

電通大[院] ○河野 通忠 電通大[院] 岩城 泰輔 電通大 松村 隆
電通大 越智 保雄 電通大[院] 木之本 剛 電通大 政木 清孝

Effect of Width of Specimen on Fatigue Characteristics in SUS304 Thin Sheets

Michitada KONO, Taisuke IWAKI, Takashi MATSUMURA,

Yasuo OCHI, Takeshi KINOMOTO and Kiyotaka MASAKI

1 緒 言

近年、電子機器の軽薄短小化やマイクロマシンの実用化などに伴いマイクロマテリアルの需要が増加している。マイクロマテリアルの機械的特性に関して様々な研究報告がなされているが^{1)~5)}、マイクロマテリアルの機械的特性評価法は JIS 等で規格化されていないため、信頼性のある機械的特性データが得られていないのが現状である。著者らはこれまでにマイクロマテリアルの機械的特性評価方法を確立するため、静的強度特性や疲労特性について検討を行ってきた^{4)~5)}。

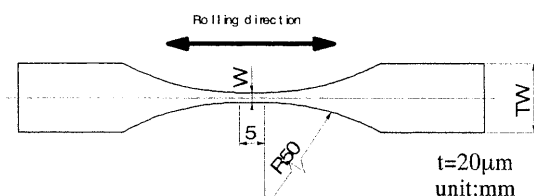
本研究では、マイクロマテリアルの機械的特性評価法の確立を目的とした研究の一環として、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304-CSP 極薄板材を供試材として疲労試験を行い、疲労特性に及ぼす板幅の影響について検討を行った。

2 試験方法

2.1 供試材及び試験片 供試材は市販のオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304-CSP 極薄板材(板厚 $t=20\mu\text{m}$)を用いた。Table1 に供試材の化学成分を示す。試験片は、平行部長さ $L=5\text{mm}$ 、板幅 $W=2\text{mm}$ 、 0.5mm の 2 種類とし、圧延方向と試験片採取方向が平行になるように採取した。試験片の加工は、ワイヤー放電加工機を用いて行い、加工面の粗さを低減させるために荒加工(1st cut)後、仕上げ加工(2nd cut)を行った。放電加工後、 $1.0\mu\text{m}$ アルミナ砥粒を用いて放電加工面をバフ研磨により鏡面仕上げにした。試験片形状を Fig.1 に示す。なお、板厚 $t=20\mu\text{m}$ 、平行部長さ $L=5\text{mm}$ 、板幅 $W=2\text{mm}$ の試験片を P-t20L5W2 と呼び、板幅 0.5mm の試験片を P-t20L5W0.5 と呼ぶ。

Table1 Chemical composition of the material [mass%].

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.06	0.53	1.11	0.031	0.004	8.06	18.34



Specimen	W, mm	TW, mm
P-t20L5W2	2	14
P-t20L5W0.5	0.5	12.5

Fig.1 Shape and dimension of the specimens.

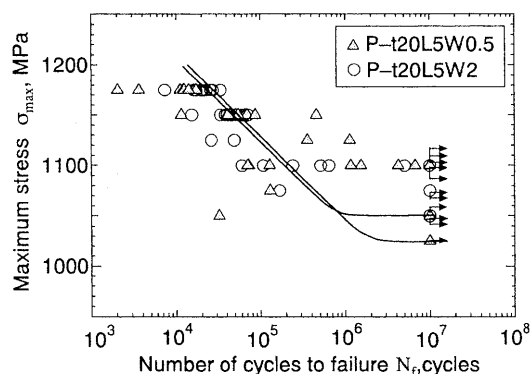
2.2 疲労試験方法 疲労試験には微小荷重用試験機 Tytron250(MTS(株)製)を用いた。疲労試験は荷重制御で行い、応力比 $R=0.2$ 、繰返し速度 $f=30\text{Hz}$ 、打ち切り繰返し数 $N=1.0 \times 10^7$ 回とし、室温・大気中で実施した。

