

提出 H20 年 4 月 1 日

## 第 6 回放射光応力・ひずみ評価研究会議事録（案）

日 時 2008 年 3 月 31 日（月） 13:30～16:50  
場 所 財) 高輝度光科学研究センター 中央管理棟 1F、講堂  
(兵庫県佐用郡佐用町光都)

出席者 田中啓介（名城大学）、秋庭義明（名古屋大学）、秋田貢一（武蔵工業大学）、秋山健司（村田製作所）、今福宗行（日鉄テクノリサーチ）、梅咲則正（JASRI）、桐山幸治（JAEA）、日下一也（徳島大学）、鈴木賢治（新潟大学）、土屋新（三菱マテリアル）、中尾隆三（丸紅インテックス）、永田正之（JASRI）、二宮利夫（JASRI）、浜田光博（リガク）、松本恵介（鉄道総研）、山口浩司（住友電気工業）、横山亮一（リガク）、渡辺義夫（JASRI）

以上 18 名

### 配布資料

1. 第 6 回研究会議事次第
2. 第 5 回研究会議事録
3. 第 2 期研究会申請書

### 議題

#### (1) 主査、幹事などからの報告

- 1) 前回議事録について確認し、承認された。
- 2) 研究会申請

利用者懇談会の第二期研究会公募にあたって、本研究会の継続的位置づけとして「残留応力と強度評価研究会」、代表者：秋庭義明、副代表者：菖蒲敬久を提出し、承認された。4 月の評議会の承認をもって発足することとなった。

#### 3) ICRS-8

ICRS-8 (Denver, 2008 年 8 月 6～8 日) の申し込みが 3 月 1 日に締め切られた。多くの放射光、中性子関連の発表が予想されるため、終了後に報告の予定である。

#### 4) MECASENS V

MECASENS V (水戸, 2009 年 11 月 10～12 日) について、サーキュラーが出た時点でメール等を活用して周知する予定である。

(2) 放射光および中性子の実験報告について

1) 銅-窒化アルミニウム積層膜の応力測定 徳島大学 日下一也委員

銅、窒化アルミの多層膜の応力を基板からの距離の関数として測定した。膜厚は銅 100nm 窒化アルミ 500nm で、3, 5, 7 層の多層膜について、図 1 のレイアウトで測定した。BL13XU で集光レンズを用いて、1 $\mu$ m 程度まで集光することによって 1 層ごとの銅層の応力を測定した。結果は、図 2 に示すように、ガラス基板に近いほど圧縮残留応力が大きく、表面に近づくほど引張りに大きくなった。今後、試料のセットの方法やビーム形状について検討する必要がある。

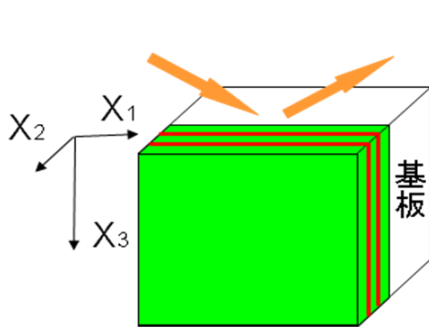


図 1.測定レイアウト

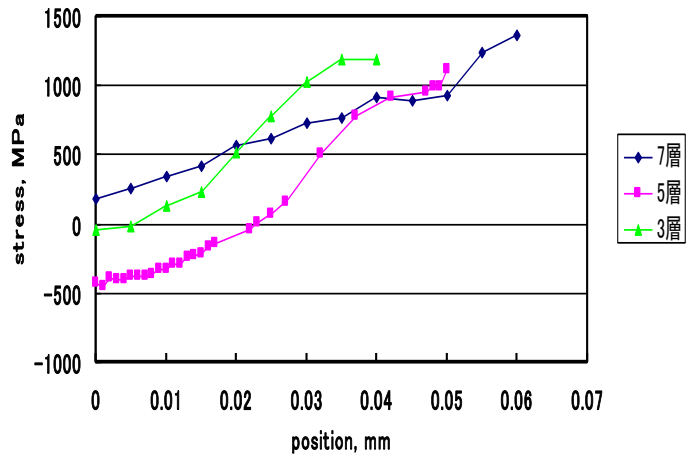


図 2.残留応力分布

2) 放射光による極低温領域の残留応力分布測定 武蔵工業大学 秋田貢一委員

H-IIA のような液体水素、液体酸素を用いたロケットエンジンでは低温下での疲労が問題となる。特に Ni 基超合金 Inconel718 の低温疲労においては、低温下で  $10^6$  回以上の長寿命領域で、内部破壊形に遷移する。この特異な挙動を残留応力の観点から検討するために、低温下での残留応力測定を BL22XU にて実施した。試料表面をエメリー紙で研磨した試料および微粒子によるシ

