



Title	原子力プラントにおける新たな溶接技術に対する迅速な適用プロセスに関する研究
Author(s)	平野, 伸朗
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59247
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	平 野 伸 朗
博士の専攻分野の名称	博 士（工学）
学 位 記 番 号	第 2 5 5 5 1 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2項該当
学 位 論 文 名	原子力プラントにおける新たな溶接技術に対する迅速な適用プロセスに関する研究
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 西本 和俊 （副査） 教 授 村上 英一 教 授 望月 正人 准教授 才田 一幸

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、原子力プラントの主要機器溶接部の補修を念頭に置いて、新たな補修溶接技術を迅速に適用するためのプロセス確立を目的として、規制要求を含めた現状の整理と効率化が見込まれるプロセスの提案、特に計算機シミュレーションを活用した技術の適用までのプロセス効率化を提案した。

第一章 原子力発電を取り巻く状況を述べ、原子力発電所の安全性向上に向けて、損傷時の補修が重要であることを述べた。また、プラントの設備利用率の逡巡から、損傷に先駆けて補修工法の開発から適用までを迅速かつ合理的に行い、タイムリーに適用していくことの重要性を述べた。

続いて、プラントの補修技術の確立における、許認可という観点の重要性を述べた上で、新たな補修技術を適用するためのプロセス確立が必要であることを本研究の動機として上げた。また、プロセス内の課題としては、技術基準の要求事項の明確化及び技術基準に適合することの効率的な証明手段についても検討を行う必要があることを述べた。最後に、これらの課題を解決することにより、新たな溶接技術の速やかな適用および、当初補修対象とした部位以外へも迅速かつ高い信頼性をもって適用可能としていくことを研究の目的として纏めた。

第二章 新たな補修技術（常温テンパービード溶接）を適用した事例を説明し、新たな補修技術を適用するためのプロセスを確立したことを述べた。また、そこで得られた課題と今後の取り組みの方向性を示し、「要求事項の明確化」及び「証明手段の効率化」を行うことで、研究・開発期間と、規制当局と技術基準適合性について合意するために要した期間を短縮できることを示した。

第三章 常温テンパービード溶接を他部位へ適用することを念頭に置いて前章で明確化した課題についての検討を行った。「要求事項の明確化」については、証明すべき要求事項を「硬さ」及び「靱性」と明確化した。また、「証明手段の効率化」については、「硬さ」及び「靱性」の証明に計算機シミュレーションが活用可能であり、適用技術の信頼性向上にも寄与すること、手法自体の妥当性を事前合意しておくことで更なる迅速化が可能となる見込みを示した。

第四章 原子力プラントの設備等へ適用された溶接技術に対して計算機シミュレーションを活用した事例を調査し、FEMによる温度解析やニューラルネットワークを活用することで硬さ・靱性の予測精度向上が見込めることを示した。また、溶接残留応力解析についてもテンパービード溶接適用時の残留応力評価について高精度な評価が見込めることが確認できた。

第五章 テンパービード溶接を施工した後の熱影響部における硬さ・靱性を計算機シミュレーションで証明可能なことを示した。テンパービード溶接のような、溶接熱サイクル過程における焼き戻し効果を定量的に評価するため、ラーソンミラーパラメータを拡張したパラメータとしてTCTPを提案した。硬さ・靱性の予測につい

ては、種々の熱処理を付与した試験片の硬さ・吸収エネルギー値をデータベース化し、ニューラルネットワークを活用することで任意の熱サイクルを付与した場合の硬さ・靱性を予測可能であることを示した。

また、コンシステントレイヤー法でないテンパービード溶接手法についても、熱サイクルの単純化を行うことにより今回開発した硬さ予測手法が有効な予測手段となる可能性を示した。

第六章 テンパービード溶接を施工した後の低合金鋼熱影響部における残留応力の解析を行った。

溶接に伴う残留応力の解析にあたっては、反復サブストラクチャー法を用い、低合金鋼の相変態に伴う熱ひずみの温度依存性変化、焼き戻しによる降伏応力の変化をモデル化した。

テンパービード溶接を対象として行った解析結果と通常溶接の解析結果比較より、テンパービード溶接の焼き戻し過程において、低合金鋼熱影響部はテンパービード溶接による特異な残留応力は発生していないことが確認できた。

