

講演の
ポイント

- 高温加工熱処理シミュレータによるその場中性子線解析
- 動的フェライト変態におけるマイクロ組織形成メカニズムの解明
- 加工熱処理中のオーステナイトの格子欠陥密度変化の定量評価

J-PARCでの高温加工熱処理シミュレータを用いた動的相変態に関する研究

柴田 暁伸 Akinobu Shibata

物質・材料研究機構



輸送機器の燃費向上や国土強靱化に資する建築材開発を実現するためには、鉄鋼材料に代表される構造用金属材料のさらなる高強度化・高性能化が必要不可欠である。500℃～1000℃のような高温での加工と熱処理を組み合わせた「加工熱処理」は、1000年以上前の刀鍛冶から現在の自動車用鋼板や建築材などの鉄鋼材料製造にも引続き適用されている製造プロセスである。しかし、高温度域での加工熱処理中にどのようにマイクロ組織が形成されるかを直接観察することは困難であるため、現行の加工熱処理は依然として経験的な側面に大きく依存しているのが現状である。

鉄鋼材料の高強度化・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、メカニズム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。われわれは、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で高温加工熱処理シミュレータを導入した。本研究では、「動的フェライト変態」と呼ばれる、今後の加工熱処理の基礎となる新しいメタラジー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1μm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。通常、超微細粒マイクロ組織の形成は、繰り返し重ね合わせ圧延に代表されるような巨大ひずみ加工が必要である。しかし動的

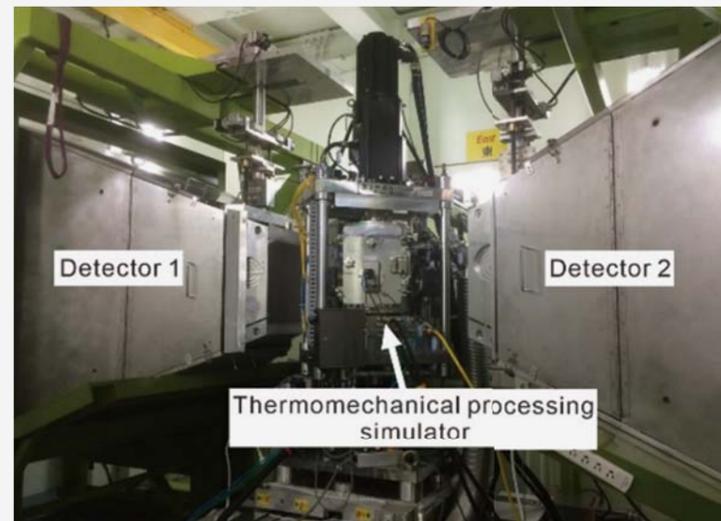


図1 その場中性子回折実験用高温加工熱処理シミュレータ

フェライト変態を含む加工熱処理では比較的小さなひずみ量で超微細粒マイクロ組織を得ることが可能であることが大きな特徴である[1]。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。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マイクロ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。

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解析した結果、圧縮加工を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明らかとなった[2]。これ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成果である。また、中性子回折プロファイルからフェライト相とオーステナイト相の格子定数変化を解析し、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を

明らかにした。これは、変態中に平衡モードがパラ平衡からオルソ平衡へと遷移することに起因すると考えられる。

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[3]、上述の変態中の格子定数変化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を明確に示すことができた。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[2]。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。母相オーステナイトの転位密度変化の結果から、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。

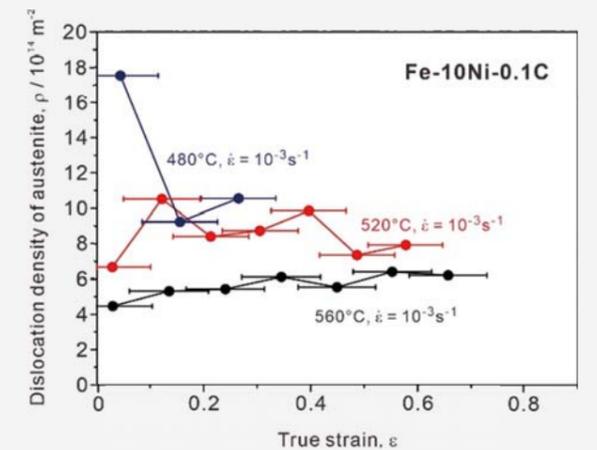


図2 動的フェライト変態に伴う母相オーステナイト中の転位密度変化

連名者・連携機関

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

参考文献

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

関連 WEB

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