3 実験結果及び考察

3.1 疲労試験結果 板幅 W の異なる P-t20L5W0.5 と P-t20L5W2 の疲労試験結果を Fig.2 に示す。 $\sigma_{\max}=1150\text{MPa}$ 以下の応力レベルでは P-t20L5W0.5 は P-t20L5W2 に比べて疲労寿命がわずかに長くなったが、 $\sigma_{\max}=1175\text{MPa}$ では逆に P-t20L5W0.5 は P-t20L5W2 に比べて若干疲労寿命が短くなる傾向が見られた。各試験片の 1.0×10^7 回疲労強度は P-t20L5W0.5 が 1025MPa 、P-t20L5W2 が 1050MPa となり、P-t20L5W0.5 の方が若干低くなった。

疲労試験後、破断した全ての試験片の破面観察を行った結果、き裂起点の多くは介在物であることがわかった。Fig.3 に各試験片の破面観察の一例を示す。き裂起点が介在物だった試験片は、P-t20L5W2 では 31 本中 29 本、P-t20L5W0.5 では 31 本中 22 本であった。しかし、P-t20L5W0.5 の $\sigma_{\max}=1175\text{MPa}$ では、10 本中 7 本の破面全域が静的破壊の様相を呈しており、他の応力レベルの試験結果と異なる傾向を示し、かつ疲労寿命も P-t20L5W2 よりも P-t20L5W0.5 が短くなった。この静的破面を呈した理由については今後検討を行う。

P-t20L5W0.5 では、 $\sigma_{\max}=1175\text{MPa}$ 、 1050MPa で疲労寿命が非常に短いデータ点がある。これらのき裂起点は、試験片の端部角に存在した介在物を起点としていた。試験片板幅が狭くなると角部に存在する介在物の影響力が相対的に大きくなり、疲労寿命が短くなったと考えられる。

Fig.2 S-N curves for different specimen width W .

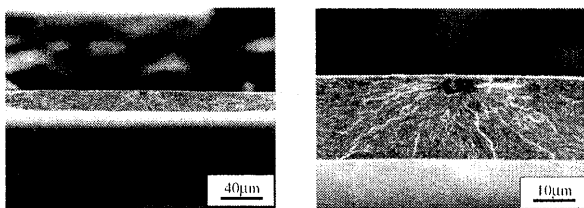
P-t20L5W0.5 と P-t20L5W2 の疲労き裂進展領域 W_f を板幅 W で無次元化して W_f/W で整理し、両者を比較した結果を Fig.5 に示す. 多少ばらつきはあるものの、板幅 W の違いによらず W_f/W は等しくなることがわかった. また、いずれの試験片においても $\sigma_{\max}$ が低下すると W_f/W が増加する傾向があることがわかる.

3.2 疲労寿命のばらつきの検討 疲労寿命のばらつきの程度を調べるために、 $\sigma_{\max}=1175\text{MPa}$, 1150MPa , 1100MPa の 3 応力レベルで、各 10 本の疲労試験を行った. その結果をワイブル確率紙にプロットした結果を Fig.6 に示す.

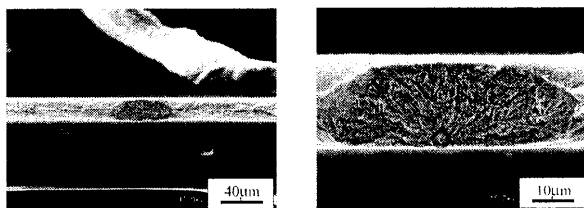
$\sigma_{\max}=1175\text{MPa}$ では P-t20L5W0.5 と P-t20L5W2 共に 2 母数ワイブル分布に従っており、P-t20L5W0.5 は疲労寿命が短いデータ点があるためにばらつきが若干大きくなっている. また、3.1 で述べたように P-t20L5W0.5 は P-t20L5W2 に比べて疲労寿命が短い傾向がある.

$\sigma_{\max}=1150\text{MPa}$ では P-t20L5W2 は 2 母数ワイブル分布に従うが、P-t20L5W0.5 では疲労寿命が長いデータ点があるためには長寿命側に尾を引いた分布となる. また、P-t20L5W0.5 は P-t20L5W2 に比べて疲労寿命が若干長くなる傾向がある.

