

Fe-Mn 鋼の変形・加熱過程におけるその場相変態解析

In situ phase transformation Analysis of Fe-Mn steel under deformation and heating

佐藤晃¹⁾、今福宗行²⁾、菖蒲敬久³⁾

Akira Sato, Muenyuki Imafuku, Takahisa Shobu

1) 東京都市大学工学部 (院生) 2) 東京都市大学工学部 3) 日本原子力研究開発機構

(概要)

放射光利用高エネルギーX線回折法により、Fe-Mn鋼の加工誘起マルテンサイト変態と加熱による逆変態の負荷中in-situ方位解析を行った。その結果、10%程度の小ひずみ量の場合、 $\langle\bar{1}44\rangle$ 近くの方角を持つ結晶粒が優先的に変態・逆変態をするが、40%程度の大ひずみ量の場合、変態・逆変態に伴い、この優先方位は保たれないことがわかった。

キーワード : Fe-Mn鋼、Fe系形状記憶合金、マルテンサイト変態、優先方位

1. 目的

Fe-Mn 鋼は、変形により応力誘起 $\gamma \rightarrow \epsilon$ マルテンサイト変態が起こり、これを 200°C~400°C程度に加熱すると $\epsilon \rightarrow \gamma$ 逆変態により形状回復する鉄系形状記憶合金として知られている。本研究では、この変態—逆変態過程におけるデバイリングの in-situ 測定により、本鋼の変形変態、回復挙動の一連のプロセスを結晶回転、組織形成、ひずみ分布の観点から総合的に調べていくことを目的とする。研究により、Fe-Mn 鋼の強度・延性の発現や変形回復機構の理解が進み、優先方位制御による材料やプロセス設計に繋がるものと期待される

2. 実験方法

試料には典型的な鉄系形状記憶合金組成の Fe-28%Mn-6%Si-5%Cr 鋼を用いた。今回新たに試作した放射光 X 線回折用加熱変形試験機 (図 1 参照) を用いて、本試料に 10%~40% の引張ひずみを加えたまま、昇温速度 0.5 K/s にて 527K まで加熱し、形状回復させた。各処理プロセスにおいて二次元検出器 PILATUS 100K を走査させ、二次元デバイリングを取得した。利用した放射光 X 線エネルギーは 30 keV である。得られた複数のデバイリングの強度の回折方向依存性を解析することにより、変態、逆変態に伴う優先方位の変化を解析した。

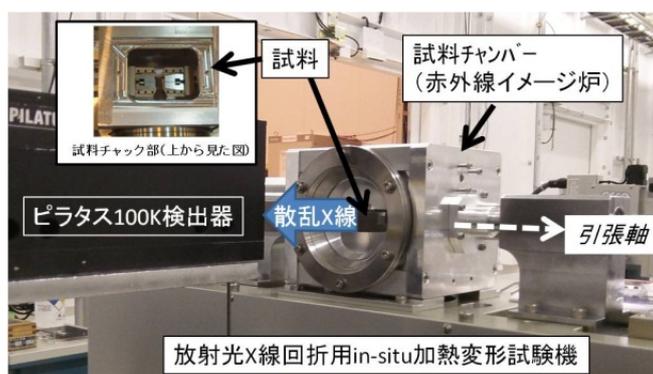


図 1. 放射光 X 線回折用 in-situ 加熱変形試験機とピラタス 100K 検出器の配置写真。

3. 実験結果

図 2(a), (b)に 10%変形後加熱した場合と 40%変形後加熱した場合のデバイリングの変化を示す。これらの測定結果を基に、相形成およびその方位関係を解析し、以下のことがわかった。

(1) 引張変形量 10%の場合、引張変形を加えるとεマルテンサイト相が生成し、加熱により逆変態が起こる。<1̄44>近くの方角を持つ結晶粒が優先的に変態・逆変態をする。(図 3(a)参照)

(2) 引張変形量 40%の場合、εマルテンサイト相が生成するが、加熱してもεマルテンサイト相は多く残留する。変態過程では<1̄44>近くの方角を持つ結晶粒が優先的に変態しているが、逆変態は<1̄44>からずれた方角を持つ結晶粒で生じていた。(図 3(b)参照)

