

© 1989 ISIJ

高張力鋼 HT60 の定電位腐食疲労過程に おける応力同期分極電流

論 文

小野 雅司*・茅野 義弘*²・下条 雅幸*
肥後 矢吉*³・布村 成具*³

FFT Analysis of Polarization Current Fluctuation during Corrosion Fatigue on HT60 High-strength Steel

Masashi ONO, Yoshihiro KAYANO, Masayuki SHIMOJO,
Yakichi HIGO and Shigetomo NUNOMURA

Synopsis :

During potentiostatic corrosion fatigue test, fluctuation of polarization current which is synchronized with the cyclic tension-compression loading was observed. This current fluctuation means that the corrosion rate was accelerated by the cyclic loading. Using Fourier transformation, we separated the current component of this accelerating which is synchronized with the cyclic loading from the polarization current. We named this component of the current "Stress Synchronized Polarization Current (SSPC)" and compared it with the fatigue life.

Corrosion fatigue test for high tension steel HT60 was carried out in artificial seawater solution and borate solution under the condition of bend type specimen potentiostatically. In the artificial seawater, except the potential range where prominent general corrosion or hydrogen embrittlement occurred, there was a good correlation between SSPC and the fatigue life. Under the potential where SSPC was low, corrosion fatigue damage was also small and then fatigue life was longer. This correlation is further clear in the borate solution in which the passive film formed. The result suggests that the SSPC, which can be measured at the early stage of fatigue test, is useful to estimate the corrosion fatigue damage quantitatively.

Key words: corrosion fatigue; polarization current; accelerating test; Fourier transformation; HT60 steel; seawater; borate solution; fatigue damage; fatigue life.

1. 緒 言

材料に繰返し変動負荷を与えると、静的破壊強度以下の負荷でもき裂が発生し、破断に至る場合がある。これは損傷が材料中に累積する疲労現象である。一般に疲労き裂は材料表面で発生し内部へと伝播するが、この過程で腐食作用の影響を受け、多くの場合加速されて寿命は短くなる。

平滑材料の疲労寿命はき裂の発生過程に支配されるので、寿命は結局、各繰返し負荷 1 回当たりの損傷量に支配される。腐食疲労は一般的に腐食と疲労の相互作用と

考えられており、腐食疲労は、負荷サイクル 1 回の疲労損傷量に環境作用が加わったものの累積として考えられる。しかし変動応力負荷のない静的な腐食のみで腐食疲労を評価することはできない。そこで、疲労サイクル 1 回当たりの腐食面積や腐食量を定量化することは、疲労損傷に与える環境の効果を評価する上で意義がある。

変動応力負荷のない静的な腐食速度の測定方法は幾つか提案されているが、その多くは分極電流を解析するものである¹⁾²⁾。不動態を形成する金属材料としてのステンレス鋼^{3)~5)}の食塩水中における定電位条件下での疲労試験で得られる分極電流は、応力変動に追従して変化

昭和 63 年 1 月 26 日受付 (Received Jan. 26, 1988)

* 東京工業大学精密工学研究所 (Research Laboratory of Precision Machinery and Electronics, Tokyo Institute of Technology, 4259 Nagatsuta-cho Midori-ku Yokohama 227)

*² 東京工業大学精密工学研究所 (現:三菱瓦斯化学(株)) (Research Laboratory of Precision Machinery and Electronics, Tokyo Institute of Technology, Now Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc.)

*³ 東京工業大学精密工学研究所 工博 (Research Laboratory of Precision Machinery and Electronics, Tokyo Institute of Technology)

する。この変化は、腐食疲労過程にあつて腐食特性に変化が生じているためと考えられる。このような腐食疲労中の分極電流の挙動については、軟鋼⁶⁾⁷⁾、Ti²⁵⁾について報告されているが、応力下にあつて腐食作用の加速性を評価するのみで、実際の腐食疲労損傷との対応を明らかにしたものはない。

本研究では高張力鋼 HT60 (以下 HT60) を用い、全面腐食を生じる人工海水環境および不動態皮膜を生成するほう酸環境で定電位腐食疲労試験を行い、応力に追従する分極電流の変化成分のみを定量するために分極電流をフーリエ変換する周波数解析により⁸⁾、疲労の初期過程における分極電流から負荷サイクルと同じ周波数成分のみを分離測定した。この電流成分と別個に求めた腐食疲労寿命との関係を調べ、二つの異なる環境における分極電流の動的挙動の変化と腐食疲労寿命の関係について検討した。

