



次世代自動車宮城県エリア 人材育成プログラム、研究設備・機器等共有化 プログラム説明会

庄子研究室

平成24年8月22日

東北大学 未来科学技術共同研究センター
フロンティア研究プロジェクト
庄子哲雄

エネルギープラント用構造材料の破壊物理

■ 環境助長割れのメカニズム解明と材料開発基盤研究

- 軽水炉冷却材である高温高圧水環境下における応力腐食割れなどの環境助長割れのメカニズム研究に基づく長期的耐久性を保証する次世代材料開発の基盤となる研究を推進している。
- アプローチとして上記環境下における合金の酸化挙動ならびにき裂進展速度の高精度な実測などの実験手法に加え、分子動力学法などのナノスケール解析、3次元有限要素法による微小き裂進展挙動のシミュレーションといった数値解析を用いることで環境助長割れ機構に関する総合的な研究を行っている。

■ 割れ進展予測モデルの開発と長期信頼性研究

- ステンレス鋼やニッケル基合金などのエネルギープラント用構造材料の長期信頼性の評価に関する研究を推進し、実プラントでの損傷挙動の定量的かつ正確な予測手法の確立を目指している。
- 原子力発電プラントの経年劣化に関しては、実機構造部材(配管等)を模擬した円筒形状の試験片を用いた実機応力状態に近い条件下でのき裂進展試験や溶接部での進展挙動特性の調査により割れ進展予測モデルやき裂進展速度線図の実機構造体への適用性に関する研究を行っている。

表面検査法の研究

- 表面・界面に起因する信頼性課題 -

- 金型ヒートクラック寿命評価
- 接合部の疲労寿命信頼性課題
- 水素の局所蓄積の評価

金型ヒートクラック寿命評価

- 金型生産技術の信頼性向上に向けてのヒートクラック形成過程の解明と寿命評価・改善
 - 再現試験法の開発
 - 評価試験法の開発
 - 寿命の定義
 - 設計への反映
 - CAD, CEAとの連成
 - 金型寿命の評価と改善策

接合部の疲労寿命信頼性課題

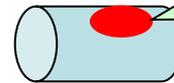
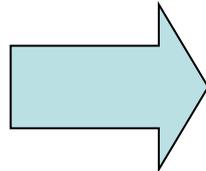
- スポット溶接部等の接合部の強度信頼性
- 複雑形状部の疲労損傷の累積過程の評価
- 局所的疲労損傷累積の検出
- 高感度銅メッキ法による累積ひずみ、疲労損傷の評価手法の開発
- 試験法の確立と接合部疲労信頼性評価試験法の提案
- 接合部寿命評価

水素の局所蓄積の評価

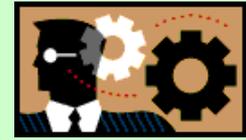
- 水素に起因する信頼性低下現象
- 逃げ足の速い水素の分析
- 酸化皮膜・金属界面における水素の蓄積
- GD-OESによる分布測定
- 金属中水素誘起酸化現象の解明と実機信頼性低下要因

庄子研究室の主たる所有研究設備

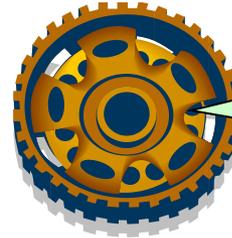
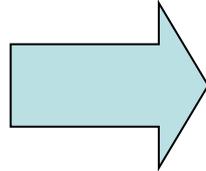
各種分析装置



表面についている赤いものは何だ？



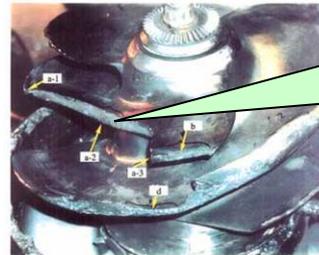
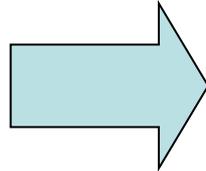
各種試験装置



この材料は何回・何時間持つだろうか？



各種観察装置



なぜ壊れたの？
細かく観察したい。



図6 インデューサ羽根の欠損

各種分析装置

- 存在する化学元素を調べます。
 - 酸素、水素、鉄、ニッケル、クロム、マンガン、リン、硫黄、亜鉛、銅、鉛、リチウム、ナトリウム、、、、
- その化合状態を調べます。又は何と結合しているか。
 - 例えば鉄と酸素が見つかった場合に、 Fe_2O_3 なのか Fe_3O_4 なのか
- 調べたい元素、化合状態の評価、測定精度、等に応じて下記分析器を使い分けます。
 - オージェ電子分光分析装置 (高分解能)
 - 走査型電子顕微鏡 (EDS) (オールマイティ)
 - X線光電子分光分析装置 (結合状態)
 - 二次イオン質量分析装置 (全元素分析)
 - ラマン分光分析器 (大気中で分析)
 - 高周波グロー放電発光表面分析装置 (全元素分析)



