

水中レーザー溶接技術の開発

—当て板補修工法—

Development of Underwater Laser Patch Welding Technique

東芝 田村 雅貴 Masataka TAMURA
東芝 松永 圭司 Keiji MATSUNAGA
東芝 牧野 吉延 Yoshinobu MAKINO

Recently, stress corrosion cracking (SCC) has been observed at aged components of nuclear power plants under water environment and high exposure of radiation. Toshiba has been developing both an underwater laser welding directly onto surface of the aged components and underwater laser patch welding as repair techniques. This paper reports underwater laser patch welding technique.

Keywords: Underwater Laser Patch Welding, Stress Corrosion Cracking, PWR, BWR, Repair

1. 緒言

近年、BWR や PWR の炉水環境と高線量の放射線下で長時間使用された原子炉炉内構造物において、応力腐食割れが確認されている。ひび割れを炉水環境から隔離することで、さらに SCC が進展することを抑制することが可能となる[1]。東芝では、SCC に対する補修技術として、ひび割れに直接溶接金属を溶接する水中レーザー封止溶接法[2][3]及び、補修部位を当て板で覆う水中レーザー当て板溶接法を開発した。原子炉は、定期検査中であっても、炉水を抜くことは難しいことから、こうした水中での溶接を可能とする技術は、効率的な原子力発電所の運用に非常に有効な保全技術である。本報告では、水中レーザー当て板溶接法について報告する。

2. 水中レーザー当て板溶接法の原理

水中レーザー当て板溶接法は、封じ切るときに当て板と母材との間に残留した水が溶接時の加熱でガス化する噴出し対策として、ガス抜き穴がついた当て板の周囲の4辺溶接を行った後、ガス抜き穴をふさぐ2段階での溶接を行う。水中レーザー溶接工法は水中施工であることから、施工対象部位を気中環境にするための時間の短縮及び、水遮蔽の効果により炉内での施工中における作業者の被曝低減に有効な工法である。

連絡先:田村雅貴、〒231-0045 横浜市鶴見区末広町2-4、(株)東芝、電話: 045-510-5202、e-mail: masa.tamura@toshiba.co.jp

3. 水中レーザー当て板溶接法の開発

3.1 溶接ヘッドの開発

当社で開発した溶接ヘッドは Nd:YAG レーザを応用し、溶接ヘッドの周辺を部分的に気中とするものである。図1はこの装置の主要な機器の一つである溶接ヘッドの外観と実験装置を示す。Nd:YAG レーザ発振器から発振されたレーザーは光ファイバーを通して溶接ヘッドに伝送され、内蔵された光学系により集光され、溶融池を形成する。溶接ヘッドは水槽中に入るが、シールドガスを供給することで、施工部近傍を局所的な気中とすることができる。また、図中に示す溶接ヘッドは照明とカメラを内蔵しており、溶接の位置をカメラで確認した後で、溶接することができる。