2. 実験方法

2.1 試験片および試験環境

試験材には日本鉄鋼協会の鉄鋼基礎共同研究会「鉄鋼の環境強度部会」共通試験材 HT60 を用い、部会共通試験法⁹⁾ に準拠して腐食疲労試験を行った。HT60 熱間圧延板の化学組成、および機械的性質を Table 1 に示す。試験材は光学顕微鏡組織観察および大気中疲労寿命試験において圧延方向の違いによる差異は認められなかったものである¹⁰⁾。試験片は圧延方向を長手方向とし、腐食疲労寿命試験用として4点曲げ疲労試験片(曲率半径1mmのラウンドノッチ付き)、また分極電流測定用として引張り-圧縮平滑疲労試験片の2種類を Fig. 1 に示す形状に機械加工した。

4点曲げ疲労寿命試験片は超音波洗浄により脱脂した後、ノッチから両側5mmを残し露出面積が1cm²となるようにシリコンゴムによりコーティングを施し供試した。

引張り-圧縮疲労試験片は、試験面をダイヤモンドペー

Table 1. Chemical compositions (a) and Mechanical Properties (b) of HT-60 steel.

(a)										(b)		
(wt%)												
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo				
0.12	0.30	1.26	0.014	0.002	0.49	0.12	0.15	0.15				
σ_y (MPa)			σ_B (MPa)			δ (%)						
618			669			41						

ストを用いて鏡面研磨した後シリコンゴムで試験部1cm²を残して同様にコーティングした。

腐食セルは試験電極、Pt 板対極、Ag/AgCl 参照電極により構成し、腐食液には HT 60 が全面腐食を呈する環境として ASTM 規格⁹⁾ の人工海水(室温, 大気開放, pH=8.3)を用いた。以後、電位は Ag/AgCl 基準で表示する。さらに、不動態皮膜を形成する系として、0.2 M/l ほう酸水溶液と 0.05 M/l ほう砂水溶液を pH=8.4 に混合したほう酸-ほう砂水溶液(室温, 空気飽和)も用いた。

2.2 4点曲げ腐食疲労寿命試験

4点曲げ腐食疲労試験の装置模式図を Fig. 2 に示す。腐食液は総量1500mlをポンプにより流量200ml/minで循環させ、腐食生成物は3μmのフィルターによりろ過した。試験は電気油圧サーボ式疲労試験機により応力振幅450MPa, 応力比R=0.15のサイン波, 荷重制御

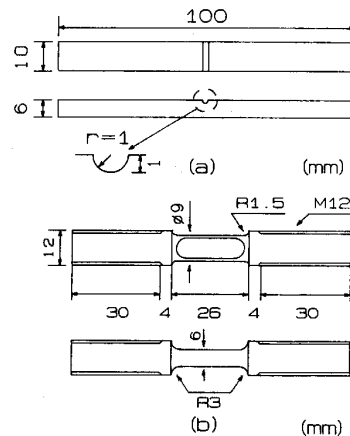


Fig. 1. Dimensions of 4 point bending specimen for fatigue life test (a) and tension-compression specimen for current measurement (b).

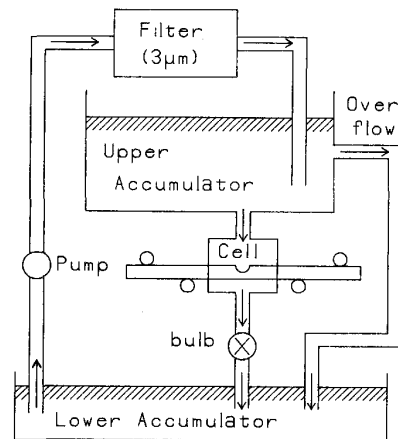


Fig. 2. Block diagram of solution flow for 4 point bending corrosion fatigue test.

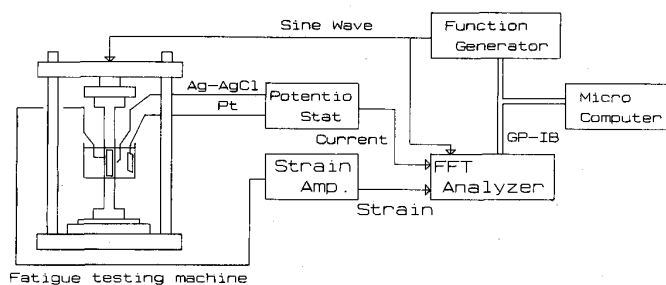


Fig. 3. Experimental apparatus for corrosion fatigue test and measuring system.

