The Society of Materials Science, Japan

114

304 ステンレス/SCM435 鋼および アルミニウム合金の繰返しねじり試験におけるき裂伝ぱ挙動

立命館大院　学　○旭吉　雅健
立命館大理工学部　正　坂根　政男

1. 緒　言

中空円筒試験片に引張･圧縮－繰返しねじり負荷を与える手法は多軸疲労試験方法として，試験の容易さから頻繁に用いられてきている．しかし，同試験で発生・伝ぱする主き裂の伝ぱ挙動に関して解明されていないところがある．すなわち，繰返しねじり試験において，同一材料であっても主き裂の伝ぱ方向が最大せん断ひずみ方向であったり，主ひずみ方向であったり，また伝ぱ方向が遷移したりと統一的な見解が得られていない[1-4]．

本研究では，3 種類の材料を用いて繰返しねじり試験を実施し，主き裂伝ぱのひずみ範囲や材料依存性について考察した．

2. 実 験 方 法

き裂観察に用いた供試材は SUS304 ステンレス鋼，SCM435 鋼，Al1050 アルミニウム合金である．試験片形状は，Fig.1 に示す外径 12mm，内径 9mm，平行部長さ 10mm を持つ薄肉中空円筒試験片である．試験には引張･圧縮－繰返しねじり多軸電気油圧サーボ疲労試験機を用いた．ひずみの計測には，試験片軸方向の変位とねじり角とを独立して計測することのできる伸び計を使用した．ひずみの算出には次式(1)で定義される Mises 型相当ひずみを採用した．

$$\varepsilon_{eq}=\sqrt{\varepsilon^2+\frac{1}{3}\gamma^2} \qquad (1)$$

ここで，ε は試験片軸方向の垂直ひずみ，γ は同軸方向に垂直な面に働くせん断ひずみである．室温，大気中で相当ひずみ速度 0.1%/sec 一定の完全両振り対称三角波を用いて，ひずみ制御のもと繰返しねじり試験を実施した．

3. 実 験 結 果

3.1 主き裂伝ぱ方向のひずみ範囲依存性　実験終了後の試験片表面き裂の観察写真を Fig.2 に示す．Fig.2 (a)，(b)は SUS304 ステンレス鋼の実験結果であるが，ひずみ範囲が比較的大きい $\Delta\varepsilon_{eq}$=1.5%の試験で，主き裂は試験片軸と 45 度方向，すなわち主ひずみ方向に発生した後に，試験片軸方向と同方向である最大せん断ひずみ方向に伝ぱした．比