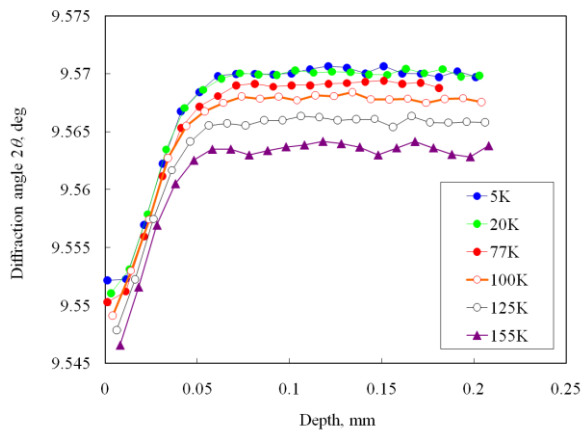


図 3. 回折角分布

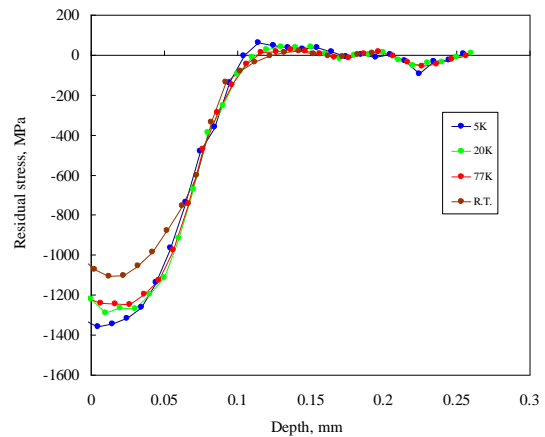


図 4. 残留応力分布

スポットピーニング材について検討した。熱収縮のために、温度が低下するにつれて図 3 のように回折角は増加した。また残留応力分布は図 4 のように低温になるにつれて圧縮残留応力が増加することが明らかとなった。主な因子は弾性定数の温度依存性であり、適用したデータの妥当性について検討の必要がある。

### 3) ステンレス鋼の溶接部近傍の応力・ひずみ測定 鉄道総研 松本恵介委員

板厚 2mm 程度のステンレス板をレーザ溶接およびスポット溶接した継手の溶接部近傍のひずみおよび応力分布について検討した。実験は BL02B1 にて 72keV で実施した。スリット系にはダブルスリットを用いた。レーザ溶接の場合には疲労の前後におけるひずみ分布変化を検討した。ひずみ分布は、図 5 のように疲労前に溶接線の両側に存在した引張りひずみが疲労後には消失することを明らかにした。また、図 6 は半価幅分布を示しているが、疲労後に、溶接線の両側の値が増加しており、疲労による損傷を捉える事が出来た。スポット溶接については、負荷応力の定量的な評価を検討する必要がある。