の条件で、試料電位をポテンションスタットにより一定に保ち行つた。破断後は破面観察を行つた。

2.3 引張り-圧縮分極電流測定

疲労試験中の引張り-圧縮試験片の歪みは試験片背面に貼つた歪みゲージにより測定した。分極電流変化測定系のブロック図を Fig. 3 に示す。試料極と参照極間の距離は約 10 mm であり、荷重負荷によりこの距離が変化しないように注意した。1 Hz サイン波、 ± 150 MPa の引張り-圧縮負荷を試片に与え、その時の分極流波形を電圧信号に変換した後、直流成分を除き変動成分のみを検出するために AC カップリングで 12 ビット FFT アナライザーに記録した。これにより、分極電流の変動成分の測定精度は向上する。ここで測定される電流は、通常分極電流と異なり直流成分が除去されたものである。また、分極電流の直流値と試験片の歪み波形をマイクロコンピュータに転送、記録し後の解析に用いた。なお外来ノイズの誘導を防ぐため、腐食セル (容積 500 ml) はファラデーケージ内に置いた。腐食液は毎回更新した。

3. 実験結果

3.1 腐食疲労寿命

人工海水中、無負荷で 50 mV/3 min の電位スイープにより求めた分極曲線を Fig. 4 に示す。HT 60 は人工海水中で不動態化せずアノード分極状態では激しい全面腐食を生じている。溶存酸素をコントロールしていないこともあり、浸漬電位の再現性は $620 \text{ mV} \pm 50 \text{ mV}$ ほどであった。この環境における定電位条件下での 4 点曲げ腐食疲労寿命試験 (応力振幅 450 MPa) で求めた腐食疲労寿命 N_f と試験電位の関係を Fig. 5 に示す。あわせて無負荷状態での分極曲線を重ねて示した。 N_f はカソード域の -700 mV で最長の 3.6×10^4 回であり、自然浸漬電位 (-620 mV) より 20 mV アノード分極した約 -600 mV で 1.9×10^4 回で最短であった。Photo. 1

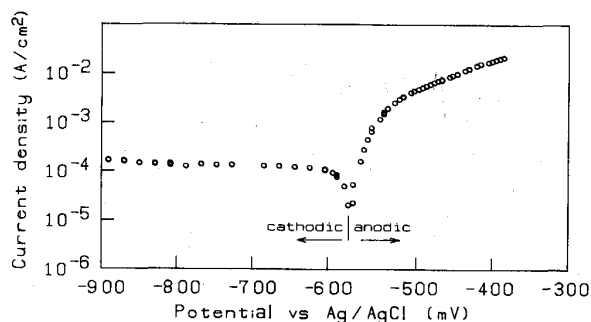


Fig. 4. Potentiodynamic polarization curve for HT60 steel in artificial seawater measured at room temperature and 50 mV / 3 min.

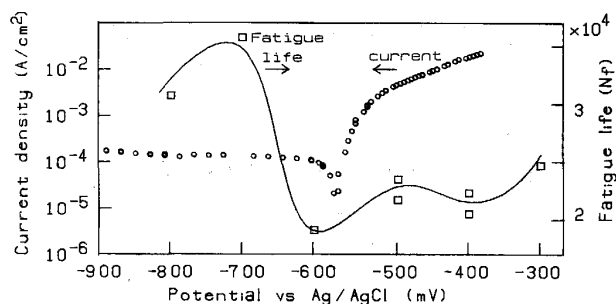


Fig. 5. Relationship between applied potential and corrosion fatigue life for HT60 steel in artificial seawater at room temperature, with polarization curve.