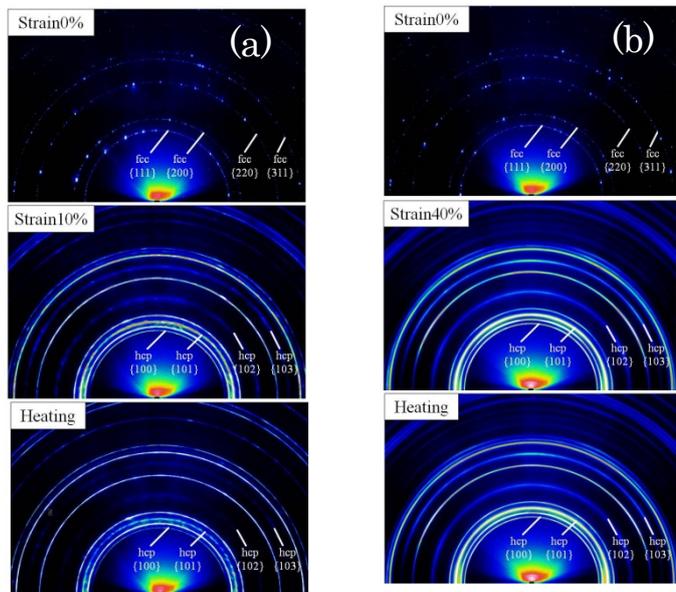


図 2. Fe-Mn 鋼の引張変形→加熱に伴うデバイリングの変化。(a)ひずみ量 10%、(b)ひずみ量 40% の場合。

参照) 他の実験結果から、本材料では 40%の大ひずみを与えた場合、マルテンサイト相の増加がほとんどないまま変形が進行することがわかっている。よって、変態・逆変態過程における優先方位が不可逆となった原因としては、高い引張負荷領域において進行するすべり変形が逆変態を阻害する方向に作用するためだと考えられる。

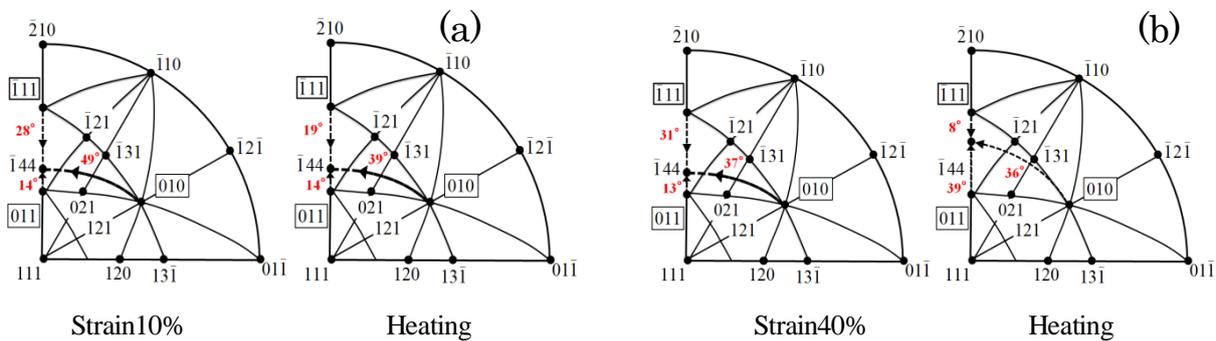


図 3. Fe-Mn 鋼の引張変形→加熱に伴う優先方位の変化。(a)ひずみ量 10%、(b)ひずみ量 40% の場合。

従来の ex-situ 実験では、変態→逆変態過程での方位関係のひずみ量依存性は確認できていなかった。本研究の負荷下での in-situ 実験結果は、材料の変態後の相応力状態（これは別途実験中である）が逆変態プロセスでの優先方位形成に影響していることを示唆するものである。

謝辞

本研究で用いた Fe-28%Mn-6%Si-5%Cr 鋼は東北大学多元物質科学研究所鈴木茂教授よりご提供頂いた。ここに感謝の意を表す。