



|              |  |
|--------------|--|
| Title        | 高耐食690合金多層盛溶接部における高温割れ挙動とその抑制手法開発  |
| Author(s)    | 岡内, 宏憲   |
| Citation     | 大阪大学, 2012, 博士論文   |
| Version Type |  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/59240">https://hdl.handle.net/11094/59240</a>  |
| rights       |  |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【127】

氏 名 岡内宏憲

博士の専攻分野の名称 博士（工学）

学位記番号 第 25518 号

学位授与年月日 平成24年3月22日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当

工学研究科マテリアル生産科学専攻

学位論文名 高耐食690合金多層盛溶接部における高温割れ挙動とその抑制手法開発

論文審査委員 (主査) 教授 西本和俊

(副査) 教授 片山聖二 准教授 才田一幸

## 論文内容の要旨

本研究では、690合金多層盛溶接における継手健全性を確保することを目的とし、溶接金属に発生する割れの特定と発生原因の調査ならびに割れ防止方法を検討した。一方、実施工を考慮し、690合金とSUS316Lステンレス鋼の異材多層盛溶接および690合金によるレーザ肉盛溶接におけるREM添加690合金の割れ抑制効果についても検証を行い、その有効性を確認した。

第1章は緒言であり、研究の背景ならびに問題点を指摘し、本研究の必要性ならびに目的について述べた。

第2章では、690合金の適用事例を述べ、690合金溶接金属における高温割れに関する研究の現状と今後の問題点を述べたものである。

第3章では、690合金多層盛溶接部に発生する高温割れについて詳細に調査を行い、690合金多層盛溶接部で発生する割れの種類、伝播経路および発生部位などを明らかとした。さらに、割れ再現試験にて、不純物元素量の異なる溶加材の高温割れ感受性および割れ発生温度範囲を明らかとし、多層盛溶接において延性低下割れが生じない溶接金属中の不純物元素の成分範囲を明確にした。

第4章では、690合金多層盛溶接金属における延性低下割れ発生機構について検討を行った。高温延性試験により、内熱溶接金属の高温延性を評価するとともに、高温における粒界・粒内の局部変形能試験を実施し、割れ発生温度範囲における粒内変形および粒界すべりを調査した。溶接金属の詳細な組織解析を実施し、延性低下割れ感受性の高い溶接金属で確認される粒界偏析挙動を明らかにした。得られた知見をもとに粒界強度の低下原因を推定し、延性低下割れ発生機構を明らかとした。

第5章では、希土類元素(REM)を添加した690合金溶加材を作製し、その高温割れ抑制効果の検証と抑制機構の検討を行った。希土類元素としてLaを選定し、La添加690合金溶加材による溶接金属の割れ感受性をバレストレン試験で確認し、その抑制効果を調査した。La添加690合金溶接金属の組織解析を実施し、Laが割れ感受性に及ぼす役割について検討するとともに、690合金共金溶接における溶加材への適正La添加範囲を提示した。さらに、有限要素法による溶接継手部の熱弾塑性解析結果と、バレストレン試験によって取得されたDTRの関係を調査することにより、多層盛溶接における延性低下割れ発生予測を行った。

第6章では、実機における原子炉容器管台などのNi基合金とSUS316Lステンレス鋼の異材溶接部におけるREM添加690合金溶接金属の高温割れ抑制効果を確認するため、La添加690合金溶加材を用いた690合金とSUS316L異材多層盛溶接継手を作製し、その効果を検証した。異材溶接部における、La添加による高温割れ発生抑制機構についても調査し、SUS316Lとの異材溶接における690溶加材へのLa適正添加範囲を提示した。

第7章では、実機における内盛補修溶接を考慮し、600合金溶接金属およびSUS316LへのREM添加690合金によるレーザ肉盛溶接における高温割れ抑制効果の検証を行った。レーザ肉盛溶接におけるDTRの予測手法を提案し、熱弾塑性解析による温度-ひずみの関係を対比させることにより、レーザ肉盛溶接過程における延性低下割れ発生予測を実施した。

第8章は、総括であり本研究で得られた成果をとりまとめた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、690合金多層盛溶接における継手健全性を確保することを目的とし、溶接金属に発生する割れの特定と発生原因の調査ならびに割れ防止方法を検討している。一方、実施工を考慮し、690合金とSUS316Lステンレス鋼の異材多層盛溶接および690合金によるレーザ肉盛溶接におけるREM添加690合金の割れ抑制効果についても検証を行い、その有効性を確認している。得られた主な示唆は以下の通りである。

1. 690合金多層盛溶接部に発生する高温割れについて詳細に調査を行い、690合金多層盛溶接部で発生する割れの種類、伝播経路および発生部位などを明らかとしている。さらに、割れ再現試験にて、不純物元素量の異なる溶加材の高温割れ感受性および割れ発生温度範囲を明らかとし、多層盛溶接において延性低下割れが生じない溶接金属中の不純物元素の成分範囲を明確にしている。

2. 690合金再熱溶接金属の高温延性や、粒内変形率および粒界すべり挙動を調査し、粒界脆化が割れ発生の直接的

な原因であることを明らかとしている。また、溶接金属の詳細な組織解析を実施し、延性低下割れを引き起こす粒界脆化が、不純物元素の粒界偏析に起因し、本合金における延性低下割れ発生機構を明らかとしている。

3. 割れ抑制手法として、希土類元素(REM)を添加した690合金溶加材を考案し、その高温割れ抑制効果の検証と抑制機構の検討を行っている。さらに、有限要素法による溶接継手部の熱弾塑性解析結果と、バレストレン試験によって取得されたDTRの関係を調査することにより、多層盛溶接における延性低下割れ発生予測を行っている。

4. 実施工を勘案し、原子炉容器管台などのNi基合金とSUS316Lステンレス鋼の異材溶接部におけるREM添加690合金溶接金属の高温割れ抑制効果を確認しており、SUS316Lとの異材溶接における690溶加材へのLa適正添加範囲を提示している。

5. 実機における内盛補修溶接を考慮し、600合金溶接金属およびSUS316LへのREM添加690合金によるレーザ肉盛溶接における高温割れ抑制効果の検証を行っている。また、レーザ肉盛溶接におけるDTRの予測手法を提案し、熱弾塑性解析による温度-ひずみの関係を対比により、レーザ肉盛溶接過程における延性低下割れ発生予測を実施している。

以上のように、本論文は690合金多層盛溶接において発生する高温割れの特徴およびその発生機構を実験的に明らかとし、割れを効果的に抑制可能なREM添加690合金溶加材を開発している。また、開発溶加材の割れ抑制効果の検証に加え、実施工を鑑みた異材溶接およびレーザ肉盛溶接など幅広い施工法での適用性も検証しており、これらの知見は、690合金の主たる用途である原子力発電プラントの健全性を確保するために非常に有益である。また、割れ発生機構の解明ならびに割れ抑制方法の開発は、溶接・接合技術ならびに生産科学の発展に寄与するところが大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。