に、疲労試験を中断 (N_f の 80 %) した時のノッチ底の SEM 写真を示す。いずれの電位においてもノッチ底にピットの発生がみられ、ピットがき裂の起点となつたことが推測される。

3.2 分極電流変化

定電位下の 4 点曲げ腐食疲労試験では、分極電流が負荷応力変動に対応して変化した³⁾¹⁰⁾。しかし、この試験片の腐食面における変形は、ノッチへの応力集中の影響により不均一となり、電流変動と負荷歪みの対応は明確でない。また、塩橋の先端と試験片表面間の距離も試験片のたわみにより変化してしまうという問題がある。このため、腐食試験面内の歪みがほぼ均一で、塩橋と試片の距離もほぼ一定に保てる平滑材による引張り-圧縮試験を行い、分極電流の変化と負荷応力との関係をより確度良く求めた。 -600 mV 、応力振幅 $\pm 150 \text{ MPa}$ で試験を行つたときの歪み波形を Fig. 6(a) に、また分極電流変動波形を Fig. 6(b) に示す。ここで、分極電流については変動量のみを検出するために AC 結合で測定を行っているため Fig. 6(b) の電流の正負は実際のアノード、カソード電流に対応しない。しかし、1 Hz のサイ

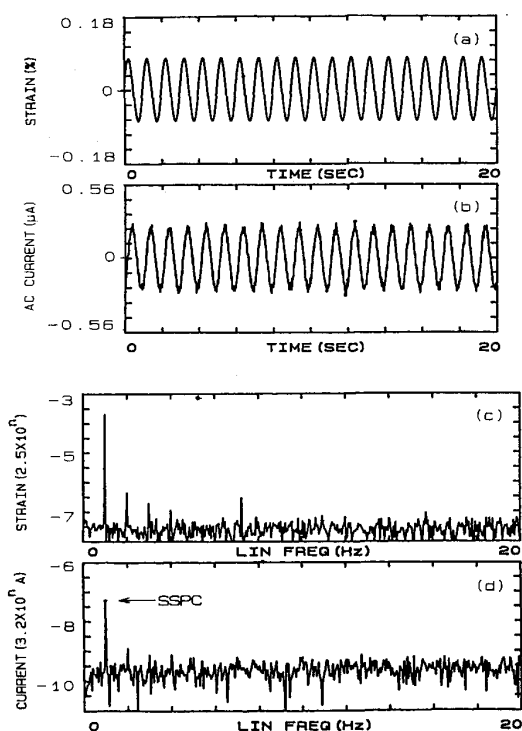


Fig. 6. Strain wave form (a) and its power spectrum (c), AC components of polarization current (b) and its power spectrum (d), during initial corrosion fatigue in artificial seawater, under ± 150 MPa of loading and -600 mV of potential.

ン波変動負荷に伴う歪みの変化に対応して分極電流も変動している。これらを FFT 解析した結果をそれぞれ Fig. 6(c)(d) に示す。FFT により分極電流の周波数スペクトルを求めることで、位相情報ならびに特定の周波数成分についての定量的観察が可能となる。試験片には単一の周波数成分のみを持ったサイン波で荷重を与えているが、試験片の変形には応力に対して線形ではない非線形な塑性変形も含まれている。それに対する腐食変動も応力に対して線形ではなく、負荷周波数の高調波成分が生成する。すなわち、分極電流の FFT 解析は塑性変形による非線形成分を観察することができることになる。また、商用電源からの誘導ノイズの影響も排除できる利点がある。Fig. 6(c)(d) の場合は、材料の塑性変形が小さいため、歪みおよび分極電流変動ともに負荷の周波数に対応した 1 Hz の成分が主成分ピークとなっている。ここでは、この負荷周波数に同期した 1 Hz の電流成分を応力同期分極電流 (Stress Synchronized Polarization Current, 以下 SSPC) と呼び検討していく。

Fig. 7 は、1 Hz, ± 150 MPa の負荷を与えた場合の SSPC と電位の関係に分極曲線を重ねて示したもので

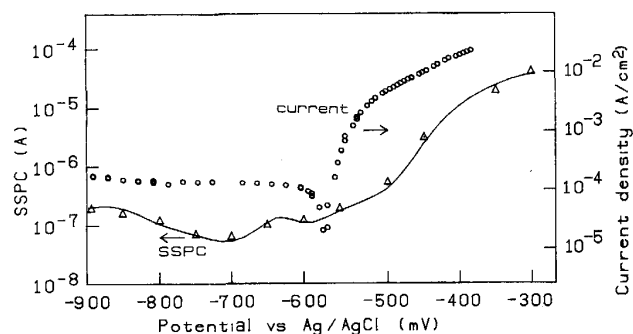


Fig. 7. Relationship between applied potential and stress synchronized polarization current change for HT60 steel in artificial seawater at room temperature, with polarization curve.

