

0.49% C 構造用鋼の回転曲げ疲労過程における歪エネルギー変動に及ぼす熱処理の影響について*

芳 賀 武**

1. 緒 言

筆者等は先に低炭素鋼の回転曲げ疲労過程で発生する歪エネルギー変化の定量的解析法¹⁾²⁾を提案した。この解析法を適用して、先ず焼鈍材の歪エネルギー変動に及ぼす寸法効果を調査し、つぎに2種の焼ならし材および焼入焼戻材における歪エネルギー変動を調査し、これらの熱処理の歪エネルギー変動に及ぼす影響を調べたので、その結果を報告する。

2. 試験片および実験方法

試験片素材の化学成分を Table 1 に、試験片寸法を Fig. 1 に示す。

Table 1. Chemical Composition of Test Material

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0.49	0.30	0.84	0.02	0.019	0.06	0.011	0.041

熱処理は①840°Cで1時間真空焼鈍後、炉中冷却を行ったもの、②840°Cで1時間保持後空冷しながら600°Cに焼ならし後、600°Cで30分保持し、その後空冷を行ったもの、③840°Cで4時間保持後空冷しながら600°Cに焼ならし後、600°Cで30分保持後、空冷を行ったもの、④900°Cで1時間保持後、水焼入をし、その後600°Cに1時間保持後、炉冷したもの、4種類の熱処理材料について実験を行った。試験部分は6#/0エメリー紙仕上のもの、酸化クロムで研磨し、その後5%硝酸アルコールと5%ピクリン酸アルコール溶液で腐食し、結晶粒を確認し、供試片とした。おもな熱処理材料の組織変化を Photo. 1 に示す。

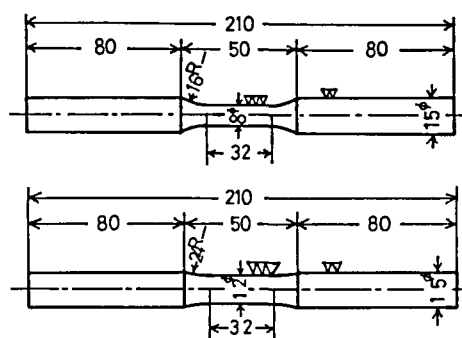


Fig. 1 Shape and Dimensions of Fatigue Test Specimen.

