

平成 30 年度
第 1 回残留ひずみ・応力解析研究会
微細構造解析プラットフォーム第 1 回放射光利用研究セミナー

主催：中性子産業利用推進協議会，茨城県中性子利用研究会
SPring-8 ユーザー協同体，JAEA 微細構造解析プラットフォーム
共催：J-PARC MLF 利用者懇談会(結晶解析・pdf 解析分科会)
協賛：総合科学研究機構中性子科学センター
QST 微細構造解析プラットフォーム
日本材料学会 X 線材料強度部門委員会
開催日時：平成 30 年 10 月 9 日(火)10:00～17:00
場所：エッサム神田ホール 1 号館 301 会議室
〒101-0045 東京都千代田区神田鍛冶町 3-2-2 TEL 03-3254-8787
<http://www.essam.co.jp/hall/kaijo/index.html>

参加費：無料

ただし，資料代として 5,000 円いただきます。なお，中性子産業利用推進協議会の会員の皆様と大学，研究機関の方は無料です。それ以外の方は事務局までご相談ください。資料代は当日徴収させていただきます。

テーマ：引張変形および疲労による残留応力の変化

趣旨：

機械加工や熱処理，表面改質などにより構造物や部品に導入された残留応力は，使用中の変形や繰返し応力により変化し，疲労強度などへの影響が初期状態から変わることになる。今回の研究会では，破壊力学の大家である小林英男先生に事故解析についてご講演いただくとともに，残留応力の使用中における変化について紹介する。

プログラム

10:00-10:05 開会挨拶 研究会主査 秋庭義明（横浜国立大学）

<チュートリアル>

10:05-10:25 J-PARC MLF の現状と中性子産業利用の概要
富田俊郎（茨城県）

J-PARC MLF は供用開始後 9 年を経て，採択課題件数比率で約 30%の高産業利用率を維持し続けている。MLF 全体の産業利用の状況に加えて，MLF の産業利用を牽引してきた茨城県 BL20「iMATERIA」の利用促進活動状況や将来計画を紹介する。

10:25-11:15 実機の疲労解析

小林英男（高圧ガス保安協会）

前座で最近の疲労事故を紹介する。

本論で，実機の疲労解析について，最新の成果と手法を示す。疲労解析の前に応力解析がある。最初に，実機のピーク応力振幅を解析する。これに小型試験片の応力振幅 - 破断寿命関係を適用し，小型試験片の破断寿命から実機のき裂発生寿命を予測する。実機のき裂進展寿命は，

破壊力学の手法を適用して予測する。炭素鋼・低合金鋼とオーステナイト系ステンレス鋼について、それぞれ引張強さをパラメータとする最適疲労曲線と標準偏差が与えられており、設計係数を選定すれば、設計疲労曲線が得られる。疲労解析の手順に従い、影響因子を等価応力振幅または設計係数として考慮する。特に、「残留応力の影響」を意図して、「寸法効果」、「表面状態の影響」、「平均応力の影響」の詳細を解説する。

11:15-12:00 炭素鋼のレーザ焼入による硬化層と残留応力生成に及ぼす表面前処理の影響
坂井田喜久（静岡大学）

輸送機械に用いるシャフトなどの鋼部品には凸部や凹部を有するものも多い。これら点状の凹凸部の表面改質法としてレーザ焼入があるが、冷却媒体による急冷を行わないレーザ焼入れでは、レーザ照射条件と照射面の前処理が硬化層や残留応力の生成に大きな影響を及ぼすことが分かってきた。本講演では、表面の前処理の違いが硬化層生成や残留応力に及ぼす影響についてこれまで得られた知見のいくつかを紹介する。

12:00～13:00 昼 食

<残留応力の変化>

13:00-13:25 機械加工表面層における残留応力の引張変形および疲労による変化
林 眞琴（CROSS）

様々な手法により部材や構造物表面層に形成された残留応力は、その後の静的変形や繰返し応力により変化することがある。本講演では、初めに、SUS304 鋼の加工表面層に形成された圧縮残留応力が引張変形により容易に高い引張残留応力に変化することを紹介する。次いで、炭素鋼や 13Cr 鋼などにおける表面残留応力が繰返される応力振幅に依存して変化する挙動について紹介する。

