408 パーライトパテント材の引張変形中その場中性子回折

In situ neutron diffraction under tensile deformation for patented pearlite steels

〇学 篠崎 智也 (茨城大) 学 諸岡 聡 (茨城大・院)
 鈴木 徹也 (茨城大) 正 友田 陽 (茨城大・院)

Tomoya Shinozaki, Faculty of Engineering student, Ibaraki University, 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511
 Satoshi Morooka, Graduate student of Ibaraki University, 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511
 Testuya Suzuki, Faculty of Engineering, Ibaraki University, 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511
 Yo Tomota, Graduate school of Ibaraki University, 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511

When plastic deformation is given to pearlite steel, misfit strain generates between cementite and ferrite. Even in the ferrite matrix, stress is different from grain to grain depending on the crystal orientation. This "block stress" stems from the heterogeneous plastic flow among differently oriented blocks and must be influenced by texture. In this study, therefore, in situ neutron diffraction under tensile deformation for as-patented pearlite steels with weak texture were conducted in order to estimate the strength anisotropy in the crystal orientation of ferrite blocks. Consequently, it was found that (110) and (211) ferrite family blocks in the pearlite steels are harder than (200) ferrite family ones.

Key Words: Pearlite Steel, Microstructure, Neutron Diffraction, Plastic Deformation

1. 緒言

パーライト組織を有する鉄鋼材料は、伸線加工することでピアノ線のように高強度を示すことで知られる。パーライトはFig.1に示すような組織であり、旧オーステナイト粒が1つのブロックを形成し、その内にフェライトとセメンタイトからなるいくつかのコロニーが形成されている。この組織を有するパーライト鋼を伸線加工した場合、次の4つの原因で残留応力が形成される。(1) フェライトとセメンタイトの強度差に起因する相応力、(2) フェライトの結晶方位異方性によるブロック応力、(3) ラメラ方位による強度差に起因するラメラ応力、(4) 伸線加工による内部と外部の塑性流動の差に起因するマクロ応力。それらの残留応力を原因別に分離することは一般に難しいが、透過力の高い中性子回折を用いれば、試料全体の情報を含むことから(3)、(4)の応力は無視できると考えられる。

我々の研究グループではこの中性子回折を利用して、伸線パーライト鋼の内部応力について検討してきた¹⁾。その結果、相応力についてはある程度の知見が得られたが、伸線加工すると、集合組織の影響をうける(2)のブロック応力については、いまだ明らかでない点がある。そこで、本研究では、集合組織をもたないパーライトパテント材の引張変形中のその場中性子回折を行い、ブロック応力発生の原因となる結晶方位の強度異方性について検討した。

Fig.1 Schematic illustration of pearlite structure

2. 実験方法

本研究で使用した試料は、大同特殊鋼(株)において作製されたパーライトパテント材である。試料は、900℃で焼ならし後、恒温処理(400℃)したFe-0.8C(0A)、Fe-2.5Ni-0.8C

(2A)およびFe-5.0Ni-0.8C(5A)、恒温処理(550℃)のFe-0.8C(0C)、Fe-2.5Ni-0.8C(2C)およびFe-5.0Ni-0.8C(5C)を用い、それらの化学組成をTable1に示す。引張変形中その場中性子回折実験は、高エネルギー加速器研究機構中性子散乱研究施設に設置されている高分解能中性子回折装置SIRIUSを用いて、飛行時間法(TOF法)により各パテント材の降伏点付近の応力下で測定した。その回折プロファイル例およびSIRIUSの引張方向、入射・回折ベーム、バンクの関係を図2に示す。

Table 1 Chemical compositions of pearlitic steel(mass%)

成分元素	C	Si	P	S	Cu	Ni
Fe-0.8C	0.801	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<.01
Fe-2.5Ni-0.8C	0.815	0.01	0.002	0.001	<0.01	2.5
Fe-5.0Ni-0.8C	0.800	0.01	0.001	0.001	<0.01	5.0

Fig.2 Diffraction profiles obtained by TOF method and Layout for lattice strain measurement during tensile deformation.

3. 結果及び考察

パーライトパテント材の引張変形中その場中性子回折により得られた回折プロファイルは、回折強度はα(110)は高く、それ以外は極端に低い。ピークシフトを追えるα(110)、α(200)、α(211)をフィッティングし、ピーク位置を決定し、

格子面ひずみを計算した。TOF 法は入射ビームスペクトルが非対称なので、Gauss 関数、Lorentz 関数および指数関数でフィッティングし、フィッティング精度としては十分高い 0.001~0.01%の誤差範囲で計算できた。0A 鋼、2A 鋼および 5A 鋼における格子面ひずみの引張応力における変化を Fig.3 に示す。恒温処理温度 400℃において、降伏強さ、及び残留ひずみは Ni 添加に伴い大きくなっていることがわかる。また、恒温処理温度の異なる 2A 鋼および 2C 鋼の $\alpha(110)$ 格子面ひずみの引張応力における変化を Fig.4 に示す。恒温処理温度が低いほど、降伏強さが大きいことがわかる。パーライト鋼は、恒温処理温度が低いほどラメラ間隔(S_0)が小さい²⁾。従って、降伏強さはラメラ間隔(S_0)に支配されると推測される。

Fig.3 Lattice plane strain as a function of the applied stress for 0A, 2A and 5A steels. (isothermally transformed at 673K)

Fig.4 $\alpha(110)$ Lattice plane strain as a function of the applied stress for 5A, and 5C steels. (isothermally transformed at 400℃(5A) and 550℃(5C))

また、Fig.3 から、(110)と(211)はほぼ同じ傾向が見られることが確認される。しかし、(200)はこれらとは異なり、弾性係数に大きく影響を及ぼした。0A 鋼の(110)、(200)および(211)の弾性係数は 228GPa、177GPa、226GPa である。Table2 に 0A、2A、5A 鋼における(110)、(200)および(211)の弾性係数の値を示す。Ni を添加した炭素鋼 2A、5A についてもこれらの面における弾性係数の傾向は同様にみられ、Ni 添加した 2A 鋼および 5A 鋼では、 $\alpha(110)$ 弾性係数が比較的大きくなることがわかった。

Table2 (110)、(200)、(211) diffraction Young's modulus (GPa)

steel		(110)	(200)	(211)
Fe-0.8C	0A	228	177	226
Fe-2.5Ni-0.8C	2A	241	184	235
Fe-5.0Ni-0.8C	5A	262	172	238

4. 結言

引張変形におけるフェライトの(110)、(200)および(211)回折格子面ひずみを、中性子回折により測定した。その結果から、フェライトの結晶方位度異方性が確認され、(200)のブロック応力は(110)および(211)よりも低く、弾性係数においても、(200)は(110)、(211)よりも低い値を示した。また、Ni を添加することにより、降伏強さの増加が見られ、(110)回折弾性係数が大きくなることがわかった。

参考文献

- 1) Y.Tomota, A.Kanie, and T.Suzuki : Materials Science, Vols. 426-432(2003) pp.1571-1576
- 2) Y.Tomota, O.Watanabe, A.Kanie, A.Morii, N.Minakawa and Y.morii : Materials Science and Technology, 19(2003)pp.1715