

# 補修工法ガイドライン[水中レーザー肉盛溶接工法]の概要

## 1. 目的及び適用範囲

本ガイドラインは、原子炉機器に、応力腐食割れ（SCC）等によるき裂が発生した場合に、き裂を完全に除去した後に水中レーザービーム溶接により強度部材として欠陥除去部を埋め戻すために適用する補修方法の要領を示す。

原子炉機器を構成する高ニッケル合金（ニッケルクロム鉄合金）、オーステナイト系ステンレス鋼及びこれらに接合されたフェライト鋼の部材（母材、溶接金属）の補修に適用する。

## 2. 工法の概要

水中レーザー肉盛溶接工法は、原子炉機器にSCC等のき裂が見つかった際に、機械加工等によりそのき裂を除去し、除去した部分を構造強度上問題にならないように強度部材として埋め戻す工法である。その際、炉内からの排水を不要とするため、水中においてシールドガス（アルゴン等）を溶接施工部に供給することで局所的な空洞を確保し、確保された空洞中でレーザー光を照射しながら溶接ワイヤを供給して肉盛溶接する。

母材にフェライト鋼が使用されている原子炉圧力容器等の機器においては、き裂除去の機械加工によりフェライト鋼が露出あるいはフェライト鋼に溶接の熱影響が及ぶ開先となる場合がある。その場合には、通常の溶接では熱影響でフェライト鋼の靱性が低下する恐れがあるため、フェライト鋼に近い領域は靱性を低下させない常温テンパービード溶接を適用する。

## 3. 工法適用の条件

本補修工法の適用条件として、事前に以下の項目について実施し、確立しておくこと。

（事前の実施・確立事項）

- 溶接条件について溶接施工法の確認試験を実施し、溶接施工法を確立しておくこと。
- 図1の水中レーザー肉盛溶接施工ステップに基づき、施工管理要領を確立しておくこと。
- 適用部位を模擬した試験体及び専用の溶接装置を用いて、施工管理要領に基づき、健全な水中レーザー肉盛溶接施工が可能であることを事前に確認しておくこと。

## 4. 工法適用に対する要求事項

### 4.1 工法適用にあたっての前提条件

本補修工法の適用にあたっての前提条件は以下とする。

- 溶接施工面（開先面）には、SCCその他のき裂がないこと。
- 溶接施工面（開先面）には、溶接に悪影響を及ぼす有害な異物等がないこと。
- 接液部については、耐SCC性に優れた溶接材料を用いること。
- 肉盛溶接部の継手は、母材と同等以上の強度を有するものであること。
- 肉盛溶接後の施工部位に対して、継続的な検査が可能であること。

### 4.2 工法に対する要求事項

水中レーザー肉盛溶接工法に対する要求事項は以下とする。

(1) 溶接施工法及び溶接士の管理

(a) 溶接施工法

溶接方法はレーザービーム溶接とし、溶接施工法は、発電用原子力設備規格 溶接規格（以下 JSME 溶接規格という。）に準拠した溶接施工法確認試験にて確認されたものとする。

(b) 溶接士

実機施工に際しては、JSME 溶接規格に準拠した溶接士の資格管理を実施すること。

① 溶接士の資格

本溶接に必要な資格（レーザービーム溶接資格）を有している溶接士を選定すること。

② 訓練

工場において、水中レーザー肉盛溶接適用部位を模擬した試験体及び専用の溶接装置を用いて、確実に溶接施工できるよう各溶接士を事前に訓練すること。

(2) 健全性評価

水中レーザー肉盛溶接工法の適用に際して、各機器の構造健全性が確保される必要がある。このためには、損傷部位の状況（欠陥の範囲、深さ）を把握し、欠陥除去部の加工形状と肉盛溶接条件を決定する。この結果をもとに、施工後に各機器の構造健全性が確保されていることを確認する。

(3) 溶接部の検査

水中レーザー肉盛溶接部については、溶接施工前の開先面検査及び溶接施工後の最終検査において、JSME 溶接規格に準拠した非破壊試験を行い、規定を満足することを確認すること。

(4) 溶接施工

実機施工は、水中レーザー肉盛溶接施工管理要領に従い、実施すること。

(a) 開先面

目視検査にて、開先面には溶接に悪影響を及ぼす有害な異物等がないことを確認すること。

(b) 溶接条件

水中レーザー肉盛溶接施工管理要領に従った溶接条件を適用すること。

(c) 施工範囲

施工後に不連続で特異な形状ができないよう開先内を埋め戻すこと。

(d) 積層数

積層数は、母材および溶加材の材質を考慮し決定した最少層数以上とすること。また、常温テンパービード溶接が必要な場合はテンパー効果が得られる最少層数以上とすること。

(e) 溶接中の手入れ

グラインダー、ワイヤブラシ、パフ等により、ビード表面（層間を含む）の手入れを必要に応じて行うこと。

(f) 手直し溶接

溶接施工過程で欠陥が発生するなどの理由により手直しが必要となった場合、あるいは（3）に規定する施工後検査で判定基準を超える欠陥指示が出た場合は、手直し溶接を行うこと。なお、手直し溶接は欠陥等を除去した後に施工すること。また、手直し溶接の記録を作成し、保管すること。

