

鋼の高温加工熱処理過程で生じる固相反応の中性子その場解析 *In-situ* Neutron Analysis of Solid-Solid Reactions during High-Temperature Thermomechanical Processing in Steels

辻 伸泰^{1,2}、柴田暁伸^{1,2}、寺田大将³、朴 魯謹¹、山崎慎太郎¹、林 杉¹、Stefanus Harjo⁴、川崎卓郎⁴

1 京都大学工学研究科、2 京都大学・ESISM、3 千葉工業大学、4 JAEA・J-PARC センター

金属材料の特徴は、その化学組成が特性・物性を一義的に決めるのではなく、 10^{-9} m (nm)~ 10^{-3} m (mm)にわたる幅広い長さスケールで存在する内部組織 (microstructure, nanostructure) によって特性が大きく変化することにある。内部組織は、加工や熱処理時に生じる相変態・析出・再結晶などの固相-固相反応を通じて形成される。構造用金属材料では、高温での加工熱処理 (thermomechanical controlled process) によって内部組織を制御し、強度・延性・靱性などの力学特性を調整することが日常的に行われている[1]。一方で、バルク金属材料内部で生じる内部組織変化、特に高温固相反応中のそれを直視することは不可能であり、組織制御、ひいては特性制御の限界をもたらしている。

中性子は透過力が高く、回折現象を通じてバルク金属材料の相変態・析出に伴う結晶構造や格子定数の変化、加工と再結晶に伴う格子欠陥密度や集合組織の変化などを明らかにすることができる[2]。構造材料元素戦略研究拠点 (Elements Strategy Initiative for Structural Materials: ESISM) では、高温加工熱処理シミュレーター (富士電波工機・Thermecmaster-Z) を J-PARC の BL19 (匠) ビームライン[3] に実装し、高温加工熱処理中の固相反応をその場解析できる環境を整えた。導入した加工熱処理シミュレーターにおいては、真空またはガス置換した雰囲気チャンバー中で最高温度 1200°C、最大加工速度 100 mm s^{-1} までの圧縮試験 (試験片サイズ: $6 \text{ mm } \phi \times 10 \text{ mm H}$ 、動的最大荷重 30 kN) を実施し、加工熱処理中のその場中性子回折を行うことができる。試験片は高周波誘導方式で加熱され (最大加熱速度 30°C s^{-1})、ガス冷却による急冷も行うことができる。加工中の変位と荷重は記録され、試験片の応力-ひずみ曲線を描くことができる。本講演では、上記の加工熱処理シミュレーターを用いて行った、世界で初めての鉄鋼材料の加工熱処理時のその場中性子回折実験結果も紹介する。

参考文献 [1] 牧ら: 鉄と鋼, 100 (2014), p.1062. [2] 友田、徐: ふえらむ, 12 (2007), p.15.

[3] ハルヨ、相澤: まてりあ, 48 (2009), p.355.