

残留応力測定中性子回折による巨大ひずみ加工後の鉄鋼材料の高強度発現メカニズムの解明 その1

Study of abnormal-strengthening mechanism in Fe after severe plastic deformation by neutron diffraction

戸高 義一¹⁾, 友田 陽²⁾, 鈴木 裕士³⁾, 佐々木 洵⁴⁾, 好井 美樹⁴⁾

Yoshikazu TODAKA, Yo TOMOTA, Hiroshi SUZUKI, Jun SASAKI, Miki YOSHII

1) 豊橋技科大(工), 2) 茨城大(工), 3) 原子力機構, 4) 豊橋技科大(院)

HPT 加工した純 Fe における高強度化に及ぼす集合組織の影響を調査した。HPT 加工した円板面 ($\chi=90^\circ$) に強い(110)配向が見られ、また、hoop 方向の $\chi=30^\circ$ 付近にも(110)配向が認められた。歪量の増加に伴う集合組織の変化はなく、著しい高強度化に及ぼす結晶配向の影響は小さいことが分かった。

キーワード: High Pressure Torsion, Severe Plastic Deformation, Tensile property

1. 目的

金属材料において、塑性加工による強度の増加は一般的に延性の低下を招く。しかし、更に加工を加えることにより、高強度を保ったまま延性が増加することが報告されている[1]。これまでの我々の研究においても、巨大ひずみ加工の一種である HPT 加工した純 Fe 材で、引張強度 UTS 1900 MPa, 破断伸び EL 30% の高強度・高延性が得られることを確認した(図 1, 引張試験平行部の相当歪 $\epsilon_{eq} \approx 9 \times N$)。破断伸び EL は回転回数 N (歪量 ϵ_{eq}) の増加に伴って一旦減少したが、更なる加工により増加した(図 1(a))。また、一般に引張強度 UTS はビッカース硬さ Hv の 1/3 にほぼ等しいことが知られている。しかしながら HPT 加工材においては、 $\epsilon_{eq} > 27$ ($N > 3$) でその関係からはずれ、著しく高強度化した(図 1(b))。本研究では、HPT 加工による著しい高強度化に及ぼす結晶配向の影響を調べた。

2. 方法

供試材として直径 10 mm, 厚さ 0.85 mm の純 Fe (11C, <20Si, <30Mn, <20P, <3S, 300Al, mass ppm) を用いた。HPT 加工は圧縮圧力をかけながら同時にねじりを加える加工法である。HPT 加工は圧縮応力 5 GPa, 回転速度 0.2 rpm, 回転回数 $N=1, 5, 10$, 室温にて行った。中性子回折は、HPT 加工のままの試料と $N=5$ の HPT 加工後加熱(200 °C, 1 h)した試料を、表面を研磨して 18 枚程度重ねて直径 10 mm, 厚さ 10 mm の円柱形状としたものを用いた。円板中心から 3 mm の位置における(110)回折強度と、図 2 に示す 3 軸方向の残留応力を調査した。波長 2.20 Å, スリット 2×2 mm で RESA-II にて中性子回折を行った。

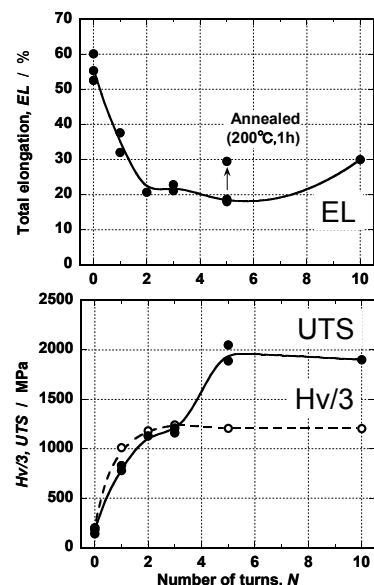


図 1 HPT 加工後の試料における引張特性. (a) 破断伸び EL (b) ビッカース硬さ Hv と引張強度 UTS .

