

# 高圧下巨大ひずみ加工後の Mn 鋼における準安定 $\epsilon$ 相安定化メカニズムの 残留応力測定中性子回折による解明

Stabilization mechanism of metastable  $\epsilon$  phase in Mn steels at ambient atmosphere  
after severe plastic deformation under high pressure

戸高 義一<sup>1)</sup>, 東 宏昭<sup>2)</sup>, 森迫 和宣<sup>2)</sup>, 佐藤 秀之<sup>2)</sup>, 鈴木 裕士<sup>3)</sup>, 梅本 実<sup>1)</sup>

Yoshikazu TODAKA<sup>1)</sup>, Hiroaki AZUMA<sup>2)</sup>, Kazunobu MORISAKO<sup>2)</sup>, Hideyuki SATOU<sup>2)</sup>,  
Hiroshi SUZUKI<sup>3)</sup>, Minoru UMEMOTO<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 豊橋技科大(工), <sup>2)</sup> 豊橋技科大(院), <sup>3)</sup> 原子力機構

## (概要)

Fe・15 mass% Mn 鋼を高圧相である  $\epsilon$  相の状態では HPT 加工すると、 $\epsilon$  相が常温・常圧下でも安定化する。本研究では、中性子回折を用いて、Fe・15 mass% Mn 鋼における HPT 加工による  $\epsilon$  相の安定化と歪量・圧力の関係を調査した。 $\epsilon$  相の割合は、歪量と圧力の増加に伴って増加した。

**キーワード:** Pressure-Induced Phase-Transformation, High-Pressure Torsion, Severe Plastic Deformation, Fe-Mn steel,  $\epsilon$ -Phase.

## 1. 目的

近年、HPT (High-Pressure Torsion), ECAP, ARB 等の巨大ひずみ形状不変加工法が開発され、その中でも HPT 加工は高圧下で巨大ひずみ加工できる特徴を有する。最近の研究において、純 Ti, 純 Zr, Fe-Mn-C 系鉄鋼材料を高圧相状態で HPT 加工することで、高圧相が常温・常圧下でも安定化することを明らかにした[1,2]。本研究では、中性子回折を用いて、Fe-Mn 系鉄鋼材料における HPT 加工による  $\epsilon$  相の安定化と歪量・圧力の関係を調査した。

## 2. 方法

供試材として Fe・15 mass% Mn 鋼を用いた。HPT 試料の形状は直径 5, 10 mm, 初期厚さ 0.85 mm の円板とし、圧力  $P=2.5, 5, 20$  GPa, 回転速度 0.2 rpm の条件で室温にて HPT 加工を行なった。この加工条件では、加工発熱による試料の温度上昇は 10 °C 未満であり、相変態に与える影響は小さいと考えられる。加工後の試料について X 線回折, 中性子回折を行なった。中性子回折は、HPT 加工材を 10 mm の厚さに重ね、試料中心から 2 mm の位置を RESA-2 (スリット幅 3 mm, 常温・常圧) にて測定した。

## 3. 研究成果・考察・結論

Fig. 1 に、試料直径 10 mm の無加工材と HPT (2.5 GPa) 材の試料板面を測定した X 線回折結果を示す。回転回数  $N$  (歪量) の増加に伴って  $\alpha$  相の割合が減少し、 $\epsilon$  相の割合が増加した。また、HPT 加工に伴って  $\alpha$  相のピークは低角度側にシフトしたが、 $\epsilon$  相のピークシフトは確認されなかった。Fig. 2 に、試料直径 5, 10 mm の XRD 結果 ( $\alpha$  (211),  $\epsilon$  (103)) を用いて、ピーク面積比より  $\epsilon$  相割合の変化を調査した結果を示す。横軸は、円板面の歪量の総和を試料面積で除し、平均相当歪量とした。 $\epsilon$  相の割合は、歪量と圧力の増加に伴って増加した。しかし、2.5 GPa では歪量に依らず相割合はほぼ一定であることから、 $\epsilon$  相の安定化に及ぼす歪量の影響は圧力が大きいほど顕著になると考えられる。Fig. 3 に、試料直径 10 mm の HPT (2.5 GPa) 材の中性子回折結果を示す。測定は、中性子の透過性を利用し、せん断方向に対して回折面が平行な半径方向 (radial) と垂直な周方向 (hoop) から行なった。図中の点線は無加工材のピーク角度を示している。X 線回折結果 (Fig. 1) と同様に、 $\alpha$  相のピークは低角側にシフトしたが、 $\epsilon$  相のピークシフトは確認されなかった。歪量が大きくなると  $\alpha$  (211),  $\epsilon$  (103) のピーク強度は減少した。しかし、X 線回折結果 (Fig. 1 (b)) において  $\alpha$  (211),  $\epsilon$  (103) の両ピーク強度の減少は確認されなかった。これは HPT 加工による結晶配向の可能性と、格子ひずみによる半価幅の増大に起因していると考えられる。

## 4. 引用(参照)文献等

[1] Y. Todaka, J. Sasaki, T. Moto, M. Umemoto, Scripta Materialia Vol.59 (2008) p.615-618.

