

(5) ポスター発表

放射光を用いたイメージングによる鉄鋼材料の凝固・変態過程の時間分解・その場観察

P41

Time-resolved in-situ observation of solidification phenomena in Fe-based alloys by synchrotron radiation X-rays

安田秀幸 yasuda.hideyuki.6s@kyoto-u.ac.jp

京都大学大学院工学研究科材料工学専攻

1. 凝固・変態機構の解明

炭素鋼を始めたとした鉄鋼材料の多くは、融液からの凝固過程において液相とフェライト(BCC、 δ 相)からオーステナイト(FCC、 γ 相)が生成する包晶反応と呼ばれる相変態が起こると考えられてきた。さらに、凝固後にオーステナイト粒が急激に粗大化する現象とともに casting defect の形成原因と考えられ、製造条件の制約となってきた。ただし、1500°C付近での高温現象を時間分解・その場観察できる手法が限られてきたため、包晶反応や粗大化を直接観察する実証的な研究はなかった。20keV以上の硬X線領域の高輝度な単色光が利用できる SPring-8などの第三代放射光施設を利用することで、種々の金属材料の凝固・相変態を時間分解・その場観察できる環境が整い、実証的な研究が可能になった。図1は、一般的な炭素鋼である0.45% C鋼の凝固過程の観察例である。包晶反応は起こらず、マツブ的に δ 相から γ 相に固相変態することが明らかになった。さらに、このマツブ的変態では微細な γ 粒が形成され、変態直後から粗大化が急激に起こること、粗大化した γ 粒が粒界の溶解により分断されること、成長速度が10 μ m/s以下の低速な成長条件においてもマツブ的変態が起こることなどが明らかになり、一般的なFe系合金の工業プロセスにおいても同様の相変態が起こると考えられる。組織制御・欠陥抑制手法の開発を目指し、マツブ的変態の学理を追求している。

2. X線イメージングの展開

金属材料の凝固・相変態の時間分解・その場観察は、おもに透過X線イメージングにより行われてきた。検出器・光学系の向上や装置の改良により1 μ m程度のピクセルサイズ、数100fpsのフレームレートで観察が可能になり、 dendrite 成長やマツブ的変態における δ/γ 界面移動の観察などが実現した。一方、研究の進捗にともない、三次元の時間分解の結晶方位測定などのニーズも高まってきた。現在、時間分解CT(4D-CT)と3D-XRD顕微鏡を組み合わせた組織と方位の同時その場測定を目指した観察を行っている。凝固現象では dendrite の三次元定量化と物性値評価への展開、マツブ的変態では変態前後の結晶方位関係や変態後のオーステナイト粒の粗大化の定量評価が実現しつつある。

3. 今後の課題

4D-CTにおける画像処理では、従来の画像処理フィルターではなく、凝固・結晶成長の物理モデルであるフェーズフィールド法を利用した画像処理により計算量は増えるが定量性の高い三次元構造の観察が可能になっている。今後、フィルターではなく、4D-

CTと物理シミュレーションが一体となった手法により獲得できる情報が飛躍的に向上すると期待できる。協同してこのような領域を確立したい。

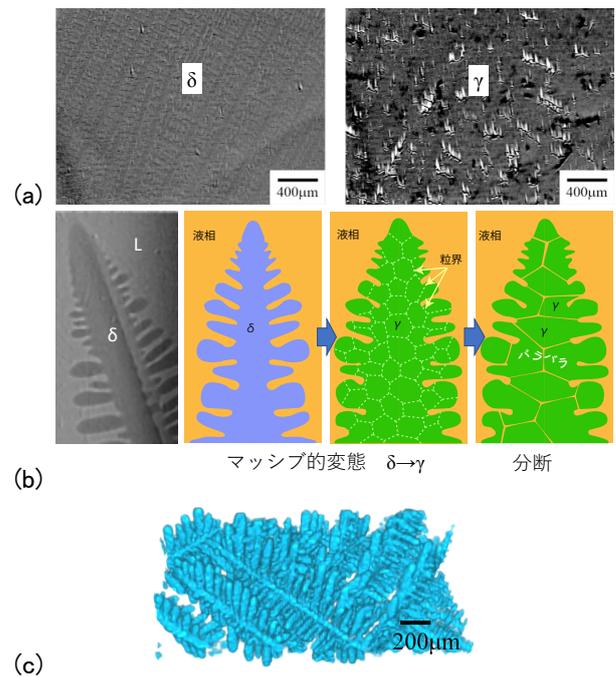


図1 (a) Fe-0.45C-0.6Mn-0.3Si合金におけるマツブ的変態直前の δ 相 dendrite と変態直後の γ 相、(b)マツブ的変態により誘起される dendrite の分断の模式図、(c)Fe合金 dendrite の観察例。

【共著者(所属)】

吉矢真人(大阪大学)・鳴海大翔(京都大学)・森下浩平(九州大学)・杉山明(大阪産業大学)

【関連プロジェクト】

科学研究費基盤研究(S)(17H06155)

【参考文献】

- [1] Nishimura T, Matsubayashi R, Morishita K, Yoshiya M, Nagira T and Yasuda H 2019 *ISIJ Int.* 59 459
- [2] Yasuda H, Morishita K, Nakatsuka N, Nishimura T, Yoshiya M, Sugiyama A, Uesugi K and Takeuchi A 2019 *Nat. Commun.* 10 3183
- [3] Nishimura T, Morishita K, Yoshiya M, Nagira T and Yasuda H 2020 *ISIJ Int.* (in press)

【関連WEB】

- [1] <http://cast.mtl.kyoto-u.ac.jp>