オージェ電子分光分析装置

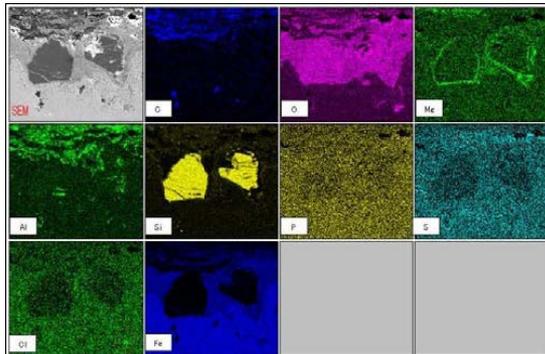


走査型電子顕微鏡



X線光電子分光分析装置

SEMのEDS装置による分析例



長期間使用部材腐食部板厚方向の元素分布
(C、O、Mg、Al、Si、P、S、Cl、Feの分布)



高周波グロー放電発光表面分析装置



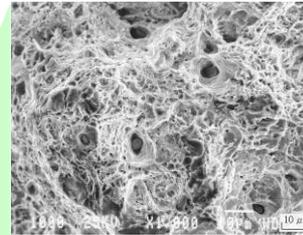
二次イオン質量分析装置

観察装置

(破面観察例)



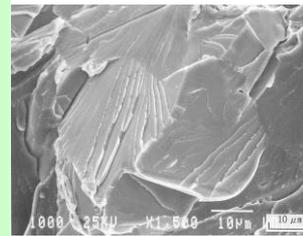
破面を拡大観察すると壊れた原因の特定に役立ちます。
また、50万倍までの倍率で拡大観察できます。



(デンプル)

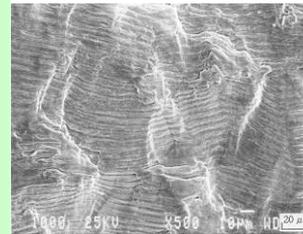
(原因の例)

大きな荷重がかかった。
材料の強度が不足していた。



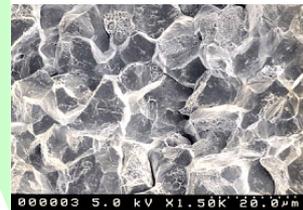
(へき開)

溶接欠陥があった。
靱性が不足していた。



(ストライ
エーション)

大きな荷重が繰り返した。
応力集中があった。



(粒界)

高温で使った。
腐食雰囲気使った。

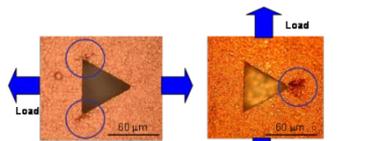
各種試験装置

10トン疲労試験機、300/150トン二軸試験機、回転曲げ疲労試験機

- 基本的な材料強度
引張特性、疲労強度
- き裂付の強度
破壊靱性、疲労き裂進展速度
- 環境中の強度
疲労き裂進展速度、SCC進展速度
- 大型部品の強度
疲労強度
- 銅メッキ箔によるギガサイクル疲労評価
繰返し荷重或いは繰返し回数の評価

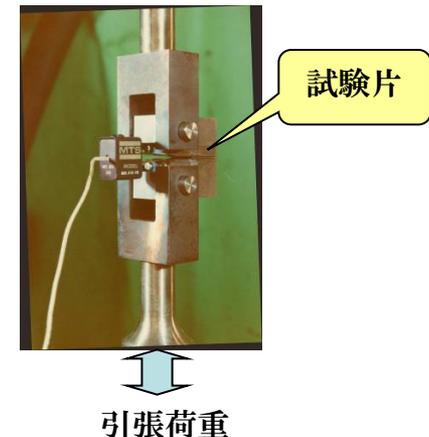
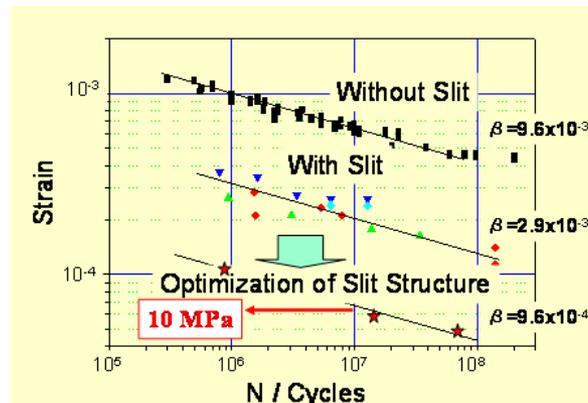