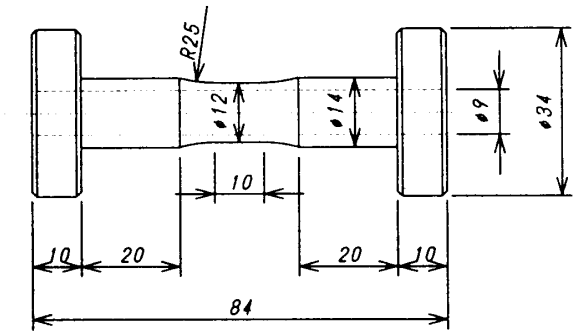
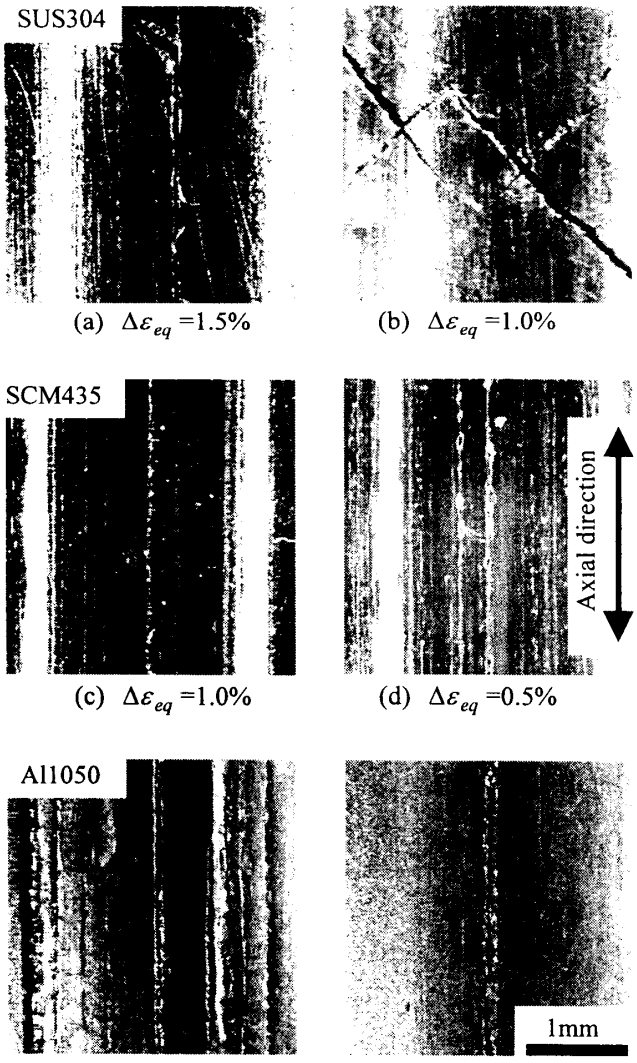


Fig.1　Shape and dimensions of specimen tested (mm).



(a) $\Delta\varepsilon_{eq}$=1.5%　(b) $\Delta\varepsilon_{eq}$=1.0%
(c) $\Delta\varepsilon_{eq}$=1.0%　(d) $\Delta\varepsilon_{eq}$=0.5%
(e) $\Delta\varepsilon_{ea}$=1.0%　(f) $\Delta\varepsilon_{eq}$=0.5%

Fig.2　Surface crack observation.

NII-Electronic Library Service

The Society of Materials Science, Japan

Table 1 Material constants.

		SUS304	Al1050	SCM435
Tensile strength σ_B (MPa)		667	95	931
Elongation δ (%)		59	32	12.5
$\sigma_B \times \delta$ (MPa)		393.5	30.4	116.4
$\Delta\sigma_{eq}$ (MPa)	$\Delta\varepsilon_{eq}$ =1.5%	846.4	——	——
	$\Delta\varepsilon_{eq}$ =1.0%	800.1	125.0	1080.0
	$\Delta\varepsilon_{eq}$ =0.5%	——	104.6	1014.0

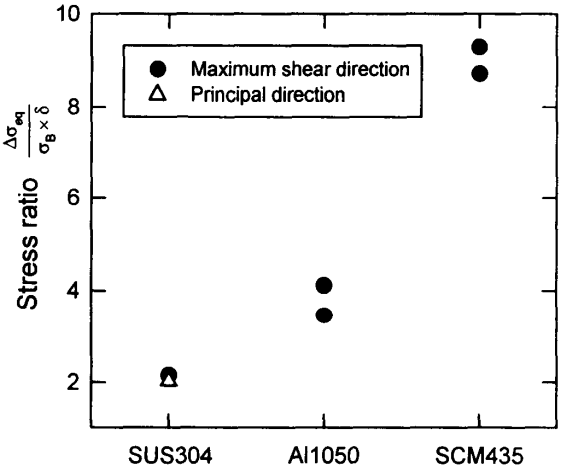


Fig.3 Relationship between crack propagation direction and stress ratio.

