

純鉄切欠き材の繰返し曲げ疲労過程における 組織変化と衝撃について*

芳 賀 武**・関 川 三 男***

1. ま え が き

金属の疲労過程中的組織変化およびクラックの進展過程等については多くの理論や実験結果が報告されている。筆者らは、先に平滑材の炭素鋼^{1)~4)}、ステンレス鋼⁵⁾⁶⁾ およびアルミニウム青銅⁷⁾⁸⁾ などについて、疲労進行過程における歪エネルギー解析および組織変化の観察等を調査した。また炭素鋼切欠き材の疲労過程について調査した⁹⁾。中でも疲労進行過程における内部の現象を把握することは極めて困難を要する。

そこで、今回、一つの手段として、疲労進行過程を一時中止し、その後、衝撃を与え、破壊させ、その破面を観察することによって、疲労進行が、どのように変化するかを、純鉄の切欠き材について、調査したので、その結果を報告する。

2. 実 験 方 法

試料は純鉄を用い、Fig. 1 に示すような形状と寸法に機械加工し、その後、950°Cで1時間真空焼鈍を行い、その後、エメリー研磨およびバフ研磨で表面仕上げをほどこし、5%硝酸アルコール溶液で腐食した。

純鉄の主な機械的性質を Table 1 に示す。疲労試験は毎分繰返し数 3400c. p. m. のシェンク型試験機を用いた。衝撃試験はシャルピー試験機を使用し、疲労試験を中断し、長手方向に切欠き部の中心から左右に27.5mmの寸法に切断し、6m/secの速度で衝撃をおこなった。

組織変化の観察においては、光学、電子および走査電子顕微鏡より観察した。

3. 実験結果および考察

シェンク型疲労試験機は応力振幅が一定

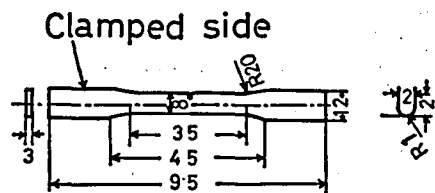


Fig. 1 Form and dimensions of fatigue test specimen.

Table 1 Mechanical properties of test material.

Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)
28.3	55

* 昭和52年10月1日 日本機械学会北陸信越支部講演会において発表

** 機械工学科 助手

*** 機械工学科 教授

原稿受付 昭和53年9月30日

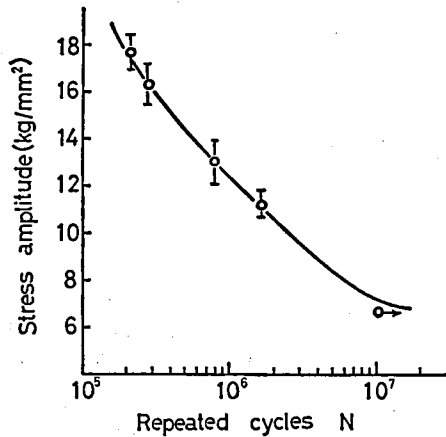


Fig. 2 Approximate S-N curve for U notch tip specimen.

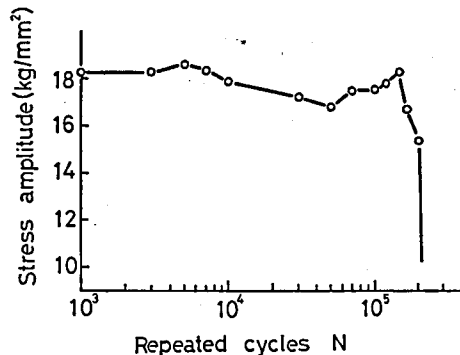


Fig. 3 The stress amplitude change taking place during the fatigue process.

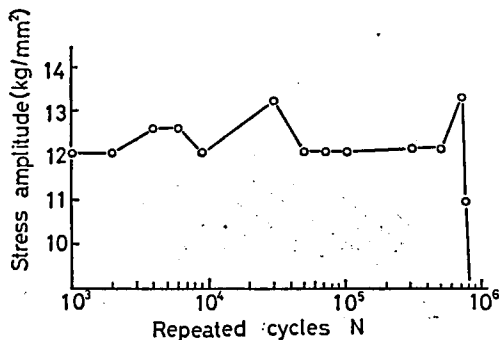


Fig. 4 The stress amplitude change taking place during the fatigue process.