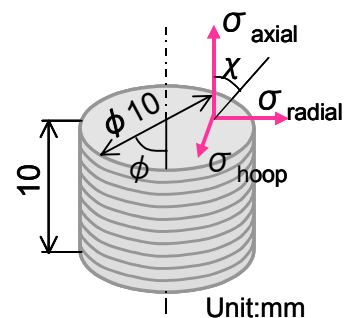


図 2 中性子回折用の試料形状.

3. 研究成果

図3は各種試料での hoop 方向における(110)回折強度の変化を示す。光路差による強度変化を補正した後、 $\chi = 90^\circ$ の強度によりそれぞれの強度値を規格化した。全ての試料において、円板面 ($\chi = 90^\circ$)に強い配向が見られ、また、 $\chi = 30^\circ$ 付近にも配向が認められた。しかしながら、回転回数 $N = 1$ 以上での歪量の増加に伴う集合組織の変化はなく、著しい高強度化に及ぼす結晶配向の影響は小さいことが分かった。

高い強度を有する原因の一つとして残留応力の影響が考えられる。図2に示す3軸の応力値を測定したが、装置の不具合により結果が得られなかった。

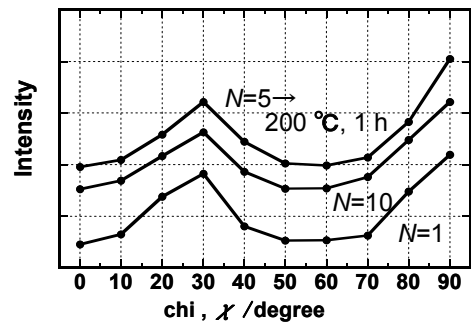


図3 HPT加工による(110)配向性の変化.

4. 結論・考察

HPT加工を行った純Fe材における集合組織について調査した。回転回数 $N = 1$ 以上での歪量の増加に伴う集合組織の変化はなく、著しい高強度化に及ぼす結晶配向の影響は小さいことが明らかとなった。今後は残留応力等の因子について調べる予定である。

5. 引用(参照)文献等

[1] R.Z. Valiev, *et al.*, Nature Mater., 17 (2002) 5.

残留応力測定中性子回折による巨大ひずみ加工後の鉄鋼材料の高強度発現メカニズムの解明 その2

Study of abnormal-strengthening mechanism in Fe
after severe plastic deformation by neutron diffraction

戸高 義一¹⁾, 友田 陽²⁾, 鈴木 裕士³⁾, 佐々木 洵⁴⁾, 好井 美樹⁴⁾

Yoshikazu TODAKA, Yo TOMOTA, Hiroshi SUZUKI, Jun SASAKI, Miki YOSHII

1) 豊橋技科大(工), 2) 茨城大(工), 3) 原子力機構, 4) 豊橋技科大(院)

HPT 加工した純 Fe における高強度化・高延性化に及ぼす残留応力の影響を調査した。測定した残留応力値はバラツキが大きく、それは試料形状に起因すると考えられる。試料形状および測定方法の工夫が必要である。

キーワード: High Pressure Torsion, Severe Plastic Deformation, Tensile property

1. 目的

金属材料において、塑性加工による強度の増加は一般的に延性の低下を招く。しかし、更に加工を加えることにより、高強度を保ったまま延性が増加することが報告されている[1]。これまでの我々の研究においても、巨大ひずみ加工の一種である HPT 加工した純 Fe 材で、引張強度 UTS 1900 MPa, 破断伸び EL 30 % の高強度・高延性が得られることを確認した。また、一般に引張強度 UTS はビッカース硬さ Hv の $1/3$ にほぼ等しいことが知られている。しかしながら HPT 加工材においては、 $\epsilon_{eq} > 27$ (回転回数 $N > 3$) でその関係からはずれ、著しく高強度化した。本研究では、HPT 加工による著しい高強度化に及ぼす残留応力の影響を調査した。

