げられる。レーザーブレイジング技術は、2000年に発表されたスペースシャトルエンジン組み立てを目的とした貴金属耐熱ろう付に関する研究を端緒とする。その後、耐熱・耐食合金、鋼(Znメッキ鋼)、AlおよびCuのろう付に対するレーザーブレイジングの適用性評価へと展開した。さらに、最近では、異材接合(Al/鉄鋼、Cu/鉄鋼など)に対してレーザーブレイジングの適用が試みられるのみならず、2003年頃から、レーザーブレイジングを実用化するための検討が盛んとなり、特に欧州の自動車メー

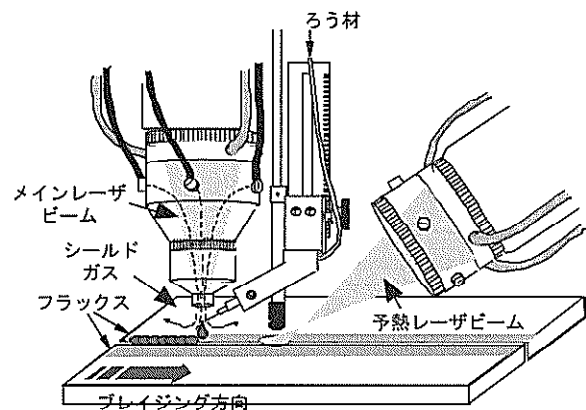


図1 レーザブレイジング(タンデムレーザーブレイジング)方法



*Kazuyoshi SAIDA
1959年11月生
昭和60年3月大阪大学大学院工学研究科
溶接工学専攻前期課程修了
現在、大阪大学大学院工学研究科マテリアル
生産科学専攻生産科学コース、
助教授、工学博士、溶接・接合工学
TEL 06-6879-7542
FAX 06-6879-7570
E-mail : saida@mapse.eng.osaka-u.
ac.jp

力を中心に、鋼およびAlのろう付、さらに、これらの異材接合に対してレーザーブレイジングが実用化されている。このことは、レーザーブレイジング技術自体の歴史は浅いものの、すでに十分実用化レベルにあることを示すものである。

3. 高出力半導体レーザーブレイジングの適用事例

高出力半導体レーザーを用いたレーザーブレイジングの事例を紹介する。貴金属耐熱ろう(Au-Ni, Ag-PdおよびAg-Cu-Pd合金)を用いたNi基およびFe基耐熱超合金のレーザーブレイジング(タンデムビームブレイジング)を実施した。1mm厚のインコネル600合金平板の突合せ継手(余盛削除)の引張強さに及ぼすろう付間隙の影響を図2に示す¹⁾。Au-Niろうでは、す

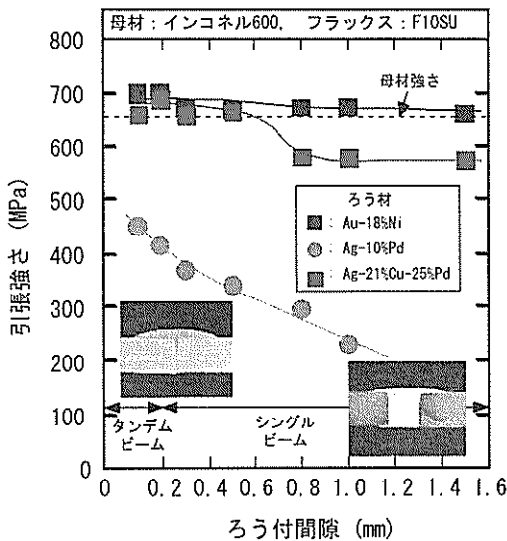


図2 インコネル600合金レーザーブレイジング継手(余盛削除)の破断強さ

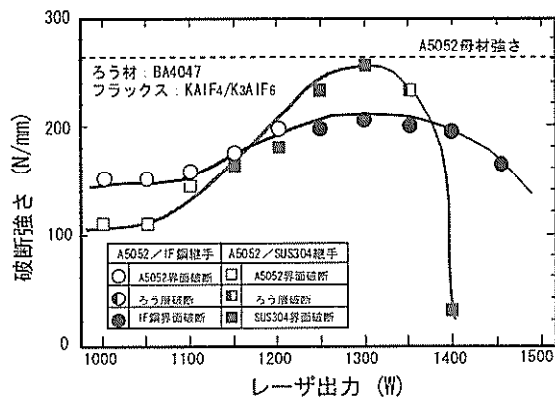


図3 Al合金と鉄鋼材料の異材レーザーブレイジング継手の破断強さ

べてのろう付間隙範囲で母材同等の引張強さ(660~680MPa)が得られる。Ag-Cu-Pdろうでは、ろう付間隙が0.1~0.5mmの範囲で母材同等の引張強さが得られるが、ろう付間隙が0.5~1.5mmの範囲では母材強さをわずかに下回る。Ag-Pdろうでは、いずれのろう付間隙においても接合強さは250~450MPa程度であり、ろう付間隙の増加に伴い引張強さは低下する。しかしながら、レーザーブレイジング継手の破断強さは、いずれも炉中ろう付継手(ろう付間隙:0.05mm)と同等、あるいはそれを大きく上まわり、レーザーブレイジングでは、狭間隙から広間隙に至るまで、良好なブレイジング特性が得られることが特徴である。