にならないため、真の S-N 曲線は求められず近似的 S-N 曲線⁵⁾となる。

Fig. 2 は純鉄の切欠き材の近似的 S-N 曲線を示す。

作成された近似的 S-N 曲線より $N \approx 2 \times 10^5$ cycle 付近、すなわち、 $\sigma \approx 18 \text{ kg/mm}^2$ を高応力振幅とし、 $N \approx 1 \times 10^6$ cycle 付近、すなわち $\sigma \approx 12 \text{ kg/mm}^2$ を中応力振幅とし、 $N \approx 1 \times 10^7$ cycle 付近、すなわち $\sigma \approx 8 \text{ kg/mm}^2$ を低応力振幅とする。

今回は、この中の中応力振幅についての挙動を調査した。シェンク型疲労試験機は応力が一定にならないため、あらかじめ、試験片を固定する一方のトルク棒（固定側）にゲージ4枚をはり、これよりブリッジボックスおよび動的ストレイン・メーター等に接続し、変動応力を測定した。

この結果を Fig. 3 および Fig. 4 に示す。Fig. 3 は高応力振幅、Fig. 4 は中応力振幅の変動応力を示す。高および中応力振幅とも繰返し数の増加とともに、応力に変動があり、この応力変動は組織変化とかなり関連性がある。

Photo. 1 は中応力振幅における光学顕微鏡組織の変化を示したものである。 $N = 3 \times 10^4$ において、すべり線の発生を観察し、これは Fig. 4 において、1つのピークを示す。その後の繰返し数の増加とともに、すべり線はすべり帯と成り、マイクロ・クラックと進展し、その後の繰返し数の増加とともにマクロ・クラックと成り、破壊する過程を通る。

またすべり帯とクラックのなす角を測定した結果、 $0 \sim 60^\circ$ が80%を占め、Photo. 1 の(c)