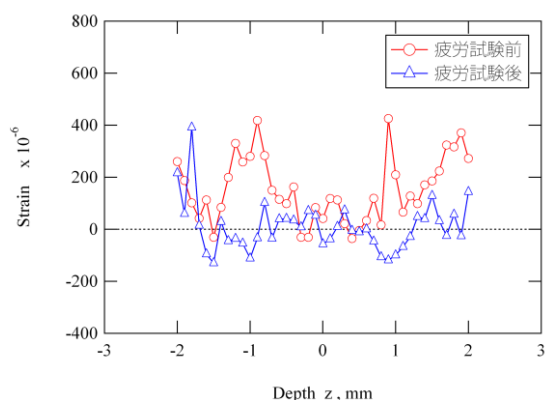


図 5. ひずみ分布

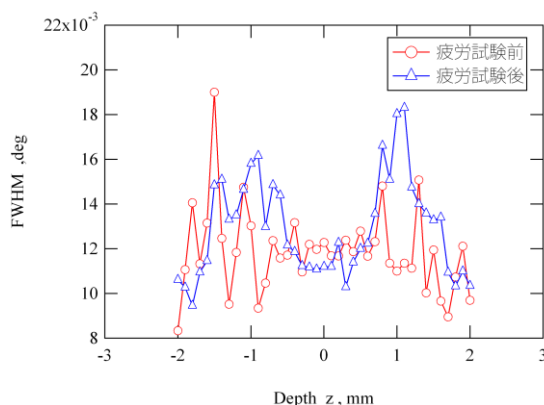


図 6. 半価幅分布

### 4) 単色 X 線を用いた鉄鋼丸棒内部の疲労き裂の CT 観察とひずみ分布測定 名城大学 田中啓介

一般に応力測定は、試料表面の情報を基準として測定位置が決定される。しかしながら、表面き裂のように表面からでは状況が把握できないことが多い。そこで、X 線 CT によるイメージング情報を有効に活用し、応力測定とリンクすることによってより有益な情報が得られることが予想される。そこで、直径 4mm の中炭素鋼 S45C にドリル穴を導入し、そこから発生した疲労き裂を対象として、CT 測定ならびにひずみ分布測定を実施した。BL22XU にて 68keV の高エネルギー放射光を用いて測定した。図 7 は、試料の荷重軸垂直断面における軸方向ひずみ分布である。上図は CT 像であり、疲労き裂の存在が明確に捉えられている。また下図に示すように、き裂面での低ひずみとき裂先端近傍での引張りひずみの集中が捉えられている。図 8 は荷重軸平行断面

における軸方向ひずみ分布である。x=2.0mm が試料表面であり、やはりき裂先端近傍の高引張りひずみ領域が確認できる。今後、き裂伝ば過程の把握および破壊力学パラメータの導出が期待できる。

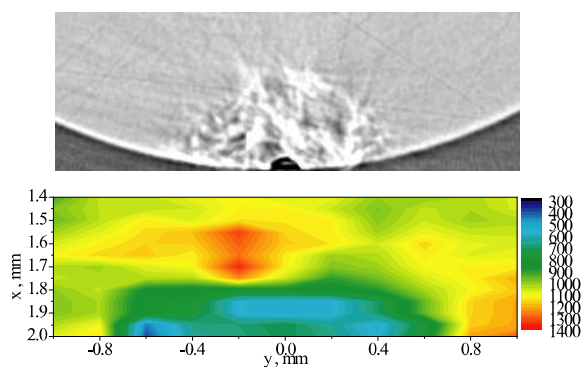


図 7. 荷重軸垂直断面

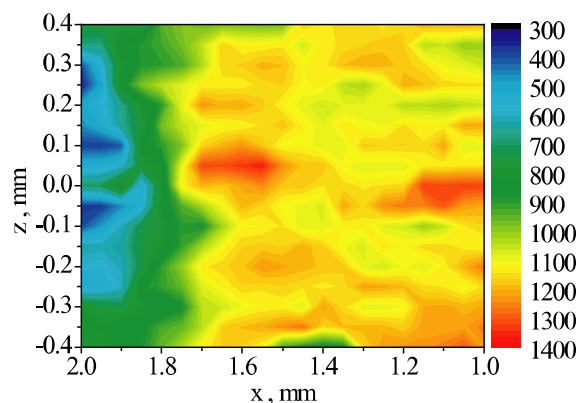


図 8. 荷重軸垂直断面

5) 白色 X 線を用いた鉄鋼材料内部き裂の CT 観察とひずみ分布測定 日本原子力研究開発機構 桐山幸治氏

前述の単色の CT と同様に、白色放射光を用いてのイメージングとひずみ分布測定を実施した。BL28B2 にて welten のき裂検出を試みた。直径は 5mm であり、負荷状態で疲労き裂の検出が可能であった。ひずみはエネルギー分散法で測定し、211, 321 および 420 回折に注目した。図 9 の上図は CT 像であり、直線状の切り欠きから疲労き裂が伝ばしている状況が確認できる。下図

