

## X線吸収を用いたステンレスオーバーレイクラッド熱時効材の微細組織分析

Microstructure analysis on thermally aged stainless overlay cladding using X-ray absorption

\*岩田 景子<sup>1</sup>, 高見澤 悠<sup>1</sup>, 河 侑成<sup>1</sup>, 岡本 芳浩<sup>1</sup>, 下山 巖<sup>1</sup>, 小島 啓<sup>2</sup>, 眞弓 蓮<sup>2</sup>,  
岩瀬 彰宏<sup>2</sup>, 永井 康介<sup>3</sup>, 西山 裕孝<sup>1</sup>

<sup>1</sup>原子力機構, <sup>2</sup>大阪府立大学, <sup>3</sup>東北大学

熱時効された原子炉圧力容器ステンレスオーバーレイクラッド材（以下、クラッド材）について、X線吸収を用いた微細組織分析を行った。

**キーワード**：XAFS、熱時効、 $\delta$ フェライト相、Ni-Si-Mn析出物

### 1. 緒言

原子炉構造材料に対する微細組織分析には透過型電子顕微鏡や3次元アトムプローブ（APT）等が用いられている。これらの手法による観察領域は数100 nm~数 $\mu$ m程度であるのに対し、X線吸収微細構造（XAFS）解析を用いた分析では材料全体の平均的な情報が取得でき、元素選択的に結合距離や化学状態を把握することができる。そこで、本研究では熱時効したクラッド材の微細組織分析にXAFSを適用した。

### 2. 実験

試料は、低合金鋼表面にエレクトロスラッグ溶接によって作製された $\delta$ フェライト相の含有率が8%程度のクラッド材について、温度400°Cで2000時間、10000時間熱時効を行ったものである。なお、この熱時効材においては、 $\delta$ フェライト相の硬さの増大、FCC構造をもつNi-Si-Mn析出物の形成、Crのスピノーダル分解を生じることが確認されている[1]。これら熱時効材と受領材について溶質原子のK吸収端を対象とした広域XAFS（EXAFS）スペクトル測定を高エネルギー加速器研究機構の放射光施設（KEK-PF）に設置されているBL-27Bにおいて実施した。測定は7素子X線検出器を用いて蛍光法により大気中、室温で行った。得られたXAFSスペクトルについて解析ソフトウェアWinXAS [2]を用いて構造解析を行った。

### 3. 結果

図1にMn K吸収端EXAFSの動径構造関数を示す。Mnと最近接原子の相関を示す第1ピークはわずかに右へシフトしたが、これは原子間距離が伸びたことを意味する。またMn原子から第3、4、5配位に位置する原子との相関を示す第2、3ピークには形状の変化が認められた。これらの変化は熱時効によるNi-Si-Mn析出物の生成により結晶構造に変化が表れたためと考えられる。

放射光XAFS測定は高エネルギー加速器研究機構の放射光共同利用実験課題2016G118によって実施した。

### 参考文献

[1] Takeuchi T. et al. (2014) *J. Nucl. Mater.*, 452, 235-240, [2] Ressler T. (1998) *J. Synchrotron Rad.*, 5, 118-122

\*Keiko Iwata<sup>1</sup>, Hisashi Takamizawa<sup>1</sup>, Yoosung Ha<sup>1</sup>, Iwao Shimoyama<sup>1</sup>, Yoshihiro Okamoto<sup>1</sup>, Hiroshi Kojima<sup>2</sup>, Ren Mayumi<sup>2</sup>, Akihiro Iwase<sup>2</sup>, Yasuyoshi Nagai<sup>3</sup> and Yutaka Nishiyama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JAEA, <sup>2</sup>Osaka Prefecture Univ., <sup>3</sup>Tohoku Univ.

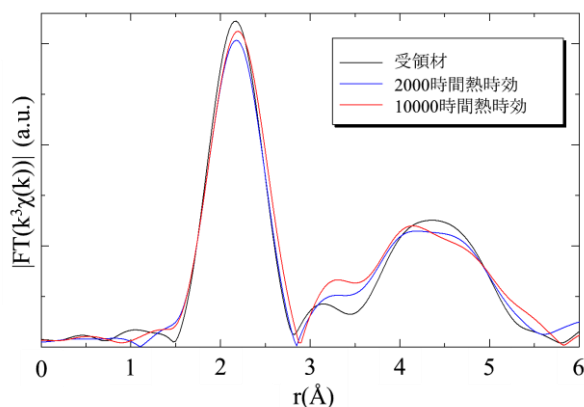


図1 Mn K吸収端EXAFSの動径構造関数