OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	長期供用化の石油精製圧力容器の脆化現象と補修溶接性に関する研究
Author(s)	茅野, 林造
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46855
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	茅野林造（かやのりんぞう）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 20323 号
学位授与年月日	平成18年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科生産科学専攻
学位論文名	**長期供用下の石油精製圧力容器の脆化現象と補修溶接性に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教授 西本 和俊 （副査） 教授 小林紘二郎　教授 南 二三吉　助教授 才田 一幸

論文内容の要旨

本研究では石油精製圧力容器構造材料である2.25Cr-1Mo鋼とステンレス鋼オーバーレイ溶接部を対象として、長期供用下の熱的脆化と水素脆化の重畳現象の把握と補修溶接時に発生する割れを防止するための施工指針の提案を試みた。特に、母材2.25Cr-1Mo鋼/オーバーレイ溶接金属ボンド部近傍における脆化に対する水素の影響を明確化し、水素の拡散、集積挙動を数値シミュレーションにより把握するとともに、補修溶接を行った際の割れ感受性に及ぼす溶接熱サイクルの影響を明らかにした。本研究で得られた結果を以下に総括する。

(1)2.25Cr-1Mo 鋼にステンレス鋼をオーバーレイ溶接したボンド部近傍の炭化物層を中心とした組織観察を行い、供用下においては$M_{23}C_6$型炭化物の析出が顕著であり、SIMS分析の結果、この炭化物層が水素の集積サイトであることを明らかにした。

(2)ボンド部に切欠を挿入した引張試験により熱的脆化と水素脆化が重畳したときの脆化度の定量評価を行い、焼戻しパラメータの増加および水素曝露条件の高温高圧化により脆化が促進されることを明確にした。また、熱的脆化に比べて水素脆化の寄与の方が大きいことを示した。

(3)熱的脆化と水素脆化が重畳した斜めy型拘束割れ試験片を製作し、補修溶接を想定した1パスの試験溶接を行ったときの割れ感受性の評価を行い、補修溶接によりボンド部近傍の炭化物層に新たな割れが発生することを見い出した。また、割れ感受性には熱的脆化と水素脆化度および残存オーバーレイ厚さを介した補修溶接熱サイクルの影響があることを明らかにした。

(4)圧力容器のシャットダウン、補修溶接過程におけるボンド部近傍の水素の拡散、再分配挙動の数値解析の結果、補修溶接前の残存オーバーレイ厚さが薄く、補修溶接熱サイクルのピーク温度が高いほど水素が拡散し、ボンド部近傍への集積は低減されることを明らかにした。

(5)補修溶接時の割れ感受性には炭化物析出を主とした熱的脆化とボンド部近傍への集積水素量が影響していることを示し、残存オーバーレイ厚さを介した補修溶接熱サイクルと脱水素熱処理が割れ感受性に及ぼす影響を明確化した。

(6)ボンド部近傍オーバーレイ溶接金属における補修溶接施工の考え方として、熱的脆化と水素脆化の重畳した脆化度の把握、補修溶接による発生応力と脆化改善有無を踏まえ、新たな割れ発生の可能性を評価した後に脱水素運転採否を決定する新たな指針を示した。

論文審査の結果の要旨

本研究では石油精製圧力容器構造材料である2.25Cr-1Mo鋼とステンレス鋼オーバーレイ溶接部を対象として、長期供用下の熱的脆化と水素脆化の重畳現象の把握と補修溶接時に発生する割れを防止するための施工指針の提案を試みている。特に、母材2.25Cr-1Mo鋼/オーバーレイ溶接金属ボンド部近傍における脆化に対する水素の影響を検討し、水素の拡散、集積挙動を数値シミュレーションにより明確にしている。さらに、補修溶接を行った際の割れ感受性に及ぼす溶接熱サイクルの影響について考察を加えている。本論文は、以下の８章から構成されている。

第１章は序論であり、長期供用下の石油精製圧力容器の脆化現象と補修溶接に関する研究の背景および問題点を指摘し、本研究の必要性と目的について述べている。

第２章では、石油精製圧力容器構造材料、運転中の損傷要因についての現状を記述し、脆化の生じた圧力容器構成材料に対する補修溶接に関わる研究の現状と問題点を指摘している。

第３章では、圧力容器の補修溶接対象部位の絞込みを目的として、オーバーレイ溶接金属の脆化、母材2.25Cr-1Mo鋼の焼戻脆化および両者に対する水素吸蔵による水素脆化の各々の特徴を実験的に検証している。また、脆化した材料に対して補修溶接を行ったときの補修溶接部の特性評価を行い、本研究における補修溶接対象を明確化している。

第４章では、圧力容器構造材料における熱的脆化の程度を評価することを目的として、各種熱処理を行った試験材を製作し、各位置における詳細な組織観察および硬さ分布測定を行っている。また、石油精製圧力容器の構造材料における熱的脆化の程度を切欠引張やシャルピー衝撃試験により定量評価し、ボンド部近傍のオーバーレイ溶接金属の脆化が顕著であることを明確化している。

第５章では、圧力容器の構造材料において熱的脆化と水素脆化が重畳したときの脆化度を切欠付き引張試験片を用いた引張試験により定量評価を行っている。また、これらの複数の脆化要因が重畳した石油精製圧力容器構造材料に対して補修を行うときの溶接性、すなわち耐溶接割れ性を斜めy型拘束割れ試験により評価を行っており、割れ感受性には熱的脆化、水素脆化および残存オーバーレイ厚さを介した補修溶接熱サイクルの影響があることを明らかにしている。

第６章では、補修溶接熱サイクルが割れ感受性に及ぼす影響を定量的に評価することを目的として、斜めy型拘束割れ試験片を対象にボンド部近傍オーバーレイ溶接金属における水素の拡散、集積挙動の数値解析を行っている。解析にあたっては長時間供用における組織変化、補修溶接時の熱サイクル過程、発生応力までを考慮しており、残存オーバーレイ厚さを介した補修溶接熱サイクルがボンド部近傍の水素集積量に影響を及ぼしていることを示している。

第７章では、実際の石油精製圧力容器構造材料の補修溶接施工にあたっての割れ感受性を評価することを目的として、多層盛補修溶接モデルを設定し、補修溶接後の水素の再分配、集積挙動の数値解析を行っている。また、熱的脆化と水素脆化の重畳を実験的に再現した試験材に対する補修溶接試験を行い、割れ感受性評価を行っている。さらに、これらの結果に基づき実施工での脱水素熱処理までを考慮した施工指針の提案を行っている。

第８章では、以上の結果を総括している。

以上のように、本論文では実施工上で問題となっている長期供用下における石油精製圧力容器構造材料のオーバーレイ溶接ボンド部を対象に熱的脆化と水素脆化が重畳したときの脆化現象を詳細に解析し、脆化を支配する主たる因子の解明に成功している。さらに、脆化した材料に対して補修溶接を行ったときの水素の拡散集積挙動について理論解析を行い、補修溶接部の割れ発生挙動との対比検討から、残存オーバーレイ厚さを介した補修溶接熱サイクルが割れ感受性に及ぼす影響を明確にし、実施工できわめて有効な脱水素処理の採否の定量的基準を定める施工指針の提案を行っている。これらの知見は、石油精製装置における今後の損傷防止のためのメンテナンス技術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。