較的低ひずみ範囲である$\Delta\varepsilon_{eq}$=1.0%では，主き裂は主ひずみ方向に発生･伝ぱした．このように負荷するひずみ範囲の大小によってき裂伝ぱの方向が異なる傾向は，これまでにも報告されている[1~4]．すなわち，高ひずみ範囲試験で主き裂は最大せん断ひずみ方向に伝ぱし，低ひずみ範囲試験で主ひずみ方向に伝ぱする傾向があるが，今回の試験でも同様の傾向が観察された．

SCM435 鋼の試験結果を Fig.2 (c), (d)に示す．主き裂の伝ぱ方向は，$\Delta\varepsilon_{eq}$=1.0%，0.5%の両試験ともに最大せん断ひずみ方向であった．Al1050 の試験結果を同(e), (f)に示すが，SCM435 鋼と同様に，$\Delta\varepsilon_{eq}$=1.0%，0.5%の試験で最大せん断ひずみ方向への主き裂伝ぱであった．したがって，SCM435 鋼および Al1050 について，$\Delta\varepsilon_{eq}$ が 0.5%～1.0%の範囲ではき裂伝ぱ方向のひずみ範囲依存性は確認できていない．今後，さらに低ひずみ範囲の実験を行い，ひずみ範囲とき裂の伝ぱ方向との関係を明らかにすることが必要である．

3.2 主き裂伝ぱ方向の材料依存性 実験結果より，同じひずみ範囲試験でも材料によって主き裂伝ぱ挙動が異なることが明らかになった．すなわち，$\Delta\varepsilon_{eq}$=1.0%の試験で，SUS304 ステンレス鋼は主ひずみ方向に伝ぱしたのに対し，SCM435 鋼および Al1050 では最大せん断ひずみ方向であった．このことから，主き裂伝ぱ方向がひずみ範囲によって決まるとすれば，主き裂伝ぱ方向が最大せん断ひずみ方向か主ひずみ方向であるかのいわゆる臨界ひずみ範囲は材料ごとに異なると考えられる．

ここで，主き裂の伝ぱ方向は材料の硬さおよび延性に影響を受けると考え，本研究では，各材料の引張強さ×伸びと試験中の応力範囲との比（以下，応力比と呼ぶ）を算出した．各試験における主き裂の伝ぱ方向を，算出した比を用いて整理した結果を Fig.3 に示す．なお，応力は次式(2)で定義される Mises 型相当応力範囲とし，破損寿命の 2 分の 1 時でのそれを用いた．

$$\Delta\sigma_{eq} = \sqrt{\Delta\sigma^2 + 3\Delta\tau^2} \qquad (2)$$

ここで$\Delta\sigma$，$\Delta\tau$はそれぞれ軸応力範囲，せん断応力範囲である．整理に用いた材料定数を Table 1 に示す．

Fig.3 より応力比が 3～10 と比較的大きい値を示す試験で，主き裂は最大せん断ひずみ方向に伝ぱし，同比が 2 程度と比較的小さい試験でき裂の伝ぱ方向が遷移する傾向があった．今後，SCM435 鋼および Al1050 の低ひずみ範囲試験を行い，同比と主き裂伝ぱ方向との関係を明らかにする予定である．

4. ま と め

1. SUS304 ステンレス鋼について，主き裂伝ぱ方向のひずみ範囲依存性が確認できた．すなわち，ひずみ範囲が比較的大きいときに最大せん断ひずみ方向に伝ぱし，小さいときに主ひずみ方向に伝ぱした．SCM435 鋼および Al1050 アルミニウム合金では実験を行った範囲で，主き裂伝ぱは最大せん断ひずみ方向であった．
2. 繰返しねじり試験における主き裂伝ぱ方向の，応力範囲／引張強さ×伸びによる考察を試みた．

参 考 文 献

1. S.Sakurai, Y.Fukuda, N.Isobe and R.Kaneko, Fatigue Fract. Engng. Mater. Struct., **17**, 1271 (1994).
2. 旭吉雅健，坂根政男，材料, **48**, 56 (1999).
3. M.Sakane, M.Ohnami, and N.Hamada, Trans. ASME, J. Engng. Mater., **110**, 48 (1988).
4. 池田宜史，永田晃則，日本機械学会材料力学部門講演会講演論文集, **B**, 235 (1998).

NII-Electronic Library Service