

J-PARC 中性子線回折とサーメックマスターによる加工熱処理素過程の解析

027

Analysis on Thermomechanical Processing through *In-Situ* Neutron Diffraction at J-PARC

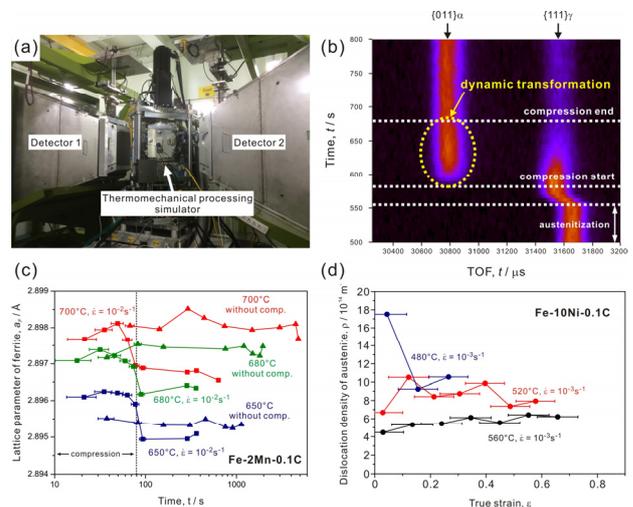
柴田 暁伸 shibata.akinobu.5x@kyoto-u.ac.jp

京都大学工学研究科材料工学専攻

鉄鋼材料に代表される構造材料の更なる高強度化・高性能化を実現していくためには、加工熱処理中のマイクロ組織形成過程を明らかにし、理論的な背景に基づいた加工熱処理によってマイクロ組織を制御していくことが必要である。我々は加工熱処理中のマイクロ組織形成過程を研究するために中性子回折に注目し、J-PARCのMLFビームライン19(匠)に、実際の鉄鋼材料製造プロセスを模擬した加工熱処理中のその場中性子回折実験が可能な高温加工熱処理シミュレータ(サーメックマスター)を導入した(図(a))。本研究では、「動的フェライト変態」と呼ばれる、今後の鉄鋼材料における加工熱処理の基礎となる新しいメタラジとして注目されている相変態を研究対象にした。動的フェライト変態は母相オーステナイトの加工中に生じる相変態であり、動的フェライト変態を含む加工熱処理によって結晶粒径が1 μm以下の超微細粒マイクロ組織が得られることがわかっている。しかし、その変態メカニズムや超微細粒マイクロ組織形成メカニズムは不明のままであり、そもそも変形中に相変態が生じているかどうか議論の対象となっているのが現状である。そこで本研究では、その場中性子回折実験によって動的フェライト変態における組織形成過程を明らかにすることを目的として実験を行った。

図(b)に加工熱処理中に得られたその場中性子回折プロファイルを示す。圧縮加工を負荷し始めてからフェライトに対応する回折ピークが現れていることがわかる。このデータは動的フェライト変態が母相オーステナイト中の加工中に生じていることを実証した非常に重要な結果である。また得られた中性子回折ピークを解析したところ、変態に伴って生成した動的フェライト相の格子定数が減少していくことが明らかとなった(図(c))。これまで動的フェライト変態の変態機構については、「せん断型変態」、「マッシュ変態」、「拡散型変態」など種々の変態機構が提案されてきているが[2]、図(c)の結果は拡散型変態を仮定しないと説明できないため、本研究によって動的フェライト変態は拡散型変態であることが明確にととなった。さらに加工熱処理中の母相オーステナイトの格子欠陥密度(転位密度)変化を定量評価することに成功した(図(d))。通常、母相オーステナイトは室温への冷却中にフェライトもしくはマルテンサイトに変態して消失してしまうため、バルク材において高温度域でのオーステナイトの加工状態を直接評価することはほぼ不可能であった。しかし、

本研究で用いたその場中性子回折実験用加工熱処理シミュレータは、高温状態での加工状態を直接評価することが可能である。図(d)の結果から、動的フェライト変態を含む加工熱処理によって得られる超微細粒マイクロ組織は、動的再結晶によって生じていることが明らかとなった。



図(a) その場中性子回折実験用高温加工熱処理シミュレータ(J-PARC MLF)、(b) 加工熱処理中の中性子回折プロファイル、(c) 加工熱処理に伴う動的 / 静的フェライトの格子定数変化、(d) 加工熱処理に伴う母相オーステナイト中の格子欠陥密度(転位密度)変化。

[共著者(所属)]

竹田 泰成(京都大学)・Nokeun Park(Yeungnam University)・Lijia Zhao(Colorado School of Mines)・Stefanus Harjo(J-PARC Center)・川崎卓郎(J-PARC Center)・Wu Gong(京都大学)・辻伸泰(京都大学)

[関連プロジェクト]

元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>構造材料拠点

[参考文献]

- [1] 牧正志ら: 鉄と鋼, 100 (2014), 1062-1075.
- [2] L. Zhao et al.: Adv. Eng. Mater., 20 (2018) 1701016.
- [3] A. Shibata et al.: Scripta Mater., 165 (2019) 44-49.

[関連WEB]

- [1] http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2018/190216_1.html