402 < IF 鋼のひずみ時効硬化異方性特性評価>

< Evaluation of Anisotropic behavior of strain age hardening in IF steel >

○佐藤 諒 (茨城大学院)

Ryou SATOU, Graduate student of Ibaraki University, Hitachi, nakanarusawacho4-12-1, Ibaraki
鈴木徹也 (茨城大学工)

山中啓輔

関根 亮佑 (茨城大学院)

(茨城大学院 現三菱重工精密 casting)

Tetsuya SUZUKI, College of Engineering,
Ibaraki University

Keisuke YAMANAKA, Graduate Student of
Ibaraki Univ., Present: Mitsubishi Heavy
Industries Precision Casting Co., Ltd.

Ryousuke SEKINE, Graduate Student of
Ibaraki University.

The work-hardening characteristics of anisotropic tensile deformations and the corresponding residual strain changes of pre-strained ferrite single-phase steels with and without aging treatment were investigated by using the neutron diffraction. The plastic deformation along the pre-strained direction conducted aging treatment shows discontinuous yielding behavior. On the other hand, the plastic deformation perpendicular to the pre-strained direction after aging treatment shows continuous yielding. An anisotropy of mechanical property in IF steel is attributed to deformation direction and strain ageing. As a result, it was found from this investigation about micro structures that the FWHM of all the grains is increased by strain-aging.

Key Words: strain aging, elastic anisotropy, neutron diffraction

1. 緒言

これまでの研究から、フェライト単相鋼に予ひずみを施し時効させた材料は時効硬化特性に異方性があることが分かった[1][2]。予ひずみに対して順方向、直交方向に二次加工を施した引張り試験では、順方向のみ不連続降伏が発生した。ひずみ時効硬化の解明にはマイクロ組織の評価が必要となる。そこで、本研究の目的は中性子回折によるマイクロ組織因子の評価である。

2. 実験方法

2.1 試料作製

試料は、炭素を 60ppm 含む低炭素鋼を用いた。まず大型試験片を作成し、2%の予ひずみを導入した。この予ひずみ材から順方向、直交方向に試験片を切り出し、一方に時効処理を施した後にそれぞれ歪み 0.2、1.0、2.0、8.0%に 2 次加工を施した。Table 1 に化学組成比、Fig.1 に試験片、Fig.2 に試験片作製の模式図を示した。

Fig.1 Test specimen

Table 1 Composition of specimen in mass%

chemical component	C	Si	Mn	P	S	t-Nb
mass%	0.06	0.1	0.3	0.002	0.001	0.03

Fig.2 Process of making specimens

2.2 中性子回折

中性子回折には大強度陽子加速器施設 (J-PARC) の中性子回折装置 iMATERIA によって行った。これは TOF 法に基づく多目的中性子実験装置である[3]。測定対象は順方向、直交方向に切り出し 2 次加工を施した無時効材、150℃時効材である。解析したのは(110),(200),(211),(220)の 4 回折面である。

2.3 プロファイル解析

中性子回折によって得られたデータは Igor 解析を行った。Igor 解析では、1 回折面ごとにガウスフィッティングを行い、半価幅 FWHM を算出した。

2.4 データ解析

時効硬化による半価幅に変化を検討した。大型試験片を基準材とし、基準材の半価幅(F_0)と加工後の半価幅(F)の比を取り、時効有無の半価幅を比較することで、時効硬化が半価幅に及ぼす影響を検討した。また時効処理による結晶粒ごとの異方性を検討した。二次加工の0.2%材の半価幅(F_a)基準とし、1%、2%、8%それぞれの半価幅(F)の比を取ることで、時効硬化が、二次加工開始後の半価幅の上昇傾向にどのような影響を与えるか検討した。

3. 結果・考察

Fig.3 に順方向材の半価幅の比較、Fig.4 に直交材の半価幅の比較、Fig.5、Fig.6 にそれぞれ無時効材、時効材の順方向、直交方向の半価幅の上昇率を示した。

Fig.3 FWHM comparison of specimens given pre-strain in parallel direction.

Fig.4 FWHM comparison of specimens given pre-strain in orthogonal direction.

Fig.5 FWHM comparison in parallel and orthogonal direction without aging treatment

Fig.6 FWHM comparison in parallel and orthogonal direction after aging treatment

Fig.3、Fig.4 から時効前に比べて時効後の方が各粒の半価幅の上昇が大きいことが分かった。これは時効処理によって発生する不動転位の存在が新たな転位を増加させたと考えられる。また全ての粒において半価幅の上昇が見られることから、時効硬化の影響は材料全体に及んでいることが示された。

Fig.5、Fig.6 から時効硬化の有無で結晶粒ごとの半価幅の上昇の傾向に変化が現れた。無時効材では順方向における、全ての結晶粒の半価幅の上昇が、直交方向に比べて大きい。これは順方向では予ひずみ分の加工が直交方向に対して余分に加えられているためと推測できる。時効材では直交方向において、(200)粒の半価幅の上昇が、順方向よりも大きい結果となった。今後は転位コントラストを考慮した解析が必要と考えられる。

4. 結言

時効処理によって各回折線の半価幅が上昇することが示された。また時効の有無による半価幅の上昇の傾向に差が出た。時効後において、(200)粒の半価幅の上昇は大きな値を取った。これは既存の転位と時効硬化の影響が原因と考えられる。

参考文献

- [1] 山中啓輔、茨城大学修士論文、中性子回折によるフェライト単相鋼の時効硬化特性評価、(2011)
- [2] 鈴木徹也、山中啓輔、石野まゆ子、篠原康浩、長井健介、津留英司、徐平光、中性子回折によるフェライト単相鋼のひずみ時効硬化異方性の検討、鉄と鋼 Vol.98(2012),No6, pp.262-266.
- [3] 鳥居周輝、友田陽、鈴木徹也、朴鐘皓、及川健一、神山崇、TOF 法による IF 鋼の引張変形その場中性子実験、日本機械学会論文集(A編)68巻675号(2002-11), pp52-57.
- [4] 木村宏、材料強度の考え方、アグネ技術センター、(2002)、pp.49-75.