10トン疲労試験機



(荷重の方向により着目点を選ぶ)

銅メッキ箔の組織変化と校正曲線から疲労強度を推定する



このようなことでお悩みではありませんか？



文部科学省の補助金と未来科学技術共同研究センターの専門的知識と技術により、皆様の技術的課題を解決します。

文科省先端研究施設共用促進事業実施例(1)

高感度銅メッキ法によるスポット半割り部疲労試験におけるひずみ集中と結晶方位のずれ評価

利用企業:トヨタ自動車株式会社

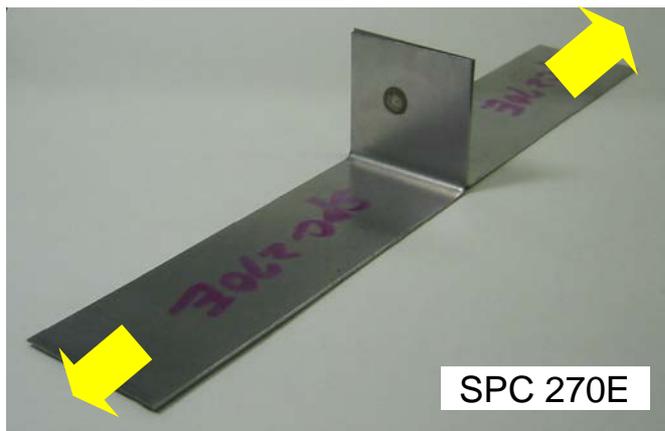
目的:自動車生産ラインにおいて多用されているスポット溶接部の長期信頼性評価技術の開発(疲労累積ひずみの定量的評価手法)

内容:スポット溶接部半割試験片に高感度銅メッキ法を適用し、疲労き裂進展特性の調査を可能とする手法を提案した。これによりスポット溶接部の長期信頼性に資することが出来る。

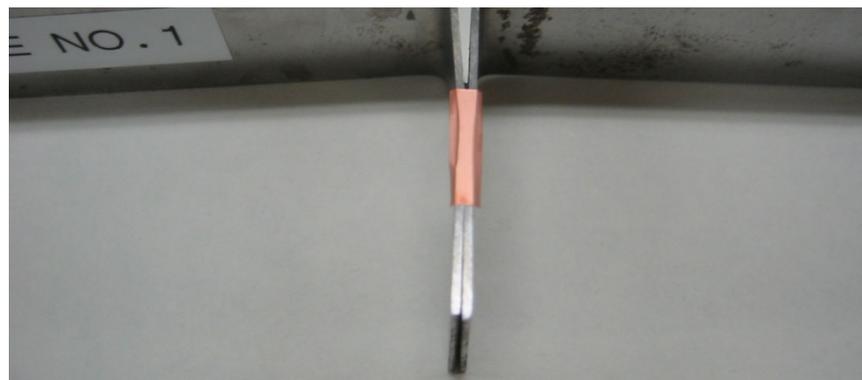
- ①自動車生産ラインに多用されているスポット溶接部の疲労寿命試験
- ②高感度銅メッキ法による累積ひずみの局在化過程の評価
- ③再結晶メッキの結晶方位同定と負荷応力方向の推定
- ④疲労き裂進展特性と累積ひずみの局在の相関の調査

文科省先端研究施設共用促進事業実施例(1)

試験片外観写真



接着後の銅メッキ箔の様相 ($\Sigma\Pi X270E$ 材)

