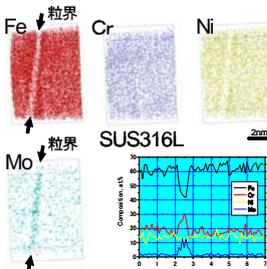


オーステナイト系ステンレス鋼製の原子炉配管及び炉内構造物で顕在化している応力腐食割れ(Stress Corrosion Cracking: SCC)及び照射誘起応力腐食割れ(Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking: IASCC)の感受性は使用環境に影響されるが、原子炉内の使用環境は複雑であり予想される全ての条件でき裂の発生・進展挙動を調べる試験を行うことは、時間的及び費用的に実施不可能である。従って、SCC及びIASCCの機構を明らかにし様々な条件に対して予測を行えるモデルを作成することが必要不可欠であり、このためマルチスケール分析の行える新しい実験手法などを開発し研究を進めている。

材質変化

・材料溶解

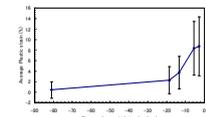
重量物の熱処理(溶体化熱処理)中に材料中で偏析が生じる。特に、粒界にCr及びMoが非常に高濃度に濃縮する。



3DAPで測定した粒界近傍の原子マップ

・溶接

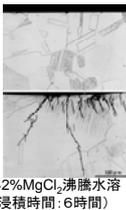
溶接熱入力により溶接近傍で大きなひずみが発生する。



EBSDにより測定した実規模再循環系配管の溶接線からのひずみ分布

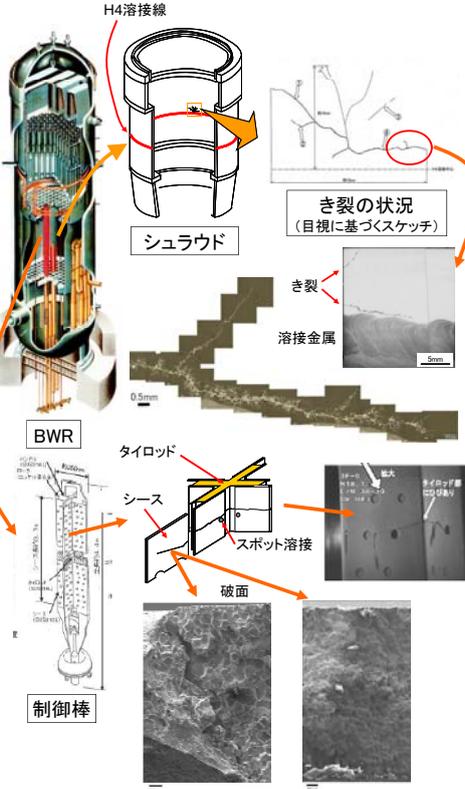
・切削加工

最終仕上げとして行う切削加工などで極表面に導入されるひずみによりTGSCCの発生が促進される。



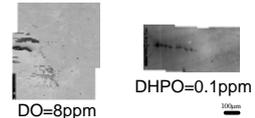
SUS316L鋼にフライス加工をしていないもの(上)とフライス加工をしたもの(下)を用いて、42%MgCl₂沸騰水溶液環境中でCBB試験を実施。(浸漬時間:6時間)

シュラウドに生じたSCCと制御棒シースに生じたIASCCの例

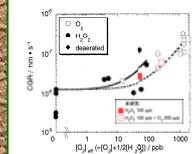


腐食環境

放射線照射下での水質変化
水の放射線分解により、照射下では過酸化水素や酸素などの酸化種に加えラジカルも生成する。その水質を模擬した環境中でのき裂進展試験では、き裂の進展挙動や進展速度が過酸化水素濃度に影響された。



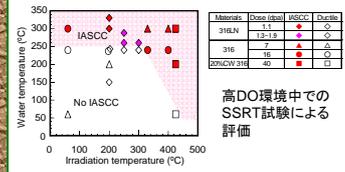
SUS316鋼(熱敏感化後、20%冷間加工)の0.5T-CT試験片を用いた288°C高温水中定荷重試験後のき裂進展の様子



実効酸素濃度[O₂]_{eff}で規格化した場合のき裂進展挙動に及ぼす過酸化水素の影響

・照射温度と試験温度の影響

原子炉の起動停止時や異常時、又は核融合炉などの軽水炉とは異なる温度で使用される場合の評価が重要である。熱敏感化材とは異なり、300°C程度で照射されたSUS316鋼は240°C以下の高温水中ではIASCCを発生し難かった。