2. 方法

供試材として直径 10 mm, 厚さ 0.85 mm の純 Fe (11C, <20Si, <30Mn, <20P, <3S, 300Al, mass ppm) を用いた。HPT 加工は圧縮圧力をかけながら同時にねじりを加える加工法である。HPT 加工は圧縮応力 5 GPa, 回転速度 0.2 rpm, 回転回数 $N = 1, 5, 10$, 室温にて行った。中性子回折は、HPT 加工のままの試料と $N = 5$ の HPT 加工後加熱 (200 °C, 1 h) した試料を、表面を研磨して 18 枚程度重ねて直径 10 mm, 厚さ 10 mm の円柱形状としたものを用いた。波長 2.20 Å, スリット 2×2 mm で RESA-II にて中性子回折を行い、図 1 に示す 3 軸方向の残留応力を調査した。

3. 研究成果

試料の厚さ中心にビームを入射し、円板中心からの距離 r に対する残留応力の変化を図 2 に示す。HPT 加工はねじり加工を加えることから、歪量は回転軸に対称である。しかしながら、測定した応力の分布は回転軸に対して対称ではなく、また、3 軸方向の応力が試料全体で釣り合っていない。更に、HPT 加工後加熱 (200 °C, 1 h) した試料においては、TEM 観察において回復していることが確認されていることから残留応力も除去されていることが予想されたが、試料全体で圧縮応力が認められた。

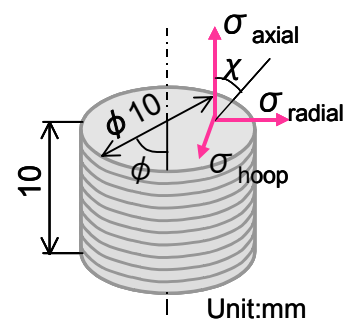


図 1 中性子回折用の試料形状.

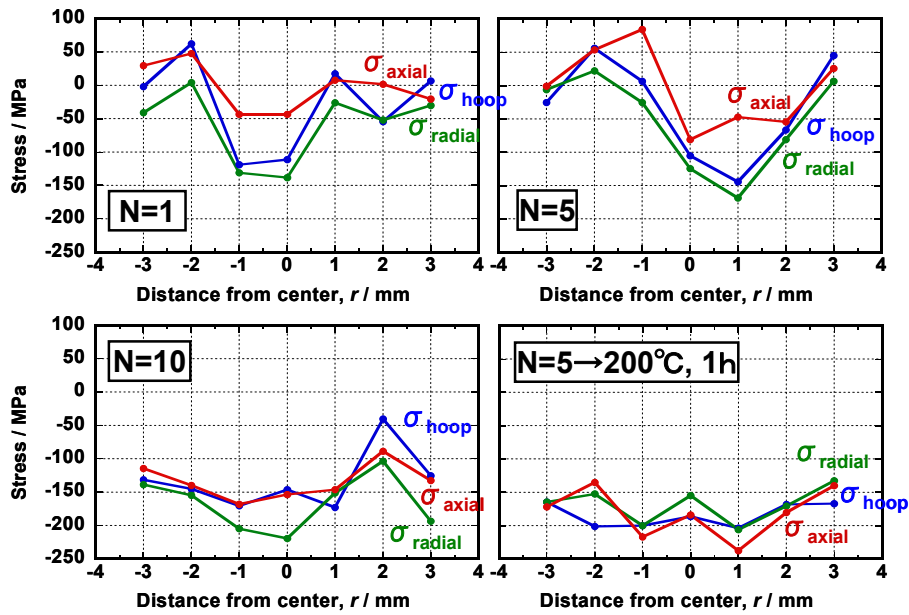


図2 各種試料における残留応力分布.

4. 結論・考察

HPT 加工した純 Fe の円板を積層して残留応力の測定を行った結果、残留応力値はバラツキが大きく、それは試料形状に起因すると考えられる。試料形状および測定方法の工夫が今後必要である。

5. 引用(参照)文献等

- [1] R.Z. Valiev, *et al.*, Nature Mater., 17 (2002) 5.