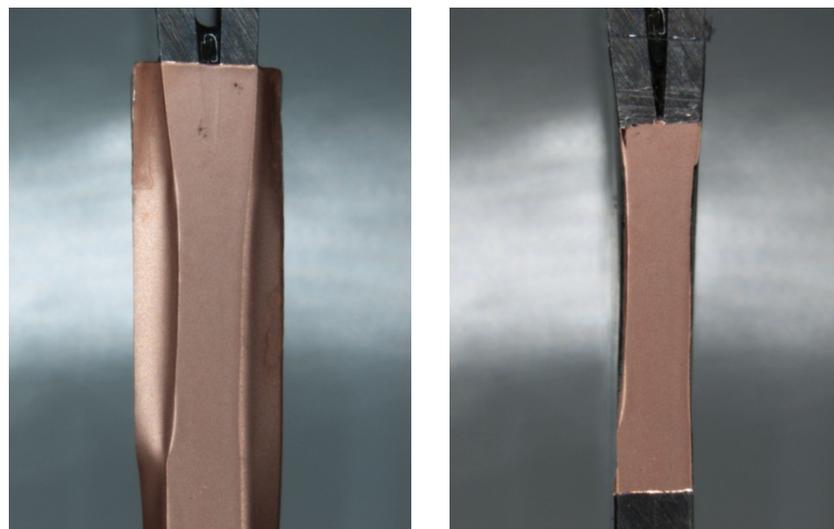


外観

■ 提供試験材料：冷間圧延鋼板材

1. $\Sigma\Pi X270E$ 材 (深絞り加工用)
2. 高強度鋼板材 (名称非公表)

■ ナゲット中央部にて長手方向に切断



ナゲットからはみ出た部分は切り取った

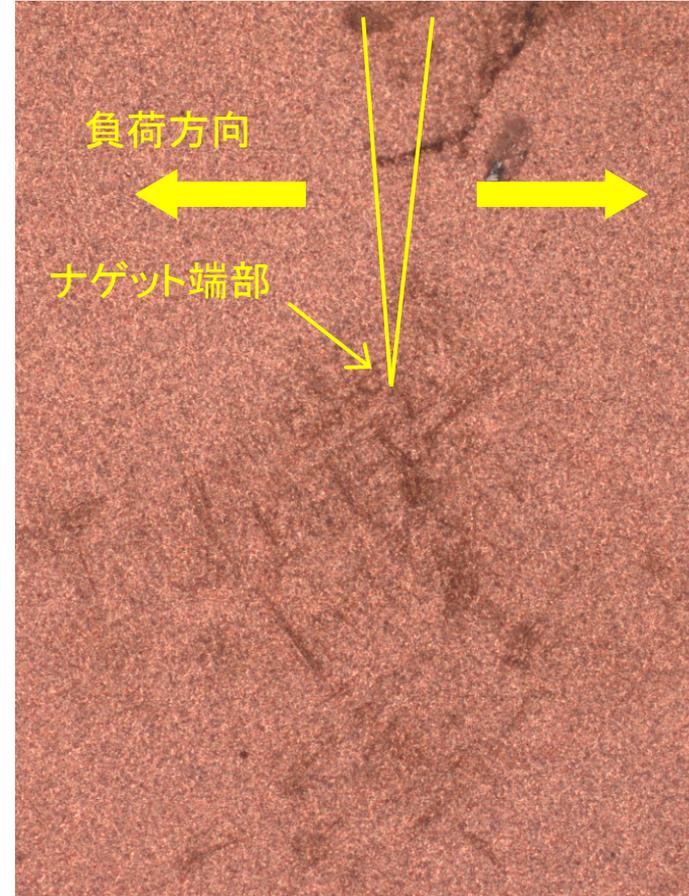
文科省先端研究施設共用促進事業実施例(1)

斑点発生確認時(7.16×10^5 サイクル)



実体顕微鏡

- 斑点は2箇所が発生
- 板合わせ開口部でメッキ箔の剥離



光学顕微鏡

- すべり模様: 最大せん断ひずみ方向
- ナゲット端部におけるひずみ集中を検出

文科省先端研究施設共用促進事業実施例(2)

自動車用部品製造金型の熱衝撃疲労特性に関する研究

目的:自動車製品を製造するための「工具」として重要な金型のトラブルは自動車部品の生産性に直接影響を与えるため、耐熱衝撃疲労特性に優れた金型の開発は非常に重要である。しかしながら、金型に生じるような高速の熱衝撃疲労試験を行う手法は確立されておらず、開発する必要がある。

内容:本研究では強力なYAGレーザー発信器を用いて試験片に熱衝撃を与えることで高速の熱疲労試験を行う手法を開発する。
試作した実験装置で熱衝撃疲労試験の実施に成功した。ただし、試験片の発熱状態はレーザー出力以外にも湿度などの外的要因にも大きく左右される事から、これらを排除した試験法の改善が今後の課題である。
様々な温度条件で試験を行った結果、わずかな温度条件の違いでもその損傷形態を大きく変える事が明らかとなった。この事から、金型の素材を変更しなくても最適な形状設計、加工時の温度条件の最適化で金型の損傷を制御できる可能性がある事が示された。

文科省先端研究施設共用促進事業実施例(2)

