

金属材料の凝固・変態過程の放射光を用いた時間分解・その場観察とその応用

京大工¹、阪大工² 安田秀幸¹、森下浩平¹、柳楽知也²、吉矢真人²
yasuda.hideyuki.6s@kyoto-u.ac.jp

特徴 高輝度・高平行度の硬 X 線単色光が利用できる SPring-8 などでは、時間分解 X 線イメージングによる金属材料 (Sn、Al、Mg、Zn、Cu、Ni、Fe) の凝固現象を時間分解・その場観察が可能である。モデル材料だけでなく実用材料の観察が特長である [1,2]。Fig.1 に示すように透過像により凝固組織形成を直接把握できる。回折像により高温の凝固過程における結晶構造やその方位、ひずみの情報も得られる。また、蛍光 X 線の測定により組成のその場測定も可能である。今後、時間分解 CT による 3 次元組織形成も期待される。このような手法は、組織観察から高温での凝固現象を推定していた従来手法に比べて実証的な知見を獲得でき、組織・欠陥の形成機構の解明やその制御手法の開発に役立つと考えられる。本報告では、金属材料の凝固現象の観察例を紹介する。

凝固組織・欠陥形成 Ni 基単結晶タービンブレードに生じる铸造欠陥に、異結晶と呼ばれる方位の異なった結晶の生成がある。鑄型の拡大部で固相の核生成が起こることが原因と考えられてきたが、時間分解・その場観察により dendrite の溶断によっても異結晶が生じることが実証され、鑄造欠陥の生成機構の理解に貢献している [3]。炭素鋼の凝固過程では、液相と δ (bcc) の包晶反応により γ (fcc) が生成すると考えられてきたが、 δ から γ にマッシュ的に変態するモードが存在することがイメージングにより明らかになった [4,5]。このマッシュ的な変態は、鑄造組織・欠陥形成を理解するための新しい知見となっている。

鑄片の変形・割れ 固相と液相が共存した固液共存体に特有の変形現象の解明にも応用されている [6,7]。固相粒子間の相互作用によるみかけ体積の膨張 (ダイラタンス) と固相粒子間の液相流動が脆性の発現に寄与していることがその場観察により実証され、観察に基づいた物理モデルの構築、シミュレーションにつながっている。

外場の影響 凝固組織制御を目的に磁場や超音波が利用されているが、超音波の印加が dendrite アームの溶断を促進し、等軸晶化や微細化に寄与していることが明らかになっている [8]。

参考文献

- [1] 安田ら, ふえらむ **15** (2010) 9. [2] H Yasuda, *Prog in Adv Structural and Functional Mater Design*, Springer, (2013) 93. [3] H Yasuda et al, *J Cryst Growth* **262** (2004) 645. [4] H Yasuda et al, *ISIJ Int* **51** (2011) 402. [5] H Yasuda, *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng* **33** (2012) 012036. [6] CM Gourlay et al, *Acta Mater*, **59** (2011) 4933. [7] T Nagira et al, *Scr Mater*, **64** (2011) 1129-1132. [8] T Nagira et al, *Mater Letter*, **150** (2015) 135.

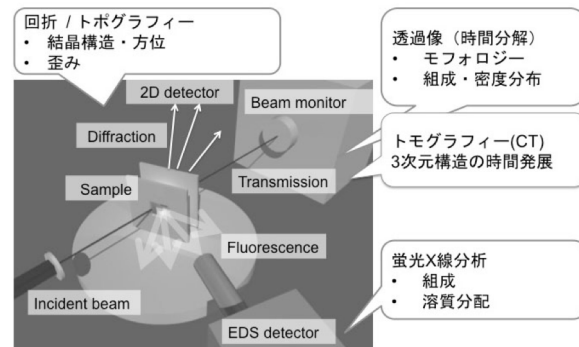


Fig.1 金属材料の凝固現象を対象とした X 線イメージングの応用例

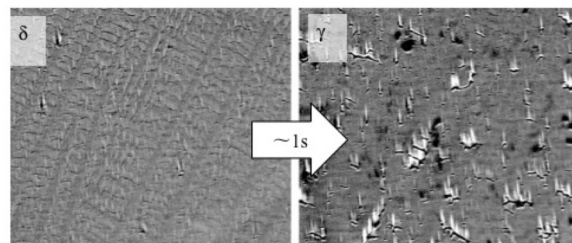


Fig.2 炭素鋼のマッシュ的な変態 δ dendrite (左) が γ に固相変態