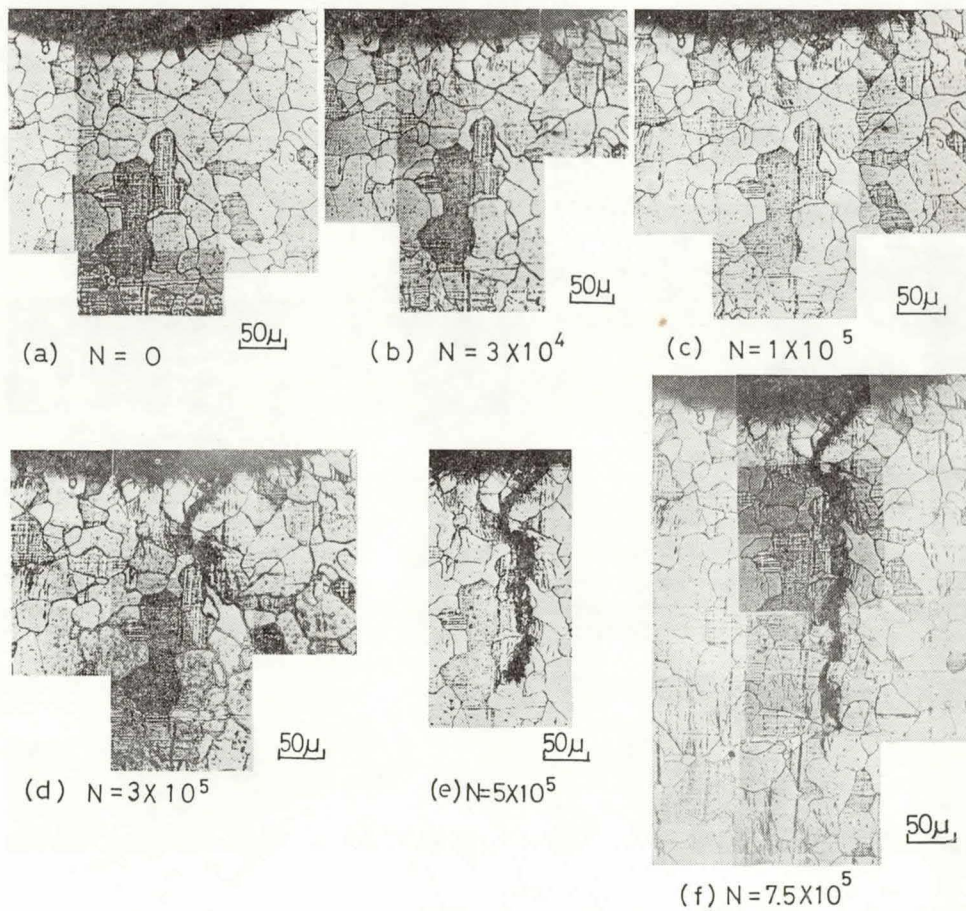


Photo. 1 Changes of microstructure produced by repeated stress cycles.
($\sigma = 12 \text{ kg/mm}^2$, $N = 8.5 \times 10^5$)

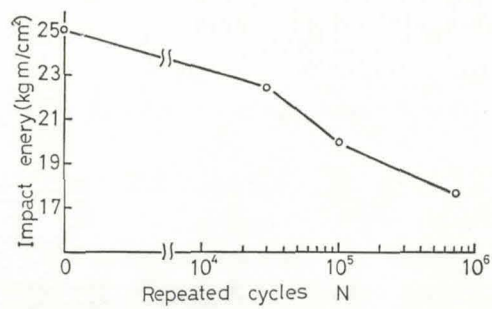


Fig. 5 Relation between impact energy and repeated cycles
at U notch tip specimen.

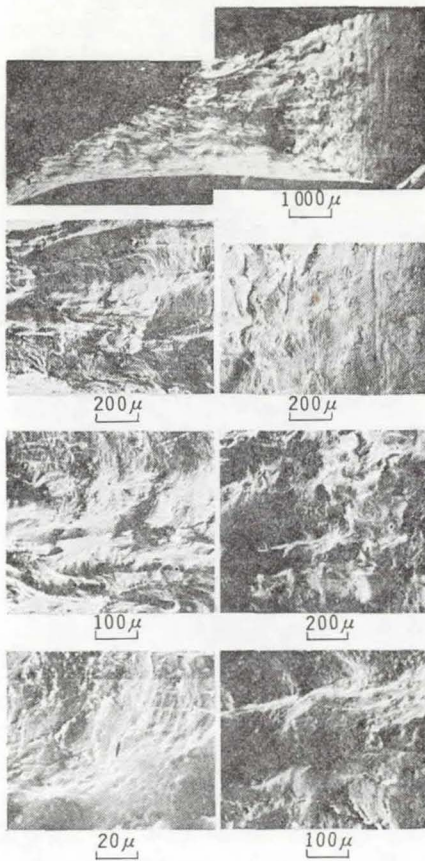


Photo. 2 Scanning electronmicro-
photographs of fracture surface.
($\sigma=12\text{kg/mm}^2$, $N=3 \times 10^4$)

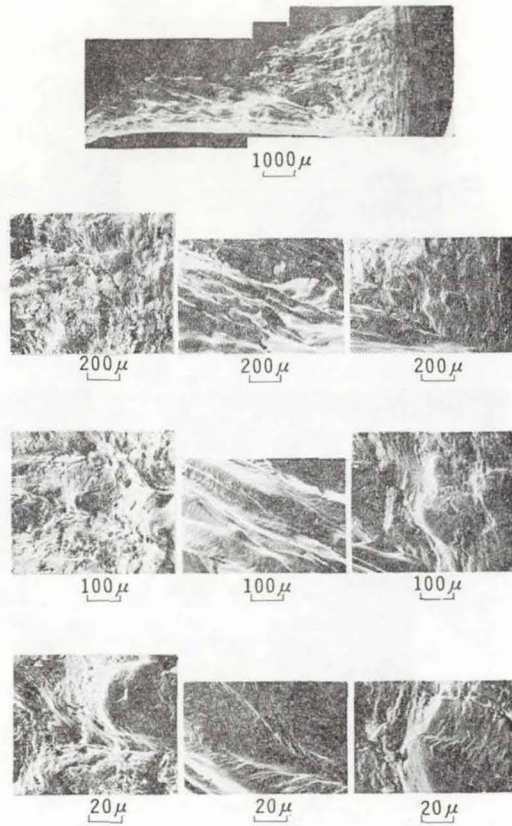


Photo. 3 Scanning electronmicro-
photographs of fracture surface.
($\sigma=12\text{kg/mm}^2$, $N=1 \times 10^5$)

から(d)への伝ば速度は $1.2\mu/\text{sec}$, (d)から(f)への伝ば速度は $2\mu/\text{sec}$ であった.

