

提出 H23年 5月 19日

会合議事録

研究会名： 第2回残留応力と強度評価研究会

日 時： H23年3月1日

場 所： 大田区産業プラザ D会議室

出席者： 秋庭義明（横浜国立大学）、菖蒲敬久（JAEA）、鈴木 徹也（茨城大学）、鈴木裕士（JAEA）、平野辰巳（㈱日立製作所）、若林琢己（コベルコ科研㈱）、小澤則彦（日立協和エンジニアリング㈱）、土屋新（三菱マテリアル㈱）、楠浩一（横浜国立大学）、田中啓介（名城大学）、城鮎美（徳島大学）、平井俊輔（東京大学）、渋谷孝（東京大学）、岩瀬謙二（茨城大学）、巨東英（埼玉工業大学）、板野祐太（東京都市大学）、菊池拓也（東京都市大学）、桐野文良（東京藝術大学）、鈴木賢治（新潟大学）、長村光造（(財)応用科学研究所）、橋本保（(財)高輝度光科学研究センター）、佐野睦（(財)高輝度光科学研究センター）、山本融（(財)電力中央研究所）、西川聡（(財)発電設備技術検査協会）、秋田貢一（JAEA）、林眞琴（茨城県）、森井幸生（茨城県 BL 産業利用推進コーディネータ）、石川信（JFE スチール㈱）、高倉大典（㈱IHI）、野瀬裕之（㈱IHI）、衛藤洋仁（いすゞ㈱）、永井航（いすゞ㈱）、片岡寛（いすゞ㈱）、山田登志郎（鹿島建設㈱）、尾角英毅（川崎重工業㈱）、関広美（京セラ㈱）、前川晃（㈱原子力安全システム研究所）、東條千太（サムテック㈱）、小木曾克彦（㈱ジャクセル）、大森章夫（JFE スチール㈱）、末吉仁（JFE スチール㈱）、篠原康浩（新日鉄㈱）、鈴木環輝（新日鉄㈱）、海寶龍史（スズキ㈱）、宮田賢（住重試験検査㈱）、塩井亮介（大同特殊鋼㈱）、佐々木恵梨（日東電工㈱）、舞田克己（日本工営㈱）、富岡智（日立エンジニアリング・アンド・サービス）、宍戸圭太郎（日立オートモティブシステム㈱）、王昀（㈱日立製作所）、山崎悟志（古河電気工業㈱）、川島竜（三菱重工業㈱）、山村博久（㈱ひたちなかテクノセンター）、中村愛美（㈱ひたちなかテクノセンター）、桐原由美子（中性子産業利用推進協議会）

計 56名

議題： (1) 主査、幹事からの報告
(2) 放射光および中性子の実験報告について
(3) 話題提供、自由討論

議事内容：

(1) 主査、幹事からの報告

○前回議事録について

第1回研究会(平成22年9月14日)議事録について確認し、承認された。

○JAEA 鈴木裕士委員より以下の学会に関する案内があった。

7月7日、8日 第45回線材料強度に関するシンポジウム

7月15日—18日 M&M2011 材料力学カンファレンス

9月7日—9日 MECA SENS VI国際会議

(2) 放射光および中性子の実験報告について

(1) 【装置・技術】RESA・匠の現状

JAEA 鈴木裕士

中性子回折装置として使用されている JRR-3 内にある RESA-I と II の設備と匠の設備について特徴を説明された。中性子では、材料の深いところまで観察するのに適しており、RESA-I は縦収束ラジアルコリメータが付いているので、RESA-II より 40%性能がよいこと、平成23年度で RESA-II にもラジアルコリメータを設置する計画であること、RESA は、大型の配管(φ500mm 程度)でも残留応力を測定できる。一方匠は、エネルギー分散回折装置であり、TOF 法を用い回転して測定するので 80×80mm テーブルに置いて変形状態を一度で測定可能であることなどが報告された。

(2) 【装置・技術】RESA・匠の性能比較

JAEA 秋田貢一

RESA・匠の性能比較として SCM440 6×3×L70 について引張り強度試験結果の比較紹介が行われた。RESA-I では測定時間が10分に対して、匠では、マルチピークのため1分で測定できること、その理由として匠の出力は120kWと大きく、さらにリートベルトのマルチピークフィッティングを行っているためであること、検出器角範囲では匠は±16°と約5倍広いことなどが説明された。