Al-Siろうを用いたAl合金と鉄鋼材料の異材レーザーブレイジングについて検討した。図3は、A5052合金/IF鋼およびA5052合金/SUS304重ね継手の破断強さ(引張せん断強さ)および破断位置を示したものである²⁾。いずれの継手においても、レーザー出力が大きくなると破断強さは増加するが、レーザー出力がさらに大きくなると破断強さは低下する。レーザー出力1300W付近において破断強さが最大となり、A5052母材強さの80%以上の破断強さを示す。A5052/SUS304継手では、レーザー出力による破断強さの変化が急峻であるが、最大破断強さはA5052/IF鋼継手に比べやや高い。レーザー出力が小さい継手ではA5052/ろう層界面で破断するが、レーザー出力の増加に伴い破断位置は鋼/ろう層界面あるいはろう層内に移行する。

レーザーブレイジング技術を補修に適用する事例として、ステライト欠陥補修について検討した。硬化肉盛材ステライト21Eに発生したクラックを補修することを目的とし、幅0.3mm×深さ1.5mmの模擬欠陥内に補修材料を充填した後、半導体レーザーを照射する

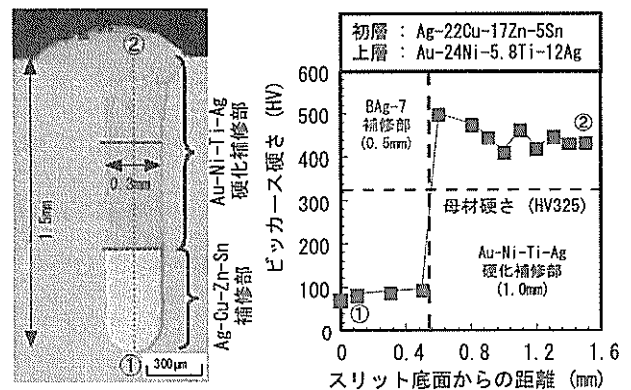


図4 ステライト欠陥補修部の組織と特性

ことによりレーザーブレイズ補修を行った。初層に低融点市販ろう材BAg-7, 2～3層に新開発補修材料(Au-Ni-Ti-Ag合金)を用いた3層レーザー充填補修部の組織および硬さ分布を図4³⁾に示す。模擬欠陥を完全に充填できるとともに、模擬欠陥上部では硬さがHV400～500に達し、ステライト母材を上回る良好な補修が実現できる。

4. おわりに

レーザーブレイジングは、自動車産業で実用化技術として現在適用中であり、将来、ハイブリッド化やシステム化、周辺技術などのプロセス開発、ろう付条件、施工安定性・安全裕度などプロセス最適化などを通じて、適用分野・材料の拡大および異材接合、補修技術など新たな分野への応用・実用化が非常に期待される。一方、レーザーブレイジングにおいて解

決すべき主な問題点としては、設備コストの削減、モニタリング・制御技術および周辺技術の開発、レーザーブレイジング用の材料(ろう材, フラックス)開発などが挙げられているが、これらの課題の克服に向けて各方面で精力的な検討が進められているところである。

参考文献

- 1) K.Saida, W.Song, K.Nishimoto and M.Shirai : Materials Science Forum, Vol.502, (2005), p.493-498
- 2) K.Saida, W.Song and K.Nishimoto : Science and Technology of Welding and Joining, Vol.10 No.2 (2005), p.227-235
- 3) 才田, 西本, 浅井, 中橋 : 日本金属学会講演概要, 第135回, (2004), p.551

この記事をお読みにになり、著者の研究室の訪問見学をご希望の方は、当協会事務局へご連絡ください。

事務局で著者と日程を調整して、お知らせいたします。

申し込み期限：本誌発行から2ヵ月後の月末日

申し込み先：生産技術振興協会 tel 06-6944-0604 E-mail seisan@maple.ocn.ne.jp

必要事項：お名前、ご所属、希望日時(選択の幅をもたせてください)、複数人の場合はそれぞれのお名前、ご所属、代表者の連絡先

著者の都合でご希望に添えない場合もありますので、予めご了承ください。