第七章 以上の研究成果を纏めた。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、原子力プラントの主要機器溶接部の補修を念頭に置いて、新たな補修溶接技術を迅速に適用するためのプロセス確立を目的として、規制要求を含めた現状の整理と効率化が見込まれるプロセスの提案、特に計算機シミュレーションを活用した技術の適用までのプロセス効率化を提案している。

第一章 原子力発電を取り巻く状況を述べ、原子力発電所の安全性向上に向けて、損傷時の補修が重要であることを述べている。また、損傷に先駆けて補修工法の開発から適用までを迅速かつ合理的に行い、タイムリーに適用していくことの重要性を述べている。続いて、プラントの補修技術の確立における、許認可という観点の重要性を述べた上で、新たな補修技術を適用するためのプロセス確立が必要であることを本研究の動機として上げている。また、プロセス内の課題としては、「技術基準の要求事項の明確化」及び「技術基準に適合することの効率的な証明手段」についても検討を行う必要があることを述べている。最後に、これらの課題を解決することにより、新たな溶接技術の速やかな適用および、当初補修対象とした部位以外へも迅速かつ高い信頼性をもって適用可能としていくことを研究の目的として纏めている。

第二章 新たな補修技術（常温テンパービード溶接）を適用した事例を説明し、適用するためのプロセスを確立したことを述べている。また、そこで得られた課題と今後の取り組みの方向性を示し、「要求事項の明確化」及び「証明手段の効率化」を行うことで、研究・開発期間と、規制当局と技術基準適合性について合意するために要した期間を短縮できることを示している。

第三章 常温テンパービード溶接を他部位へ適用することを念頭に置いて前章で明確化した課題についての検討を行っている。「要求事項の明確化」については、証明すべき要求事項を「硬さ」及び「靱性」と明確化している。また、「証明手段の効率化」については、計算機シミュレーションが活用可能であり、適用技術の信頼性向上にも寄与すること、手法自体の妥当性を事前合意しておくことで更なる迅速化が可能となる見込みを示している。

第四章 原子力プラントの設備等へ適用された溶接技術に対して計算機シミュレーションを活用した事例を調査し、FEMによる温度解析やニューラルネットワークを活用することで硬さ・靱性の予測精度向上が見込めることを示している。また、溶接残留応力解析についてもテンパービード溶接適用時の残留応力評価について高精度な評価が見込めることを確認している。

第五章 テンパービード溶接を施工した後の熱影響部における硬さ・靱性を計算機シミュレーションで証明可能なことを示している。また、溶接熱サイクル過程における焼き戻し効果を定量的に評価するため、ラーソンミラーパラメータを拡張したパラメータとしてTCTPを提案している。硬さ・靱性の予測については、種々の熱処理を付与した試験片の硬さ・吸収エネルギー値をデータベース化し、ニューラルネットワークを活用することで任意の熱サイクルを付与した場合の硬さ・靱性を予測可能であることを示している。さらに、コンシステントレイヤー法でないテンパービード溶接手法についても、熱サイクルの単純化を行うことにより今回開発した硬さ予測手法が有効な予測手段となる可能性を示している。

第六章 テンパービード溶接を施工した後の低合金鋼熱影響部における残留応力の解析を行っている。

溶接に伴う残留応力の解析にあたっては、反復サブストラクチャー法を用い、低合金鋼の相変態に伴う熱ひずみの温度依存性変化、焼き戻しによる降伏応力の変化をモデル化している。

テンパービード溶接を対象として行った解析結果と通常溶接の解析結果比較より、テンパービード溶接の焼き戻し過程において、低合金鋼熱影響部はテンパービード溶接による特異な残留応力は発生していないことが確認できた。

第七章 以上の研究成果を纏めた。

以上のように、本論文は原子力プラントの補修溶接技術に対して、新技術適用迅速化のためのプロセスとして計算機シミュレーションを活用したプロセスを提案し、その具体的応用例としてテンパービード法の妥当性を数理的手法により合理的に示す方法を開発

している。これらの知見は、新たな補修溶接技術を迅速に適用するためのプロセスの確立に対して、重要な示唆を与えることが展望され、その成果は、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。