* 日本材料学会 第22期通常総会学術講演会において発表
 ** 機械工学科助手
 原稿受付 昭和50年9月30日

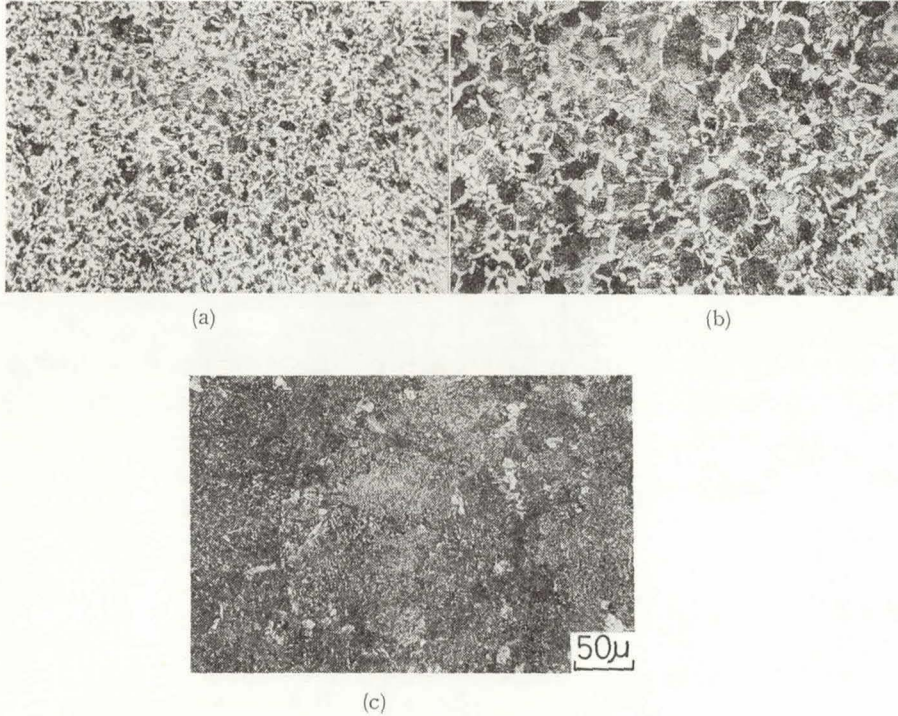


Photo. 1 Microstructures obtained by the heat-treatment of a 0.49% carbon steel.
 (a) 840°C 1 hr→600°C 30min in Lead Bath→Air Cooling
 (b) 840°C 4hr→600°C 30min in Lead Bath→Air Cooling
 (c) Quenched in Water from 900°C Tempered for 1 hr at 600°C

疲労試験は 2800 r. p. m. の小野式回転曲げ試験を用い、おのおのの応力振幅を採用した。歪エネルギーの解析法¹⁾は先に提案した擬似弾性歪エネルギー $(U)_q$ および塑性歪エネルギー $(E_p)_q$ を表わす(1), (2)式と繰返し数 q の増加にともなう総和エネルギーを表わす(3)式を用いた。

$$(U)_q \doteq \frac{4 \cdot \sqrt{\pi} \cdot R^2 \cdot l}{Q_q} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{n_q+2}{2}\right)}{(m_q+1)(n_q+3) \cdot \Gamma\left(\frac{n_q+2}{2}\right)} \cdot \sigma_q \cdot (D_q \cdot \bar{\delta}_{q,s}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$(E_p)_q \doteq \frac{4 \cdot \sqrt{\pi} \cdot R^2 \cdot l \cdot \Gamma\left(\frac{n_q+2}{2}\right)}{(n_q+3) \cdot \Gamma\left(\frac{n_q+3}{2}\right)} \cdot \left\{ \frac{\sigma_q \cdot (D_q \cdot \bar{\delta}_{q,s})}{(n_q+1) \cdot P_q} - \frac{\sigma_q \cdot (D_q \cdot \bar{\delta}_{q,s})}{(m_q+1) Q_q} \right\} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum_{q=1}^q (U)_q, \quad \sum_{q=1}^q (E_p)_q \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 R は試験部分の半径、 l は長さ、 D_q は動係数、 P_q と Q_q は撓みの歪への変換係数、 n_q と m_q は履歴曲線を単項べき関数で近似したときのべき、 $\bar{\delta}_{q,s}$ と $\bar{\delta}_{q,s}$ は静的曲げ試験における最大撓みと回復撓みである。動的撓み $D_q \cdot \bar{\delta}_{q,s}$ 、 $D_q \cdot \bar{\delta}_{q,s}$ および静的撓み $\bar{\delta}_{q,s}$ 、 $\bar{\delta}_{q,s}$ は先端にミニチュアベアリングをつけたダイヤルゲージにより測定した。

3. 実験結果

Fig. 2 および Fig. 3 は熱処理①のときで、歪エネルギー総和の解析結果に及ぼす試験片の寸法効果を示したものである。以前の報告とほぼ同様試験片直径が異っても、総和擬似弾性歪エネルギーは下記の(4)式で表わされる。

$$\sum_{q=1}^q (U)_q = A \cdot q^K \dots \dots \dots (4)$$

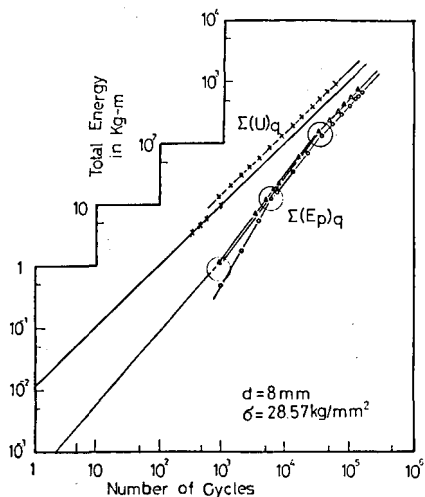


Fig. 2 Respective Total Energy Change (Annealed Steel)

