フレネルゾーンプレートを用いた X 線結像トモグラフィーによる Al-Ag 合金中の時効析出物の 3D 可視化

豊橋技術科学大学 戸田 裕之 南 恵介 小林正和 小林俊郎
高輝度光科学研究センター 竹内 晃久 上杉健太郎

Fig. 3 画像の一部を拡大したもの。(a)3D 像と対応する(b)仮想断面像で 3 つの析出物とその交差の様子が観察できる。

Fig. 1 同じ試料の同じ断面を(a)結像 CT と(b)投影 CT で観察したものとの比較。いずれも仮想断面像。

Fig. 2 析出物のみを表示した 3D 像。A~D は異なる方位の析出物を示す。

通常の投影型 X 線吸収トモグラフィー(CT)の分解能は、ビームの屈折や散乱などによる画像のボケや検出器の制約によりおよそ $1\ \mu\text{m}$ 前後に制限される。一方、フレネルゾーンプレート(FZP)などの光学素子を用いて X 線を拡大結像する事で、より微細な金属内部組織の 3D 可視化が可能になる。Fig. 1 は、過時効 Al-10 mass%Ag 合金を両手法で観察したものである⁽¹⁾⁽²⁾。FZP には最外輪帯幅が $100\ \text{nm}$ のものを用い、FZP より約 $6.2\ \text{m}$ 後方に配置した検出器上で拡大倍率は 49.3 倍となった。仮想断面上に白く光る析出物が(a)の結像 CT では明瞭に観察できるのに対し、(b)では、投影型 CT の中で最高分解能レベルのセットアップであるにもかかわらず、全く観察できないことがわかる。この場合、FZP を用いることで、水平方向に約 $180\ \text{nm}$ の高分解能が得られている。

Fig. 2 の 3D 像では、母相アルミニウムの 4 つの等価な $\{111\}$ 面に添う配向の異なる六角板状の析出物 γ (A~D) が観察される。 γ は急速に板面方向に成長して交差し、Fig. 3 に示すように複雑な形態を呈する。析出物の交差位置にみえるギャップのような形状は、Fig. 3(b)の断層像で析出物の周囲に黒く見える Ag 枯渇層の影響を受けたものと考えられる。

文 献

- (1) H. Toda, K. Uesugi, A. Takeuchi, K. Minami, M. Kobayashi and T. Kobayashi: Appl. Phys. Lett., **89**(2006), 143112.
- (2) H. Toda, K. Minami, M. Kobayashi, K. Uesugi, A. Takeuchi and T. Kobayashi: Mater. Sci. Forum, **519-521**(2006), 1361-1366.

(2007年 8 月 1 日受理)

3D Visualization of Age-hardening Precipitates in Al-Ag Alloys by X-ray Imaging Tomography with a Fresnel Zone Plate; Hiroyuki Toda*, Keisuke Minami*, Masakazu Kobayashi*, Toshiro Kobayashi*, Akihisa Takeuchi** and Kentaro Uesugi** (*Toyohashi University of Technology, Toyohashi. **Japan Synchrotron Radiation Research Institute, Hyogo)
Method: Microtomography, characteristics: imaging CT with a Fresnel zone plate, conditions: A $9.8\ \text{keV}$ X-ray was used at BL47XU of SPring-8. Only the first-order diffracted beam was captured using a cooled CCD camera with a scintillator