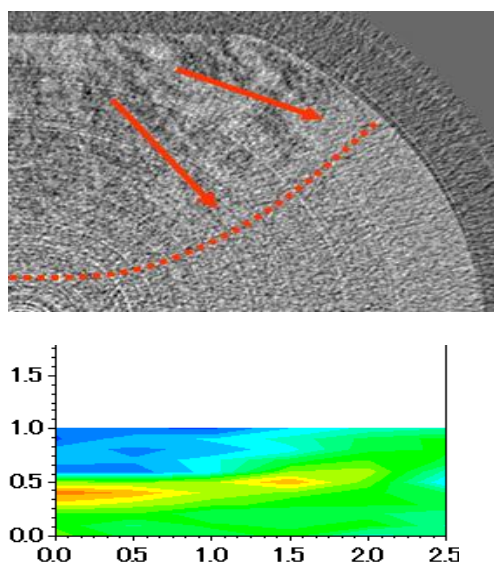


図 9. 荷重軸垂直断面

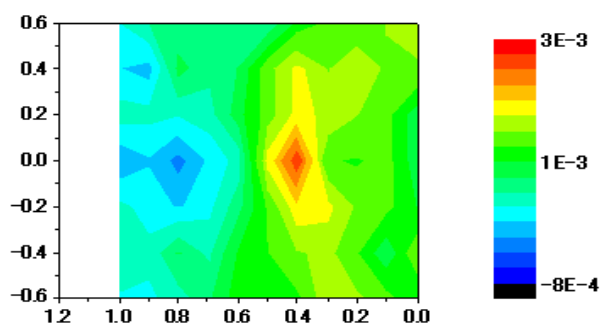


図 10. 荷重軸垂直断面

は 211 面で測定された荷重軸垂直断面における軸方向ひずみ分布であり、き裂先端近傍でのひずみ集中が確認できる。図 10 は荷重軸平行断面における軸方向ひずみ分布であり、ひずみ集中の様子を明確に捉えることに成功した。

6) 鉄鋼業における量子ビーム応用動向—産発プロジェクトなど— 日鐵テクノリサーチ 今福宗行

鉄鋼業界において、量子ビームを活用した研究開発状況について報告した。放射光や中性子を用いて、原料から製品評価まで行っている。二次元検出器を用いた集合組織や再結晶の生成過程を動的に捉えることに成功した。特に応力・ひずみに関しては、図 11 に示すような、レーザ照射電磁鋼板の圧縮残留応力の導入を明らかにした。また、中性子法を用いて、図 12 に示すようなスポット溶接部材の残留応力分布を測定し、接合面に近いほど引張り残留応力が大きいことを明らかにした。

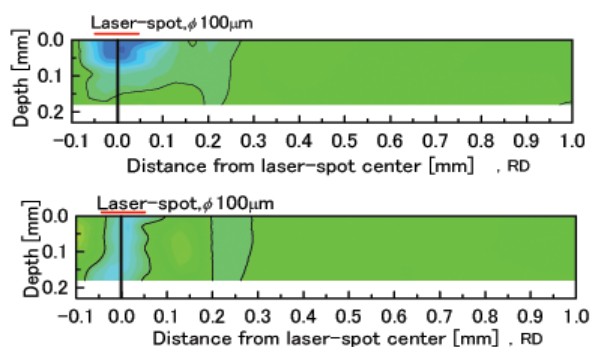


図 11. レーザ照射電磁鋼板の応力分布

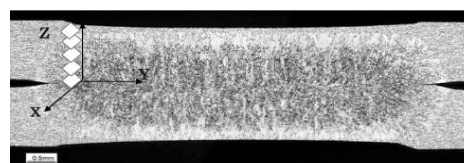


図 12. スポット溶接部の中性子  
応力測定

7) 重点産業利用課題について JASRI 渡辺義夫

産業利用に関わる新体制について説明された。産業利用 I (BL19B2, ひずみ測定, 薄膜構造評価, イメージング等), 産業利用 II (BL14B2, XAFS 等), 産業利用 III (BL46XU, 反射率, 残留応力等) の 3 つのビームラインの活用が可能である。企業のみならず大学関係でも利用可能である。詳細については産業利用推進室に問い合わせたい。

8) ショットピーニングによる表面強加工材の残留応力分布 名古屋大学 秋庭義明

時間の都合により、次回発表することとした。

(3) その他

第二期研究会第 1 回は、H20 年の 8 月頃に開催予定。正式に決定次第連絡することとした。

以上。