

Title	Fe-36% Ni合金インバーの溶接における延性低下割れに関する基礎的研究
Author(s)	張, 月嫦
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/35477">https://hdl.handle.net/11094/35477</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="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名・(本籍)	張 <sup>つるん</sup>	月 <sup>ゆえ</sup>	婦 <sup>ちあん</sup>
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	7 3 9 7	号
学位授与の日付	昭和 61 年 7 月 3 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当		
学位論文題目	Fe-36%Ni合金インバーの溶接における延性低下割れに関する基礎的研究		
論文審査委員	(主査)		
	教授	松田 福久	
	教授	荒田 吉明	教授 圓城 敏男 教授 中尾 嘉邦

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は液化天然ガスの輸送用および貯蔵用メンブレン構造のタンク等の材料に利用されているFe-36%Ni合金インバーの溶接金属において次パスビード等による再加熱時に発生する高温割れについて、その発生挙動、有害元素、溶接施工で割れが発生しないための条件、割れに関与する冶金学的因子の挙動とその機構を明らかにしたものである。

第1章は緒論であり、本研究の背景、目的および研究方針を述べている。

第2章では、溶接時の割れの発生と伝播の挙動およびその温度を動的直接観察法等により解明し、その結果とマイクロ組織や破面観察等の結果を総合して再加熱時の割れが延性低下割れであることを示している。さらに溶接入熱の増大および溶接時のシールドガスや雰囲気ガスに混入する酸素と窒素によって割れが発生し易くなることを示している。またその割れを再現するための“拘束緩和式U型高温割れ治具”を開発している。

第3章では、不純物元素の異なる24種の材料に対して高温割れ試験を行い、その結果を用いて線形回帰分析を行うことにより割れを引き起こす元素がS、O、NおよびAlであることを示している。さらにモデルタンクを製造することにより、溶接施工上で割れが発生しない成分条件を与えている。

第4章では、再現高温延性試験を行い、再加熱時の高温割れ特性を適確に再現できる試験条件を確立している。さらにこれにより評価された延性低下特性と実際の溶接割れの挙動との対応性を明らかにして、溶接施工上で発生しない条件を高温延性試験のパラメータから求めている。

第5章では、再加熱高温割れに関係する延性低下の機構を究明している。すなわち粒界すべりによる粒界キャビティの形成と合体によって割れが生ずること、また粒界キャビティの形成にはMnS、MnO、

AlNおよび $Al_2O_3$ 等の粒界析出物と粒界波状化が関与していることを明らかにしている。さらに延性低下温度域の高温側では延性を回復させる因子として粒界移動と動的再結晶が作用することを明らかにしている。また溶接金属部で割れが発生し易い理由は、凝固時の樹枝状晶境界におけるマイクロ偏析により粒界析出が促進されるためであることを解明している。そしてこれらを総合し、インバー溶接金属の再加熱時に延性低下割れの発生過程および機構を提示している。

第6章は、本研究で得られた成果をとりまとめ結論としている。

## 論文の審査結果の要旨

Fe-36%Ni合金インバーは溶接時に高温割れが発生し易いという問題がある。とくにビードの交叉する部分や補修溶接部等で次パスビードによって再加熱された前パスビードの溶接金属にマイクロな高温割れがしばしば発生する。このような割れの発生は、凝固割れ等の欠陥の補修溶接ができないことを意味しており、極めて重要な問題であり、その解明が望まれている。

本論文は、再加熱を受けたインバー溶接金属において発生する割れの挙動、割れを引き起こす有害元素、耐割れ性の良好な材料の組成の確立、および割れの発生機構等について検討を行ったものであり、得られた成果を要約すると次のようである。

- (1) 動的直接観察法という新しい手法を用いることにより再加熱高温割れの発生温度は約850℃、伝播温度領域は約600~1,000℃であることを明らかにしている。この結果およびマイクロ組織等の特徴より、再加熱高温割れは固相中の「延性低下割れ」であることを明確にしている。
- (2) 再加熱高温割れに適した新しい“拘束緩和式U型高温割れ治具”を開発し、そしてこの治具を用いて、入熱の増加および雰囲気からの酸素と窒素の吸収によって割れが発生し易くなることを示している。
- (3) 高温割れ試験の結果に対して回帰分析を行うことにより、有害元素はS、O、NおよびAlであることを示している。また、モデルタンクを製造して実際の溶接施工時に割れが発生しないための成分条件を与えている。
- (4) 再加熱高温割れを再現するための再現高温延性試験の条件を実際の割れ挙動と対応させて確立している。また、再現高温延性試験で評価される脆性温度領域および最低延性値により溶接施工で割れが発生しない材料の選定が可能であることを示している。
- (5) 再加熱高温割れの機構を、粒界すべり、粒界析出物および波状化粒界による粒界キャビティの形式から明確にしている。とくにMnS、MnO、AlNおよび $Al_2O_3$ 等の粒界析出物の密度と延性の関係を定量的に評価し、上記の回帰分析結果の意味を明らかにしている。また溶接金属の樹枝状晶境界のマイクロ偏析が粒界析出を促進させること、粒界移動と動的再結晶が延性回復因子として作用することを明示している。

以上のように、本論文はFe-36%Ni合金インバーの再加熱高温割れについて、割れ発生挙動、割れ

試験法および実際の溶接施工において割れが発生しない成分条件を明らかにし、また割れの発生機構についても提案しており、その成果は溶接工学並びに工業上貢献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。