ある。SSPC と電位の関係は分極曲線と必ずしも対応しない。自然浸漬電位付近では SSPC は極小値を示さない。アノード分極するとともに分極電流は急速に増加するが、SSPC の増加は -500 mV 付近までわずかであった。

4. 考 察

4.1 疲労損傷に及ぼす腐食作用の影響

人工海水中における HT 60 の N_f は設定電位の影響を受け (Fig. 5), 自然浸漬電位付近で最短, -700 mV で最長の寿命を示した。試験後の表面観察 (Photo. 1) から, -700 mV での寿命の伸びはカソード防食の効果であり, -800 mV での寿命の減少は水素脆化の影響であると考えられる¹¹⁾。また, 試験後の表面は -400 mV および -300 mV において, ノッチ底の機械加工の跡が消えるほどの全面腐食を呈している (Photo. 1(c))。このようなアノード分極状態側では浸漬電位条件下に比べて腐食疲労寿命が延びることについては, アノード分極により鉄の溶解が増加するため繰返し変形に伴い形成される鋭い凹凸が鈍化し, 応力集中場の形成に伴うき裂の発生が遅れが原因であると考えられる。

このように, 環境作用には疲労を促進する効果だけでなく, 抑制する効果のあることが知られた。平滑材の疲労は, 初期において試験片全体に分散していた塑性変形が局在化し, 最終的に主き裂の先端に集中する過程である。従つて疲労過程に腐食が作用するのは, 主に応力集中場の形成過程においてである。このためには, 腐食は全面に均一に生じるのではなく, 微視的には特定の部位で集中的に生じなければならない。一般に弾性変形が電気化学反応に与える効果は小さいので^{12)~14)}, すべりにより生じた新生面 (すべりステップ) の大きな活性のための選択的溶解が分極電流の大きな変動の原因と考えら

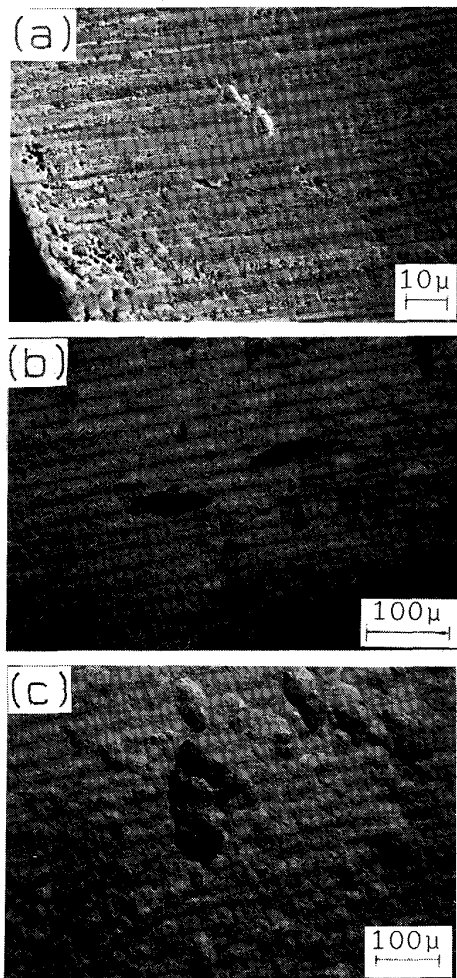


Photo. 1. Scanning electron micrographs showing the corroded surface of HT60 steel at 80% of fatigue life in artificial seawater at room temperature under the potential of (a) -700 mV (28 000 cycles), (b) -500 mV (18 000 cycles) and (c) -300 mV (18 000 cycles).

れる。従つて、腐食疲労過程における分極電流の変動は、例えば固執すべり帯などの新生面が生じるためと考えられる。

すべりステップでの溶解を考察する。活性溶解において、試験片表面全体での腐食速度が小さいときには、Fig. 9(a) に示すような形態で腐食が進行すると考えられる。すべりステップ全体は新生面であり、高い活性を持つている。この中でも特に転位が局所的にパイルアップしている区画 k1, および電界集中を生じやすいエッジ部 k2 はエネルギー的に不安定な状態にあるために溶けやすいと考えられる¹⁴⁾²³⁾。この内、応力集中場の形成過程には k1 での溶解が重要である。k1 での溶解がすべり面に沿つて内部へと進行すると応力集中場が形成される。fcc 金属の場合、すべり面 (111) は方位性 pit