[2] Y. Todaka, H. Azuma, Y. Ohnishi, H. Suzuki, M. Umemoto, Journal of Physics: Conference Series Vol.240 (2010) p.012113.

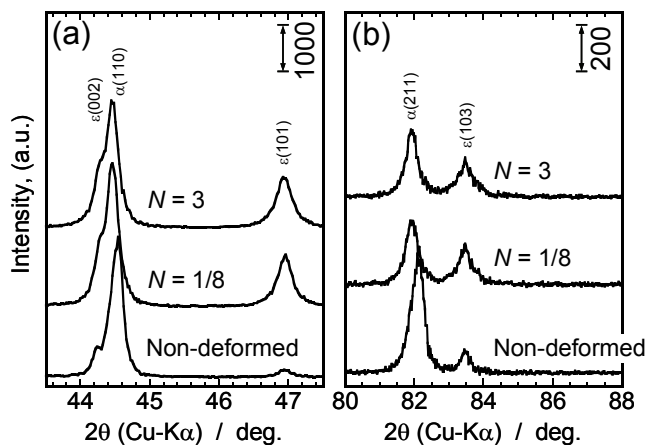


Fig. 1 XRD patterns of HPT-processed ( $P=2.5$  GPa) specimens at (a) low-angle and (b) high-angle regions.

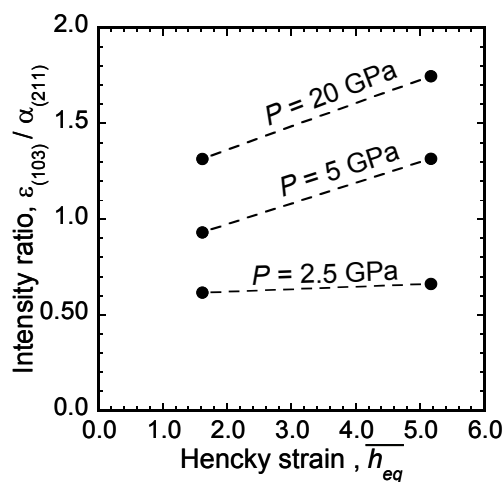


Fig. 2 Peak area ratio ( $\epsilon(103) / \alpha(211)$ ) of specimens HPT-processed at  $P=2.5, 5, 20$  GPa.

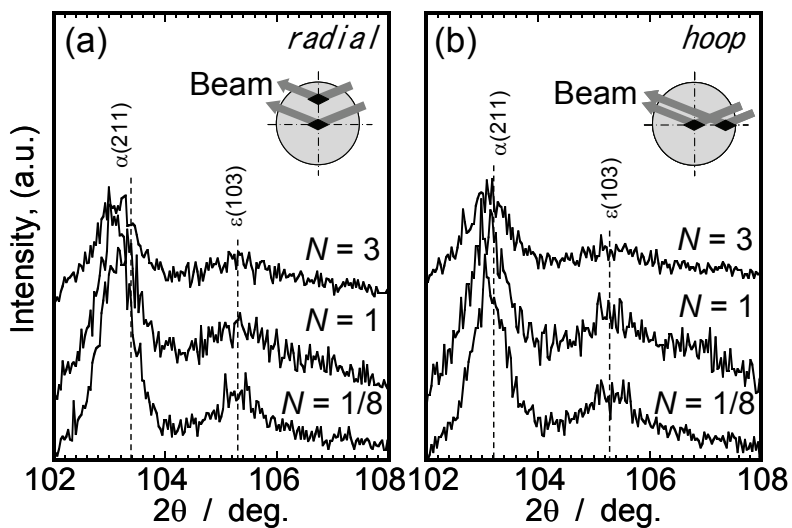


Fig. 3 Neutron diffraction patterns of HPT-processed ( $P=2.5$  GPa) specimens measured from (a) radial and (b) hoop directions.