(3) 【装置・技術】中性子回折による高温変形中その場集合組織測定の可能性

茨城大学 鈴木 徹也

集合組織の説明として Mg 六法晶を例にして、密な面すなわち底面のみ滑りを発生して他の面はリジッドであること、室温では BCC 体心立方格子構造、温度あげて FeC 系さらに高温では Fcc 面心立方格子構造と変異するので高温のほうが成形しやすく履歴も残ること、米国の HIPO を上回る性能を有する中性子回折装置として、極方向の回転とコイルによる加熱と引張り

機能を兼ね備えた装置を計画中であること、ゴニオメータとしては、荷重 200 kgf から 500kgf、加熱温度範囲は真空中で 800°Cから 1000°Cを目指していることが報告された。

討論として、試料サイズとして 5mmφ、長さ 20mm 程度であること、コンセプトの分解能を達成できる時間は、1 分/1 集合で組織変化なくできること、HIP では 3 分でできたことなどが補足説明された。

(4) 【装置・技術】 SPring-8 の現状と応力測定手法開発

JAEA 菖蒲敬久

SPring-8 の現状と応力測定手法開発に関して、材料評価の測定条件、放射光条件、測定手法の説明が行われた。中性子との比較では鉄の場合で中性子では減衰距離深さが 85mm に対して、放射光 (150keV) では 6mm 小さいが、用途によっては十分利用できる範囲であり、SPring-8 では 8ヶ所の BL で材料評価できることを確認していること、特に産業利用では BL19B2、BL46XU が利用できること、JAEA 専用ライン BL22XU、BL14B1 ではさらに表面から内部測定に向いていることが説明された。具体例として、浸炭材 10×2×2mm を BL46XU と BL22XU で比較結果では、浸透深さ 3mm までの d211 格子面間隔 0.1170nm なども同等のデータが観察できたことが説明され、近年の研究としてその場観察の手法では大面積 X 線光子計数型 2 次元検出器 Pilatus を用い流体金属が凝固するまでの画像紹介、白色 X 線による 2 方向ひずみ同時測定結果などが報告された。

(5) 【中性子応用研究紹介】 中性子残留応力解析による溶接継手低温割れ限界の解明

JFE スチール 石川信行

溶接構造物の割れが一般構造物、コンテナや海洋構造物などで課題となっており、革新的溶接技術の開発/低温割れ機構の解明を 980MPa 級溶接材料の開発とメカニズム解明を目的にしていること、残留応力と水素残留量に着目して Y 型低温割れを中性子回折で 4h 行い、2ppm の水素含有までは影響ないことが報告された。

討論として、ハイテンの溶接は 1 パスで行っているが、実際は多パスでおこなうため応力緩和されるが、少しきびしくデータがでること、d0 測定が同じ面のみで組織構造の測定精度得られるかなどが話題となった。

(6) 【中性子応用研究紹介】 J-PARC による自動車部品の内部残留応力の評価

日立製作所 平野辰巳

圧燃料ポンプ、ピストンなど AL 鋳造合金の高温、高圧での摩耗性向上、余寿命評価など多くの課題があること、熱処理で粗大粒化し集合組織となり、表面の観察を X 線と中性子の波長分散法 2 次元検出でおこなったこと、

原理的に X 線では θ の角度をパラメータとして、中性子では λ をパラメータとして d を求めること、Al-12Si-1Mg-1Cu-1Ni (mass%) の $7\phi \times 18\text{mm}$ 試料で 10 分引張り (荷重 $0 \rightarrow 200\text{MPa} \rightarrow 0$) 試験をピストンごとに 4 点曲げで行い、ヤング率、ポアソン比を算出し 0.34% のばらつきであったこと、ピストンの加速試験として半水没、水没の過酷パターンとして引張りの残留応力、応力計算、3 点測定、精度 5 MPa で検討していることなどが報告された。

討論として、5 MPa 時のピーク強度は 500 カウント目標にしていること、RESA ではなく J-PARC でとったのは、311 データがバラつくので 1 回でとれるためであることなどが補足説明された。