の研究によると溶けにくい面であるので、k1 での溶解は内部へと進行する²³⁾²⁴⁾。bcc 金属の場合は明らかではないが同様の機構が考えられる。いずれの場合も、疲労寿命を短縮する時には、このような応力集中場の形成を促進する腐食形態をとる過程が必要である。k1 での内部への腐食が、たとえ 1 原子のオーダーであつても、疲労荷重が 10^4 回も加えられることによつて、単純に見積もつても数 μm もの入り込みとなり、き裂の核となり得る。一方、アノード分極時 (Photo. 1(c)) には、Fig. 9(b) に示すような全面腐食の形態となり、応力集中場の形成を遅らせていることが考えられる。従つて、疲労を加速する腐食機構は繰返し変形過程と密接な関係があり、以下疲労に及ぼす環境作用について、SSPC から検討する。

4.2 応力同期分極電流 (SSPC)

SSPC は、分極電流波形より応力に追従して変化している電流成分のみを FFT 演算により分離したものである。定電位での腐食疲労試験中に観察される分極電流は、試験片の変動歪み (Fig. 6(a)) に同期して変化 (Fig. 6(b)) している。この変動成分は繰返し応力 1 サイクル中に毎回発生したすべりステップ、すなわち新生面の活性が大きいために生じるものと考えられる。

SSPC の測定は引張り-圧縮の両振り試験で行つているため、すべりステップの生成は、引張過程のみではなく圧縮過程でも生じているはずである。実際、マクロな降伏応力程度の負荷を与えた時は、圧縮過程でも分極電流の増加が観察された³⁾。しかし、Fig. 6(a) の電流波形では引張過程でのみ分極電流が増加し圧縮過程での増加は見られない。一方、Fig. 6(d) の周波数解析結果で、2 Hz のピークが認められたことは、圧縮時にも分極電流のわずかな増加があることを示唆している。本研究においては、高サイクル疲労を扱つているので負荷がマクロな降伏応力の 1/2 以下と小さく、そのため試験片全体は降伏しない。従つて、荷重軸に対し最も変形しやすい結晶粒のみがわずかに塑性変形する程度である。この時生成するすべりステップは小さく、圧縮過程では腐食が加速されないものと思われる。これは、不動態皮膜が存在する場合は特に顕著であり、皮膜が破壊する歪み量が引張過程と圧縮過程で異なることが考えられる²⁶⁾²⁷⁾。不動態皮膜が存在しない場合については、表面の拡散層の影響によるものと思われるが詳細は明らかではない。

歪み電極の場合¹⁵⁾²⁰⁾²²⁾、分極電流の変化量は、新生面の生成速度、すなわち塑性変形速度の関数であり、SSPC は、繰返し応力 1 サイクルに作られるすべりステップでの腐食量を測定していることになる。上述した

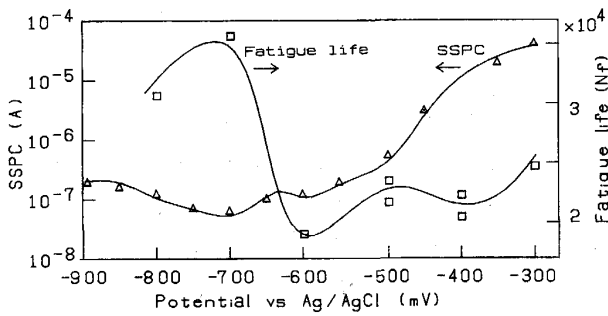


Fig. 8. Relationship of stress synchronized polarization current and corrosion fatigue life as a function of applied potential for HT60 steel in artificial seawater at room temperature.

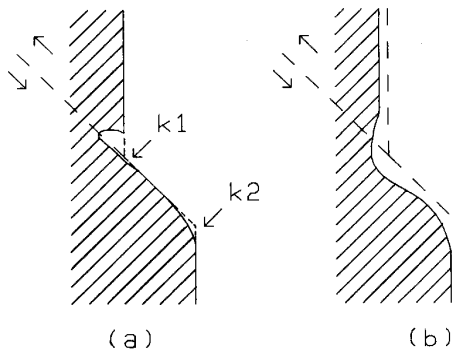


Fig. 9. The model of slip step dissolution at low corrosion rate (a) and at high corrosion rate (b).