$\sigma_{\max}=1100\text{MPa}$ では両試験片ともに疲労寿命が長いデータ点があるためには長寿命側に尾を引いた分布となる. また、P-t20L5W0.5 は P-t20L5W2 に比べて疲労寿命が若干長くなる傾向がある.



(a) P-t20L5W2 $\sigma_{\max}=1100\text{MPa}$, $N_f=5.1 \times 10^5$



(b) P-t20L5W0.5 $\sigma_{\max}=1150\text{MPa}$, $N_f=4.0 \times 10^4$

Fig.3 Photographs of fracture surface.

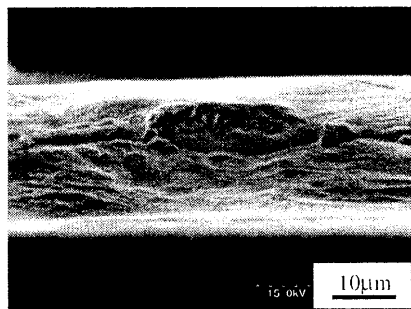


Fig.4 Photograph of fracture surface for P-t20L5W0.5.
($\sigma_{\max}=1175\text{MPa}$, $N_f=1.7 \times 10^4$ cycles).

4 結 言

1. P-t20L5W0.5 と P-t20L5W2 の疲労試験の結果、 $\sigma_{\max}=1150\text{MPa}$ 以下の応力レベルでは P-t20L5W0.5 は P-t20L5W2 に比べて疲労寿命がわずかに長くなったが、 $\sigma_{\max}=1175\text{MPa}$ では逆に P-t20L5W0.5 は P-t20L5W2 に比べて若干疲労寿命が短くなる傾向が見られた. 各試験片の 1.0×10^7 回疲労強度は P-t20L5W0.5 が 1025MPa , P-t20L5W2 が 1050MPa となり、P-t20L5W0.5 の方が若干低くなった.

2. P-t20L5W0.5 と P-t20L5W2 試験片の疲労寿命のばらつきを調べた結果、両試験片共に、高応力では、2 母数ワイブル分布に従うが、最大応力が低下すると、疲労寿命が長いデータ点が出現するために、ワイブル確率紙上で長寿命側に尾を引いた分布となる.

参考文献省略

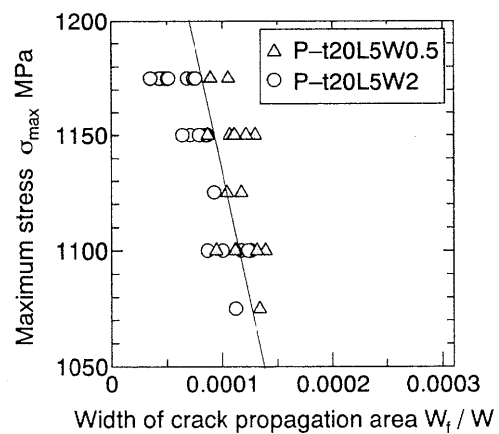
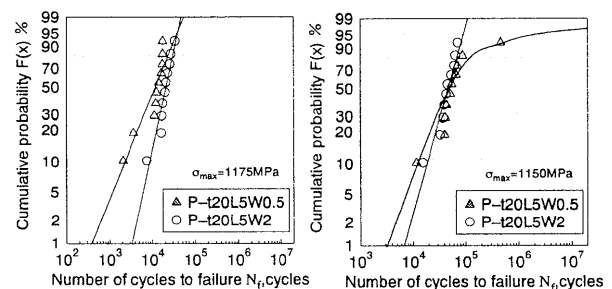
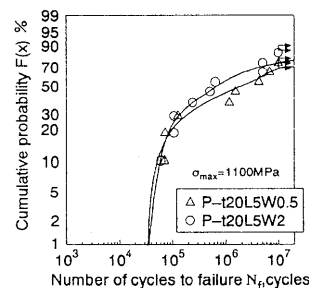


Fig.5 Relationship between width of crack propagation area W_f/W and maximum stress $\sigma_{\max}$.



(a) $\sigma_{\max}=1175\text{MPa}$

(b) $\sigma_{\max}=1150\text{MPa}$



(c) $\sigma_{\max}=1100\text{MPa}$

Fig.6 Weibull plot of specimens with different specimen width W .