13:25-13:50 熱サイクル下および荷重下におけるピーニング残留応力の緩和挙動
秋田貢一（東京都市大学）

ショットピーニングおよびレーザーピーニングによって金属材料表面層に導入した圧縮残留応力の機械的負荷および熱サイクル下における変化挙動を X線および中性子回折によりその場測定した結果を紹介する。

13:50-14:15 侵入型元素で強化した ($\alpha+\beta$) チタン合金の中性子回折法による変形解析
諸岡 聡（JAEA）

チタン合金は、元素の固溶度が他の金属材料に比べて著しく大きいことが特徴であるが、未だにチタン合金における個々の元素の役割が明確化されていないのが現状である。そこで、J-PARC の BL19「TAKUMI」を用いて格子間原子で強化した ($\alpha+\beta$) チタン合金の微視的力学挙動を評価した。特に、格子間原子が及ぼす α 相や β 相の弾性ひずみ変化や α 相と β 相間のミスフィットひずみ変化に注目し、引張変形挙動に与える影響を議論した研究成果を紹介する。

14:15-14:40 中性子その場回折実験による球状黒鉛鋳鉄の繰返し引張圧縮 変形挙動
窪田 哲（日立建機）

鋳鉄は基地組織や黒鉛の形態と分布を変化させることで、広範な材料特性をカバーすることが可能である。本講演では、変形中その場中性子回折実験により、球状黒鉛鋳鉄の各構成相の相ひずみを測定した結果について紹介する。

14:40～14:50 休 憩

14:50-15:15 TRIP 型複合組織鋼の引張変形中の相応力と加工誘起変態挙動解析

土田紀之 (兵庫県立大)

鉄鋼材料の強化機構のひとつである TRIP 効果を利用した TRIP 型複合組織鋼は、組織に含まれる残留オーステナイトの加工誘起変態により高強度と高延性を達成することができる。引張試験中のその場中性子回折実験からは、格子ひずみ、相ひずみの変化に加えて、残留オーステナイトの加工誘起変態挙動を知ることができ、最近では、非常に強いビーム強度を使用するパルス中性子施設によって、これまで解析が難しかったマルテンサイト相の解析も可能となった。本講演では、0.2C 鋼と 0.4C 鋼より作製した TRIP 鋼を用いた引張変形中のその場中性子回折実験結果について、これまでに報告例の少ない加工誘起マルテンサイト相の解析結果を中心に紹介する。

15:15-15:40 その場中性子回折で明らかになったパーライト鋼の引張変形および引張圧縮繰り返し変形機構

王延緒 (NIMS)

パーライト組織は延性に富むフェライトと硬く脆性的なセメンタイトが層状に配列したラメラ構造である。階層的に不均一な塑性変形挙動を示し、そのことが機械的特性に影響を及ぼす。これまで中性子回折により塑性変形の進行に伴うフェライトとセメンタイトの相応力とフェライト結晶方位に依存する粒応力が検討されてきた。本講演では、粒応力と相応力に重畳して、ラメラ方向が揃った領域であるコロニー間でも負担する応力が異なることを述べる。次に、引張変形後の除荷状態において、フェライトには圧縮、セメンタイトには引張のひずみが残留し、続いて圧縮負荷が始まるとフェライトの相応力が圧縮塑性変形を促進すること(バウシinger効果)を示す。引張圧縮繰り返し変形において符号が逆転する相応力およびフェライト相の回折半値幅の変化から繰り返し軟化挙動について考察する。

< X線・放射光・中性子による残留応力測定 >

15:40-16:05 ラインプロファイル解析の紹介と CMWP ソフトウェアを用いた解析手順の検討

熊谷正芳 (東京都市大学)