つぎに中応力振幅の疲労過程を一時中止し, その後衝撃をおこなったときの衝撃値と繰返し数との関係を **Fig. 5** に示す.

これによれば, 繰返し数の増加とともに衝撃値が減少し, 疲労過程の現象がかなり現われているように思われる.

また中応力振幅の疲労過程を一時中断し, その後, 衝撃をおこなったときの破面観察を **Photo. 2~Photo. 4** にそれぞれ示す.

その結果, 切欠き底付近に疲労によって生じた影響が観察され, また衝撃の影響により塑性的に組織が流れているデンプル・パターンの組織も観察された.

本研究は日本機械学会創立80周年記念・北陸信越支部学術講演会に発表したもので, この研究の詳細については日本機械学会に投稿中である.

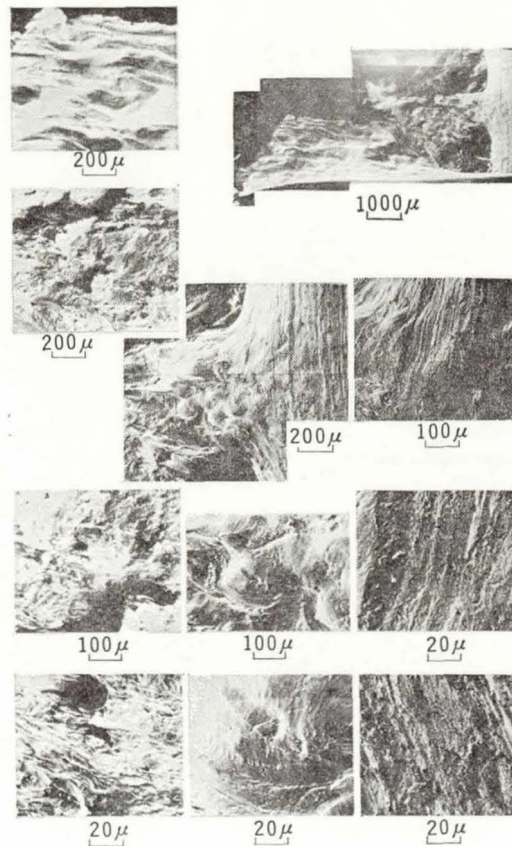


Photo. 4 Scanning electronmicro-
photographs of fracture surface.
($\sigma = 12 \text{ kg/mm}^2$, $N = 7.5 \times 10^5$)

参 考 文 献

- (1) C. Minamisawa, N. Aoki, T. Haga and Y. Ishi-Da : Proc. 15 th Japan Congr. on Materials Research (1972) 86.
- (2) 南沢 力, 青木 望, 芳賀 武, 石田有示 : 日本材料学会誌, 21 (1972) 90.
- (3) 南沢 力, 青木 望, 芳賀 武, 石田有示 : 日本材料学会誌, 23 (1974) 270.
- (4) 南沢 力, 芳賀 武, 関川三男 : 日本材料学会誌, 14 (1977) 201.
- (5) T. Haga, H. Yokouchi and M. Ishida ; Proc. 16 th Japan Congr. on Materials Research (1973) 168.
- (6) C. Minamisawa, N. Aoki, T. Haga and Y. Ishi-Da : Proc. 16 th Japan Congr. on Materials Research (1973) 148.
- (7) 芳賀 武, 村井三郎, 平山恵一 : 日本材料学会誌, 18 (1969) 405.
- (8) 芳賀 武 : 日本材料学会誌, 19 (1970) 90.
- (9) 南沢 力, 芳賀 武, 石田有示 : 日本材料学会学術講演会前刷集, 26 (1977). 121.