ように SSPC の中には疲労を加速する腐食成分が含まれているはずである。そこで、SSPC が腐食の加速量を表すパラメーターとなるか否かについて調べるため N_f との関係を検討した。

Fig. 8 は 4 点曲げにより求めた N_f と電位の関係を示したものである。あわせて Fig. 7 で示した SSPC を重ねて示した。4 点曲げ試験後の試験片の SEM の観察結果からは、腐食疲労寿命の大半はき裂の核となる応力集中場の生成に費やされていることが知られる¹⁰⁾¹⁶⁾。従って疲労寿命は、塑性変形部位が平滑表面に均一に分散している初期状態から、主き裂発生までの過程で要した繰返し数であるともいえる。ここで、SSPC の発生部位がすべりステップであると考え、すべりステップの面積は全試験面積に比べてはるかに小さいので、得られた SSPC の値 (約 10^{-7} A/cm²) が一般に測定される分極電流 (約 10^{-6} A/cm²) より 1 桁ほど小さいことは理解できる。

分極電流の低い電位領域 (-620 mV 以下) では、SSPC が増加すれば N_f は短くなっている、SSPC は腐食疲労損傷のパラメーターとしての可能性のあるこ

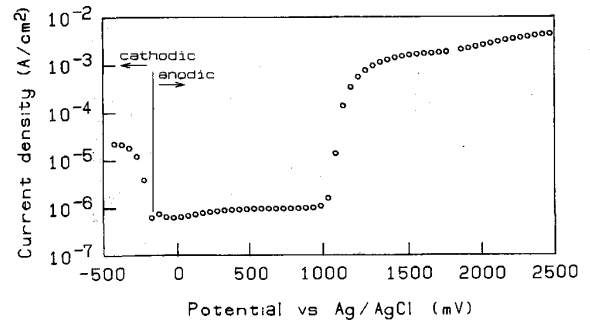


Fig. 10. Potentiodynamic polarization curve for HT60 steel in borate solution measured at room temperature and 50 mV/3 min.

とを示唆している。

一方、高い分極電流が流れる電位域 (-500 mV 以上) では、SSPC と N_f の対応がなく、 N_f の増加と共に SSPC が増加している。すなわち SSPC は試料表面の腐食疲労損傷量に対応していない。この原因としては次のことが考えられる。

1) 激しい全面腐食は、電流値的にも応力に同期する電流成分 (SSPC) よりはるかに大きいため、Fig. 9 (b) に示すような表面の鋭い凹凸を鈍化させ (Photo. 1 (c)), 応力集中場の形成を阻害する。

2) 繰返し変形に伴う試験電極のわずかな機械的変位が、SSPC として測定されてしまう。

上記の 2 点はいずれも応力変動に同期して生じるため、単純な周波数解析で分離することは困難であり、さらにキャピラリーと試験片間の距離を動的に精度良く測定し、これを分離できる手法の開発が必要である。

4.3 ほう酸環境における応力同期分極電流

不動態皮膜を形成する系では直流的な分極電流が小さいために、4.2 項(1)および(2)の効果は小さいので、材料の繰返し塑性変形挙動と SSPC が直接対応し得るものと考えられる。そこで不動態皮膜を形成するほう酸溶液中で SSPC を測定し、人工海水中の結果と比較検討した。

Fig. 10 に示したほう酸環境における HT 60 の分極曲線は、浸漬電位から酸素発生電位までの領域では分極電流は極めて小さい。電位域、-400 mV ~ +1000 mV において応力振幅 500 MPa で求めた N_f を Fig. 11 に示す。また、平滑試験片に ±150 MPa の引張り-圧縮応力を加えた時の SSPC もあわせて示した。

N_f は、自然浸漬電位において最も短くなり、不動態域でも高電位ほど N_f が長い。Photo. 2 は不動態域である -400 mV における腐食疲労試験で、 N_f の 20% (a)、50% (b)、で試験を中止した試験片、および破断後 (c)

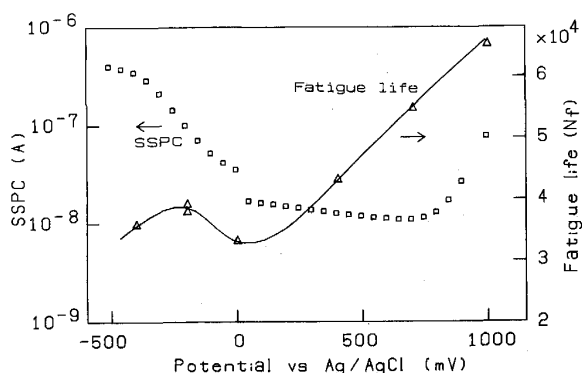


Fig. 11. Relationship of stress synchronized polarization current change and corrosion fatigue life as a function of applied potential for HT60 steel in borate solution at room temperature.