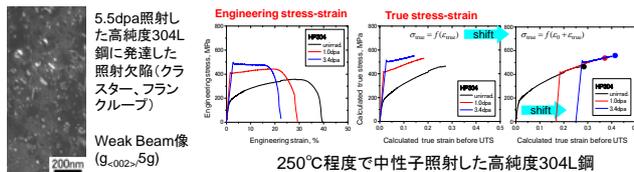


高DO環境中でのSSRT試験による評価

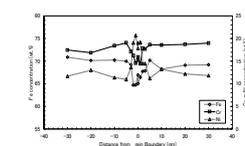
材料劣化

・照射の影響

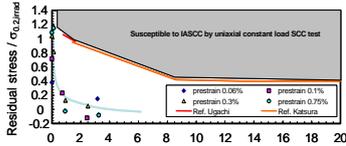
照射によりステンレス鋼は照射欠陥が発達するため、照射硬化し均一伸び及び加工硬化能が低下する。しかし、真応力-真ひずみ関係を見た場合、照射による硬化分を予みずみと考えれば、加工硬化能の低下は無くする。



照射を受けることにより、粒界近傍で偏析が起こり、Cr及びMo濃度は低下し、Ni及びSi濃度が増加する。



SCCを発生させる溶接残留応力は、照射を受けることにより、照射誘起応力緩和を生じ低下する。

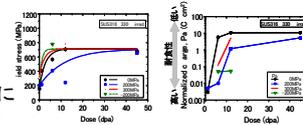


280°Cで5.5dpa照射した高純度316L鋼

SUS316L鋼の応力緩和挙動

・照射と残留応力の複合作用

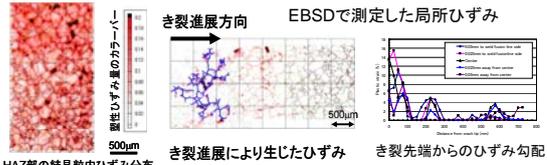
残留応力の影響により照射硬化挙動や腐食挙動が変化する場合がある。(げ変形をしたSUS316L試験片に330°Cで12MeV Niイオン照射を行った)



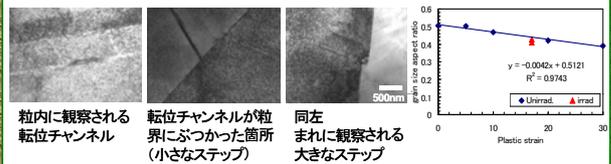
局所の変化

・力学的特性

溶接熱影響部では、粒界近傍にひずみが蓄積し、更に粒界型き裂先端ではひずみが増加するため、き裂先端に大きなひずみ勾配が生じる。

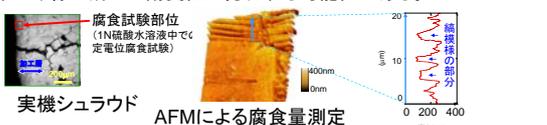


照射材では特有の局所的変形機構(転位チャンネル、チャンネル変形)が生じる。そのため、粒界で局所的に大きなひずみが、不連続に発生する可能性がある。しかし、この様な局所的変形を生じても、結晶粒が引張応力方向に伸びる挙動は、非照射材と同じである。



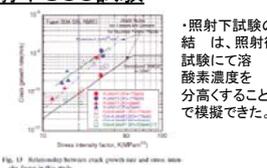
・腐食特性

すべり線の上では耐食性が劣化する可能性がある。



基のためのデータと照射下SCC試験

基の定のため、JNES中に照射後試験片などを用いてSCC及びIASCCのき裂進展データが蓄積されている。しかし、実際のき裂進展は照射下の環境で起こっているため、照射下き裂進展試験が重要である。そこで、JMTRを用いて照射下き裂発生及びき裂進展試験を実施している。



劣化と予測

構造材の劣化のため、炉内腐食環境を評価するために、水質予測プログラムWRACや炉内間で使用可能な水質モニタリングの開発を進めている。さらに、構造物の損傷を予測するため照射の複合作用を考えた新しい材料損傷評価プログラムの開発を行った。