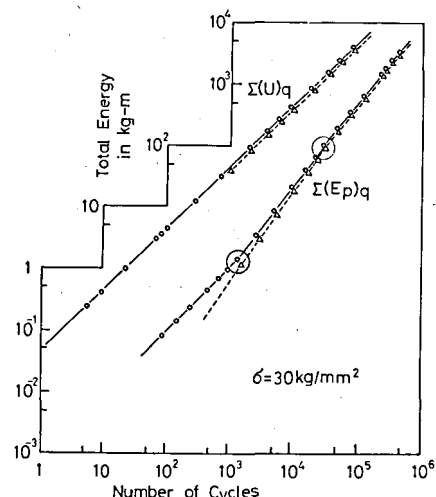


Fig. 3 Respective Total Energy Change (Annealed Steel)

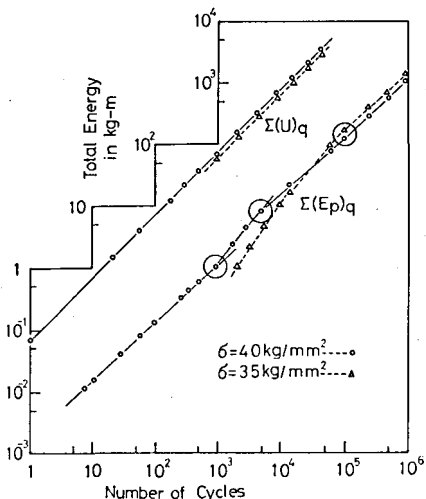


Fig. 4 Respective Total Energy Change (840°C 1 hr 600°C 30 min in Lead Bath Air Cooling)

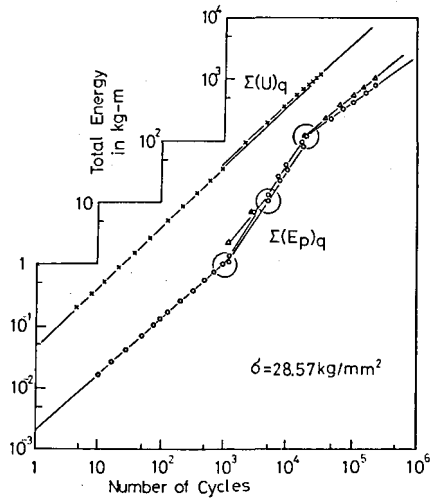


Fig. 5 Respective Total Energy Change (800°C 4 hr 600°C 30 min in Lead Bath Air Cooling)

また総和塑性歪エネルギーは疲労進行過程を4段階に区分する3節点が表われ、寸法変化に依存せず、ほぼ同一エネルギー量に達したとき、それぞれ表われた。さらに破断時の単位体積当り総和塑性歪エネルギー量は寸法効果の影響なく、ほぼ一定値となった。

Fig. 4 および Fig. 5 はそれぞれ熱処理②および③のときで、同様の歪エネルギー変動を生じている。

Fig. 6 は熱処理④のときで、この場合も上述と同様、歪エネルギーは変化する。このことより、この4種類の熱処理においては、総体的に歪エネルギーの特徴的变化は、ほぼ一定のエネルギー量に到達すると発生するものと考えられる。

本研究は防衛大学校南沢力教授ならびに青木望助手等と共同研究をおこなったもので、この研究の詳細については日本材料学会“材料”に投稿中である。

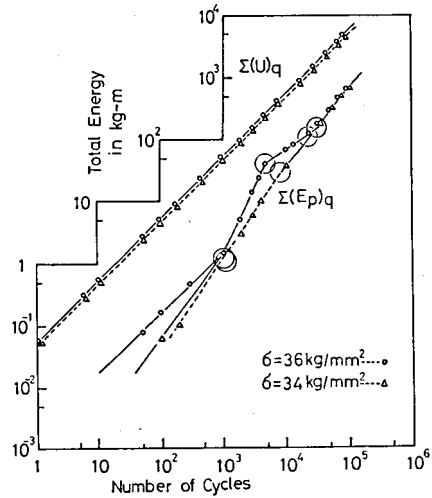


Fig. 6 Respective Total Energy Change (Quenched in Water from 900°C Tempered for the at 600°C)

参 考 文 献

- (1) 南沢 力, 青木 望, 芳賀 武, 石田有示: 材料, 21-221, 90 (昭和47年)
- (2) C.Minamisawa, N. Aoki, T.HAGA and Y. Ishida: Proc. 15th. Japan Congr. on Mat. Reserch, 86 (1971)