(7) 【中性子応用研究紹介】中性子回折法の鉄筋コンクリート部材への応用
横浜国立大学 楠 浩一

鉄筋コンクリートの鉄材とコンクリートの付着応力について RESA-1 で絶乾したのちに中性子回折を行うことで厚さ 70mm 程度の試料で曲げ付着試験を行い、一度付着力を受けるとヒステリシスがあることなどが報告された。

討論として、中性子の遮蔽体としては水であり、実際のコンクリートは 2m 程度あり水が乾燥しないようにしていること、今回のコンクリートの測定では乾燥しないと測定できなかったことなど補足説明された。

(8) 【放射光応用研究紹介】ナノ結晶薄膜の放射光回折プロファイル解析
名城大学 田中啓介

ナノ結晶薄膜の放射光回折プロファイル解析と題して、田中啓介氏より紹介された。Ni メッキにより陰極をステンレス、陽極を Ni、電解液を工夫してナノ薄膜を試作し、SPring-8、BL02B1 の X 線で粒径を測定した結果、厚さ $10\mu\text{m}$ では粒径 670nm が観測され、小さな粒径ほど応力は大きくできることなどが報告された。

討論として、メッキのひずみがメッキした状態で入っていること、球状の結晶がいくつもあることなどが補足説明された。

(9) 【放射光応用研究紹介】塑性変形させた金属双結晶残留応力／ひずみ測定
徳島大学 城 鮎美

銅の双結晶に 30% の引張りひずみを与えると KINK 帯が粒界から形成され、12.4keV のエネルギーを使用した単結晶応力測定を SPring-8、BL13XU で実施した結果、0.3mm 各 3 点ずつ 420 回折ステレオ投影図をとることができ、ひずみと応力の関係を明らかにできたことが報告された。

(10) 【放射光応用研究紹介】高エネルギー放射光を用いた高压ガス用複合容器内部残留応力
JAEA 菖蒲敬久

通常、放射光では模擬試験片による研究が周となっているが、産業利用への適用を目指し、本研究では、実用材大型試験片である高圧ガス容器を例に回折実験をおこなったとのこと。SPring-8、BL22XU で揺動を加えたひずみスキニング法による3方向ひずみ測定を行い、ガス容器の母材であるアルミニウムからの回折プロファイルを得ることができ、粗大粒に対しては揺動が必須であることなどが報告された。

討論として、理論計算との違いや、応力の算出の急務、さらにはネック部など真に必要とされる部位の応力評価への期待などが寄せられた。

(1 1) 【相補利用研究紹介】 中性子・放射光を利用したクランクシャフトの
応力評価 JAEA 鈴木裕士

材料評価の1つとして、表面き裂の発生および内部残留応力によるき裂の破損進展が大きな課題である。中性子回折では、透過と反射のデータ共有による3次元領域をX線よりも大きく取れるため、個々のひずみより応力に変換する精度が十分であることから応力評価が可能である。ゆえに、大型配管やクランクシャフトも対象となり、クランクシャフトでは1ピース切り出し2×2mmまでなら中性子で可能である。一方、放射光ではさらに小さい、0.5mmのゲージでひずみ計測が可能であるが、深いところの計測、3方向のひずみ計測は非常に困難である。よって、中性子、放射光を組み合わせることで、クランクシャフトなどの材料で発生するひずみ分布を算出し、材料評価に役だてる必要があると言える。

討論として、匠では1mmの分解能までできるが、リートベルトフィッティング手法でサブミクロンも視野に入れる必要があることが話題となった。

(1 2) 【相補利用研究紹介】 中性子と放射光を用いた軸受転動体の内部残留
応力分布 東京大学 平井俊輔

原子力発電所など状態監視保全が課題となっており、今回玉軸受のベアリングの疲労破壊のメカニズム解明のため、加速試験後のボールの表面、内部の応力の推定を試みた。その結果、繰り返し疲労に伴い、表面から0.3mmの深さに圧縮応力の残留ひずみが発生し、これが剥離と密接に関係があることが報告された。

討論として、2軸しか測定しないのに応力となるのか、ひずみで球状のたまを回転することでX, Y, Z方向成分推定できることなどが議論となった。

(3) 話題提供、自由討論

特に無

以上