(5) 表面残留応力改善

水中レーザー肉盛溶接施工により、肉盛溶接部の近傍に引張残留応力が発生して耐SCC性低下が予測される場合は、ピーニングあるいは研磨等の残留応力改善効果が確認された手法を用いて、肉盛溶接部近傍の表面性状改善を行うこと。

## 4.3 使用装置に対する要求事項

水中レーザー肉盛溶接施工等の装置仕様（要求事項）を明確にし、水中レーザー肉盛溶接工法に対する要求事項を満足できる装置であることを確認すること。

## 5. 施工後の確認

水中レーザー肉盛溶接工法の施工後、以下の確認を行うこと。

- 施工記録により、施工が適正施工条件の範囲内で実施されていることを確認すること。また、施工層数が最少層数を満足していることを確認すること。
- 水中レーザー肉盛溶接後に目視検査（VT）により溶接部の外観検査を行い、割れ等の有害な欠陥がないことを確認すること。
- 供用期間中、維持規格等で当該機器に要求される検査を行い、確認すること。

## 6. 適用フロー

水中レーザー肉盛溶接工法の適用に関するフローを図2に示す。

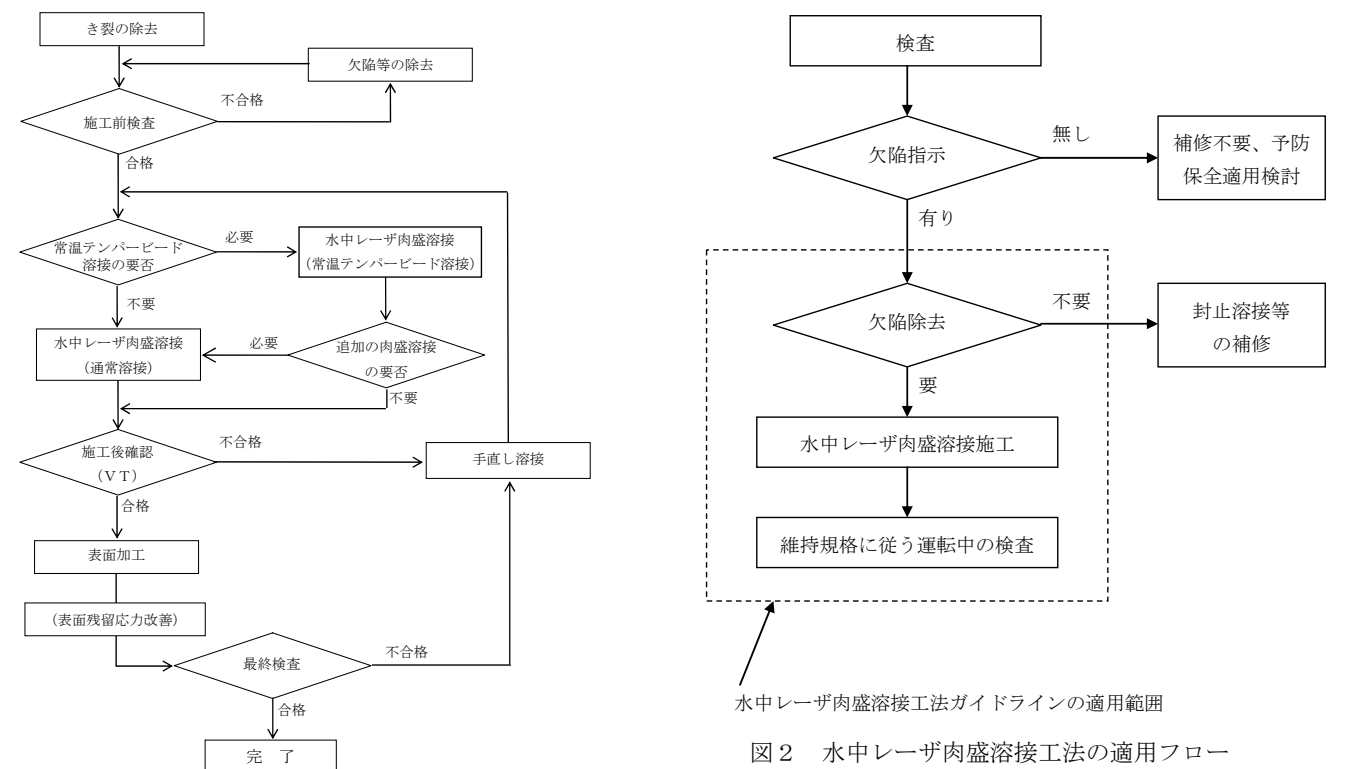


図1 水中レーザー肉盛溶接施工ステップ

図2 水中レーザー肉盛溶接工法の適用フロー