

Title	高温高圧純水中における機械構造用炭素鋼S45Cおよびその溶接部のFan-Shaped型応力腐食割れ感受性に関する研究
Author(s)	阪口, 勝
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3110057">https://doi.org/10.11501/3110057</a>
DOI	10.11501/3110057
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	坂口 まさる
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 12488 号
学位授与年月日	平成 8 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産加工工学専攻
学位論文名	高温高圧純水中における機械構造用炭素鋼 S45C およびその溶接部の Fan-Shaped 型応力腐食割れ感受性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 松田 福久 教授 向井 喜彦 教授 柴田 俊夫 教授 小林 紘二郎

### 論文内容の要旨

本論文は、炭素鋼の高温水中での FSP-SCC (Fan Shaped Pattern 応力腐食割れ) の感受性を明確にし、またその溶接継手を想定し溶接熱影響部を模擬した各種熱処理材および実用溶接継手を用いて、上記の感受性に関する研究結果をまとめたもので主な内容はつぎのとおりであり、6章からなる。

第1章は緒論であり、従来の研究内容、経過ならびに本研究の必要性および目的について述べている。

第2章では、高温水中での FSP-SCC 挙動について基礎的知見を得るため、S45C 炭素鋼の高温水中における低ひずみ速度試験 (サート試験) 法について検討している。そして試験の予備検討として表面状況が破断までの時間におよぼす影響およびひずみ速度と FSP-SCC 感受性との関係を明らかにしている。また環境因子である試験温度と溶存酸素量を変化させたものを組合せ、試験中の荷重伸び線図や引張強さなどにおよぼすこれらの因子の影響を明らかにしている。

第3章では、第2章の実験結果を基にして、炭素鋼の高温水中の FSP-SCC 感受性の評価法を検討している。その結果 FSP-SCC 感受性の評価をその破面率だけでなく、サート試験で得られた各種機械的特性値を、同じ環境条件下で SCC の発生しない場合の機械的特性値を基にした伸び比、絞り比およびひずみエネルギー比などで行う新しい評価法を提案している。

第4章では、溶接継手を想定し、各種熱処理により金属組織を変化させて、その組織を有する材料の FSP-SCC 感受性を明らかにしている。また炭素量を変化させた場合の FSP-SCC 感受性の影響についても明らかにしている。さらにこれらの結果から得られた知見を基に、溶接継手試験片および R 付サート試験片を作製し、溶接継手の各部における FSP-SCC 感受性を明らかにしている。

第5章では、S45C 炭素鋼材を使用して、サート試験による FSP-SCC の発生の基となるピットおよび初期のミクロクラックの発生およびその進展機構を、インターラプト試験により明らかにしている。そしてピットの発生からクラックへの進展および破断までの過程を詳細に観察し FSP-SCC 破面の形成プロセスを明確にしている。そしてさらに試験片表面に形成する酸化皮膜と FSP-SCC 感受性の関係を明確にするために試験片に形成する酸化皮膜を斜角入射 X 線回折法によって明らかにしている。

第6章は結論であり、本研究で得られた主な研究を総括して結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

高温高压水を使用する原子炉用機器において、機械構造用炭素鋼材およびその溶接部に SCC が発生する可能性があることが知られているが、その環境条件との関係などについては明確ではない。このため本研究ではこれらの関係を明確にするため、主に S45C 鋼材およびその溶接部を使用し、丸棒型の試験片によるサート試験法により試験温度、溶存酸素量、組成および組織を変化させて SCC 感受性を検討している。

さらにサート試験中の種々の時間後にインターラプトして検討するインターラプト試験法により、SCC の発生、伝播および破断に至るプロセスを詳細に観察し検討を行っている。

得られた主な成果を要約するとつぎのとおりである。

- (1) 試験温度と溶存酸素量の組合せによる実験では、試験条件によって破断までの時間に長短があり溶存酸素量が多く短時間で破断した試験片の周辺には FSP-SCC 破面が広範囲に存在することを確認している。
- (2) ほぼ完全脱気状態の溶存酸素量 (0.007ppm) では試験範囲内の温度 (100~300°C) において FSP-SCC は全く発生しないことを示している。そして溶存酸素量が 0.2, 2 および 8 ppm では 200°C 以上で FSP-SCC が発生し 245~288°C でその発生量は最大となり、それ以上の温度で減少する傾向があることを示している。またその破面の発生量は溶存酸素量の増大とともに増加し、8 ppm では 300°C においてもなお破面が広範囲に発生することを明らかにしている。
- (3) 環境条件と SCC 感受性の関係を表す等 FSP-SCC 線図を作成し、SCC の発生領域を明確にしている。さらに従来の結果と比較しその差異を明確にしている。また成分および金属組織の SCC 感受性におよぼす影響を検討した結果、炭素量の低下および焼入れ組織により SCC 感受性は減少することを明確にしている。
- (4) 実溶接継手部各位置での FSP-SCC 感受性を R 付試験片により検討した結果、多層溶接部では溶接金属、HAZ および母材における FSP-SCC 感受性に大きな差が認められないことを示している。
- (5) 各環境条件における試験片の FSP-SCC 感受性は溶存酸素量が 0.007ppm の極めて低い環境条件下での破断までの時間、絞りおよびひずみエネルギーを基準として評価できることを明らかにし、この評価方法を新たに提案している。
- (6) FSP-SCC 感受性が大きい試験温度 245°C、溶存酸素量 8 ppm の条件におけるインターラプト試験において試験片表面における初期ピットの発生からマイクロクラックへの進展、個々のクラックの成長と伝播、そして合体と破断に至るプロセスを明確にしている。
- (7) ピットの発生部をミクロ的に観察した結果、ピットの発生はフェライトとパーライトの粒界またはパーライト内のフェライトとセメントイト境界においてフェライト側に選択的に発生することを明らかにしている。またマイクロクラックは塑性変形によりピットを起点として発生することを示している。
- (8) 試験片表面の FSP-SCC のクラックの進展速度は、環境条件によって生成する酸化皮膜の種類および厚さ比 (多層の場合) などにより異なることを示している。クラックはマグネタイト系酸化皮膜のみでは発生せず、ヘマタイトとマグネタイト系 2 層皮膜において発生する。そしてヘマタイト系の厚さ比が大きい場合に発生速度が大きくなることを X 線回折手法により示唆している。

以上のように、本論文は、炭素鋼の母材およびその溶接継手の高温高压水中での FSP-SCC 感受性を明確にし、その発生領域を特定するとともに、その発生、伝播のプロセスを詳細に検討し多くの知見を与えており、溶接および材料工学分野の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。