氏　　　名　釜谷昌幸（かまや まさゆき）

学位(専攻分野)　博　士（工　学）

学位記番号　論工博第3703号

学位授与の日付　平成15年1月23日

学位授与の要件　学位規則第4条第2項該当

学位論文題目　複数分布する微視組織的微小応力腐食割れに関する破壊力学的研究

論文調査委員　（主査）教授 北村隆行　教授 駒井謙治郎　教授 北條正樹

論文内容の要旨

本論文は，高温高圧水環境中において発生する応力腐食割れの形成過程を力学的に明らかにすることを目的として，微視組織に依存する微小き裂（割れ）の挙動を実験観察するとともに，き裂間相互作用や多結晶効果・き裂屈曲効果によるき裂進展駆動力の変化を明らかにして，複数分布して発生する微小き裂の成長を数値解析によって予測する方法について検討したものであって，6章からなっている。

第1章は緒論であり，今まで行われてきた応力腐食割れや微小き裂の成長特性に関する研究を整理して述べるとともに，破壊力学に基づいて行った本研究の目的と位置づけについて述べている。

第2章では，加圧水型原子力炉容器上蓋に用いられる600合金を対象として，その模擬環境下における負荷実験を行い，多数発生・成長する微小な応力腐食割れの特性を明らかにしている。とくに，微視組織の影響によって変動する因子に着目して，き裂長さ分布等の特性を統計的に整理している。

第3章では，複数き裂の相互作用に関する定量的検討を行っている。とくに，表面き裂および貫通き裂の相互作用下の進展駆動力について，有限要素法を用いて解析を行っている。この際，メッシュ分割法に工夫を加えて大規模計算を合理的に行う方法を提案し，その有効性を示している。この方法によって，高い計算負荷がある本課題の解析を容易にしている。き裂は，その配置によって進展が加速・減速されることがある。進展駆動力の解析結果を基に破壊力学的考察を行い，その加減速条件を明らかにしている。

第4章では，多結晶効果とき裂屈曲効果によるき裂進展の不規則性について解析している。まず，双結晶の粒界き裂進展に関する基本的特性を明らかにした後，個々の結晶粒の弾性異方性が微小なき裂の進展駆動力に及ぼす影響（多結晶効果）を，多結晶体の変形拘束を考慮した大規模応力解析によって解明している。とくに，ランダムな結晶方位分布を有する多結晶に対するき裂進展駆動力の統計的なばらつきを，繰り返し解析によって確率分布として表すことに成功している。つぎに，き裂の屈曲が進展駆動力に及ぼす影響（屈曲効果）を，体積力法によって解析している。本研究で対象とする条件ではき裂が粒界に沿って進展することを考慮して，試料観察より得られた粒界の角度分布よりき裂屈曲角度分布を求め，その進展駆動力の変動特性を明らかにするとともに，簡便な式で屈曲効果を表現できることを見出している。本章の結果より，微視組織的微小き裂進展駆動力の不規則性に関する統計的特性を定量的に明らかにしている。

第5章では，多結晶体に複数発生する微小き裂の進展駆動力に関して得られた知見を総合するとともに，計算機より発生させた乱数を用いてモンテカルロ法による微視組織的微小応力腐食割れのシミュレーション法を提案している。これによって，複数き裂発生・成長過程を明らかにすることができ，材料の寿命予測に不可欠な主き裂の形成を予測することができる。さらに，本シミュレーションを模擬実験条件に合わせて実行し，実験観察との比較より，その有効性を確認した。さらに，本シミュレーションを現場や実験室における情報とリンクさせて，実構造物の寿命予測を行うシステムを提案している。原子炉容器上蓋における信頼性評価の適用を通して，その有用性を示している。

第6章は結論であり，本論文で得られた成果について総括するとともに，今後の課題と発展性について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は，高温高圧水環境中において発生する応力腐食割れの形成過程を力学的に明らかにすることを目的として，微視組織に依存する微小き裂（割れ）の挙動を実験観察するとともに，き裂間相互作用，多結晶効果，屈曲効果によるき裂進展駆動力の変化を明らかにして，複数分布微小き裂成長を数値解析によって予測する方法について研究したものであって，その概要は以下の通りである。

1）加圧水型原子力炉に用いられる600合金を対象として，その模擬環境下における負荷実験を行い，多数発生・成長する微小な応力腐食割れの特性を明らかにした。とくに，微視組織の影響によって変動する特性を，統計的に整理した。

2）複数表面き裂および貫通き裂の相互作用下のき裂進展駆動力について，有限要素法を用いて解析を行った。とくに，メッシュ分割法に工夫を加えて大規模計算を合理的に行う方法を提案し，高い計算負荷がある本課題の解析に用いた。き裂は，その配置によって進展が加速・減速されることがある。き裂間相互作用の解析結果を破壊力学的に考察し，その加減速の条件を明らかにした。

3）多結晶体における個々の結晶粒の弾性異方性が微小なき裂の進展駆動力に及ぼす影響を，大規模応力解析によって明らかにした。とくに，ランダムな結晶方位分布を有する多結晶に対するき裂進展駆動力の統計的な分布を，繰り返し解析によって示した。

4）き裂の屈曲が進展駆動力に及ぼす影響を体積力法を用いて解析した。本研究で対象とする条件では，き裂が粒界に沿って進展することを考慮して，粒界の角度分布よりき裂進展駆動力の変動特性を明らかにするとともに，簡便な式で屈曲効果を表現できることを見出した。

5）き裂進展駆動力に関して得られた相互作用，多結晶効果，屈曲効果に関する知見を総合するとともに，モンテカルロ法を用いて統計的に複数き裂発生・成長過程を予測する方法を提案した。また，シミュレーションと実験観察の比較を行って，その有効性を確認した。

6）上記シミュレーションを用いて，機器局部の正確な寿命評価を行う方法を提案し，実構造物の寿命予測に適用できることを示した。

以上，要するに本論文は，微視組織的微小応力腐食割れの進展特性について新たな知見を与えるものであり，破壊力学の発展および原子力プラントの安全性確保の観点から，学術上，実際上寄与するところが少なくない。よって，本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また，平成14年11月27日，論文内容とそれに関連した試問を行った結果，合格と認めた。