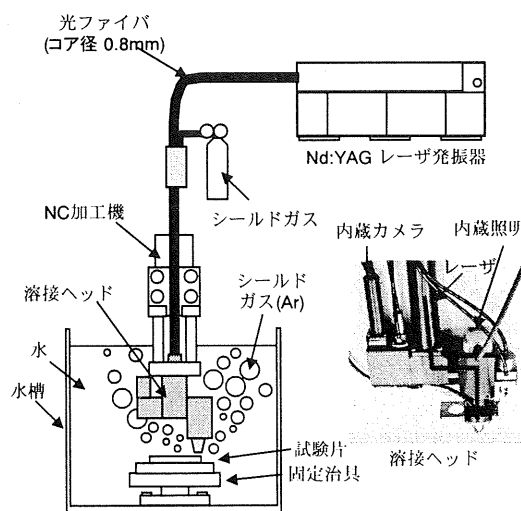


図1 実験装置と溶接ヘッド外観

3.2 当て板溶接

図2に当て板周囲の4辺溶接の施工概念図を示す。割れがある補修部位に当て板を固定するため、シールドガスを供給することで局所的な空洞を形成し、その空洞中でレーザを照射することで当て板周囲の4辺溶接を行う。当て板の直線部を直接ねらうと溶け落ちが顕著となるため、当て板側に0.5~1.5mm ずらした位置を溶接狙い位置とした。図3に4辺溶接後の外観及び断面マクロ写真を示す。当て板のガス抜き穴は開口幅0.3mm、長さ15mmのスリットを示したが、φ0.5mmの穴(12箇所)でも有効である。このように、当て板にガス抜き穴を設けることで、安定した4辺溶接が可能であることを確認した。

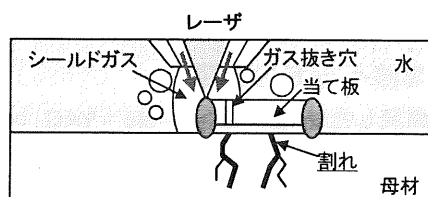


図2 4辺溶接の施工概念図

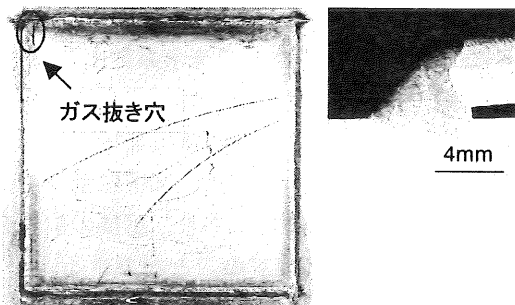


図3 4辺溶接後の外観及び断面マクロ写真

ガス抜き穴をふさぐ溶接法として、封止溶接法の施工概念図を図4に示す。封止溶接法では、局所的に形成した空洞中でレーザを照射し、かつ溶接ワイヤを供給することで、ガス抜き穴の上部に封止溶接層を形成させる。図5に封止溶接後の外観写真と封止溶接部を示す。封止溶接部には、噴出しはなく、金属光沢がある良好な溶接ビードによりガス抜き穴をふさぐことが

できることを確認した。

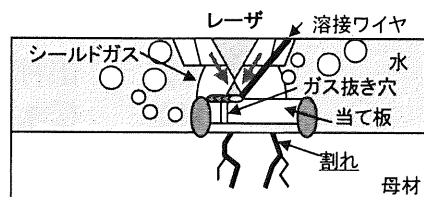


図4 封止溶接法の施工概念図

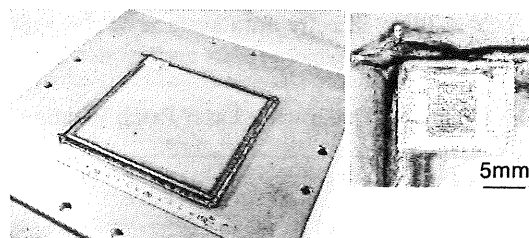


図5 封止溶接後の外観写真と封止溶接部

3. 結言

当て板溶接は、封じ切るときに当て板と母材との間に残留した水が噴き出すため、水中での施工が難しかったが、ガス抜き穴を設けることで可能となることを確認し、ガス抜き穴をふさぐ条件を明確にすることができた。今後、実機施工に向け、補修溶接までも対応可能な溶接ヘッドへの改良、アクセス施工装置の開発などを進める。

参考文献

- [1] 伊藤幹郎、ほか. “環境隔離されたき裂の SCC 進展抑制効果 (II)”, (社) 腐食防食協会、第 51 回材料と環境討論会講演集、頁 51-54 (2004 年 10 月).
- [2] 金澤ら、 “水中レーザ溶接技術”、東芝レビュー、60 巻 10 号、頁 36-39 (2005 年 10 月).
- [3] M. TAMURA, et al, “Development of Underwater Laser Cladding and Underwater Laser Seal Welding Techniques for Reactor Components”, ICONE13 -50141, Beijing, China, May, 2005.