ラインプロファイル解析法は、実験により得られた X線や中性子線の回折強度曲線を逆解析することで材料中の転位密度などの物理量を得る手法である。目的に応じて様々な線源や解析法との組み合わせが選択されるが、パルス中性子源による飛行時間法(TOF)では複数の回折ピークを短時間に同時測定できるという長所があり、引張試験中や疲労試験中の in-situ 測定も可能である。CMWP 法はラインプロファイル解析法の一つであり、Ribárik らにより開発され、パルス中性子による測定と相性が良いことなどから国内でも利用されている。しかし、解析時のパラメータ(転位密度など)が多く、解析プロセスの中で経験的な判断により解析手順を調整してきた。そこで、より安定した解析結果を得るため CMWP 法による解析手順について検討を行った。本講演では、ラインプロファイル解析の概要およびその検討結果について紹介する。

16:05-16:30 粗大粒材料の新しい応力測定法の開発 — 放射光による二重露光法の試み

鈴木賢治 (新潟大学)

電磁鋼板や溶接部、鋳造品などは粗大粒を有する材料の代表です。また、微小領域測定も粗大粒と同じ問題に相当します。粗大粒からの回折斑点を 0.1 次元検出器で計測できないために、粗大粒の X線応力測定は難問とみなされてきました。しかし、放射光と 2 次元検出器を組み合わせた新手法が開発され、応力測定ができるようになりました。回転スリットを利用した斑点

追跡法(DSTM)では、複雑なスリットシステムを要し、かつ膨大な計算と労力を必要としました。本講演では、2次元検出器を利用した新たな応力測定法として二重露光法(Double Exposure Method:DEM)を紹介します。DEMでは、実に簡便かつスピーディーな粗大粒の応力測定を実現しました。DEMは回折計のアームに自動ステージを搭載し、2次元検出器PILATUSを利用するだけです。しかも、精度も確保でき、解析方法も簡単です。今後、DEMは電磁鋼板の粗大粒材および電子部品の微小領域などの残留応力測定として活躍することが期待されます。高エネルギーX線の検出器を利用すれば、厚みのある鉄鋼材料にも十分適用できます。

16:30-16:55 3DXRD法による第2種応力測定の実験と欧米における最近の進展
林 雄二郎 (豊田中研)

H. F. Poulsen(Technical University of Denmark)らの研究グループによって結晶粒分解応力(第2種応力)の非破壊測定が達成されて以来、3次元X線回折顕微鏡法(Three-dimensional X-ray diffraction microscopy:3DXRD)の発展は目覚ましいものがある。例えば、試料内部におけるき裂先端や介在物近傍の非破壊第2種応力測定が報告されており、その有用性が実証されている。本講演では、3DXRD法による第2種応力測定の実験と欧米における最近の進展について解説する。

16:55-17:00 閉会挨拶とお知らせ 峯村哲郎 (茨城県)

交流会 : 17:20~19:20 @ ワインホール 130

神田駅近くの「ワインホール 130」で交流会を開催します。参加費は中性子産業利用推進協議会の補助があり 2,000 円です。講演者と参加者のざっくばらんな意見の交換の場になりますので、是非ご参加ください。参加費は当日いただきます。なお、当日キャンセルされた場合には参加費をいただきます。

<参加申込み先>

参加を希望される方は下記までお申し込みください。

中性子産業利用推進協議会 事務局 大内 薫

E-mail: info@j-neutron.com

(1)名前, (2)所属, (3)連絡先(電話番号, E-mail address)

(4)交流会への参加の有無(領収書を発行します)

をご記入の上、メールにてお申込みください。

<問合せ先>

林真琴

総合科学研究機構中性子科学センター

茨城県東海村白方 162-1

いばらき量子ビーム研究センター D409

TEL: 029-219-5310 Ext:3211

E-mail: m_hayashi@cross.or.jp

<会場へのアクセス>

<貸し会議室>エッサム神田ホール
東京都千代田区神田鍛冶町 3-2-2
JR 神田駅北口徒歩 1 分
東京メトロ銀座線神田駅 3 出口前
<http://www.essam.co.jp/hall/access/>



<交流会のご案内>

会費：2,000 円
時間：17:20-19:20
会場：ワインホール 130
(右の案内図をご参照ください)
<http://tabelog.com/tokyo/A1310/A131002/13144314/>
東京都千代田区内神田 3-18-8 ナルミビル 4F
TEL: 03-5295-2525