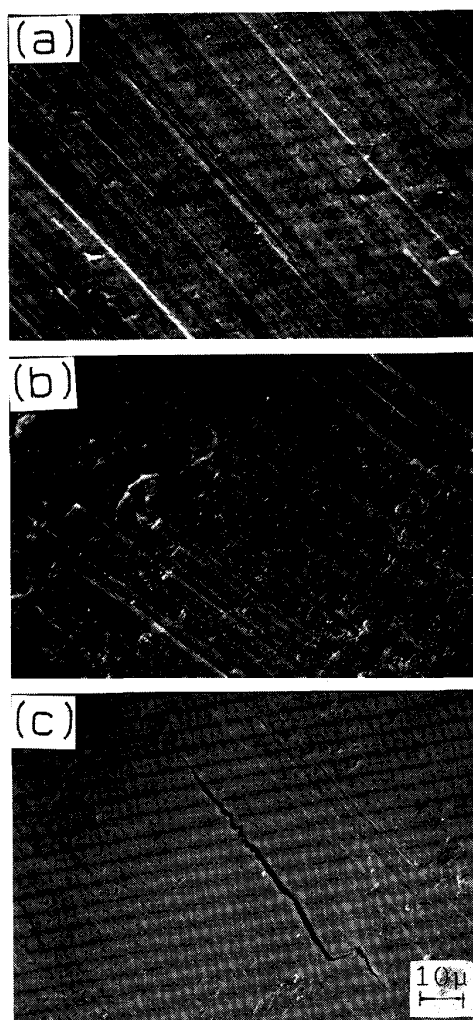


Photo. 2. Scanning electron micrographs showing the surface of HT60 steel corrosion fatigue specimen at 20% (a) and 50% (b) of fatigue life (43 500 cycles) and after rupturing (c), in borate solution under the potential of +400 mV at room temperature.

の試験片のノッチ底を SEM で観察した結果である。破断後の表面には、当然、全面腐食は観察されないが、主き裂近傍には多くのマイクロクラックが観察された。

試験片が不動態域にあり、分極電流の低い条件、すなわち水素発生電位から酸素発生までの広い電位域では、人工海水中の場合と同様、SSPC と N_f は良い対応を示している。また、ほう酸中における分極電流値は、人工海水の場合よりも 1 桁小さく、また N_f と相関を示す電位範囲の SSPC も 1 桁小さくなっている。この SSPC の減少を反映してほう酸中の N_f も約 2 倍長くなっているが、その定量的な関係は明らかでない。しかし、異なる環境間であつても寿命と SSPC の対応が見られることは、SSPC が寿命予測に適用できるパラメーターである可能性を示している。

HT 60 は人工海水中には不動態化しないが、すべりによつて生じた新生面は活性がより高いため速く溶解し、これが繰返されて応力集中場を形成する。一方、ほう酸溶液中においては、すべりステップで皮膜破壊が生じ、その部分の選択的溶解によつて応力集中場を形成していくものと考えられる。一般に電位が貴であるほど溶解はより加速されるので、SSPC も増加するはずである。しかし、不動態電位では貴な電位の方が SSPC は小さく、それに対応して N_f が長い。この原因として次の二つが考えられる。

1) 貴な電位ほど不動態皮膜は厚く安定であるため皮膜が破壊し新生面となるのに要するすべりステップの大きさはより大きくなる¹⁷⁾¹⁸⁾。

2) 貴な電位においては再不動態化速度が増加し、すべりステップにより皮膜が破壊しても新生面がすぐに再不動態化することによつて金属の溶解量は減少する¹⁹⁾。

歪み電極によると溶解量の大きさと再不動態化時間との比がある範囲にある時のみ SCC が生じることが確かめられており²⁰⁾²¹⁾、ほう酸中の腐食疲労の過程においても同様の現象が生じていることは十分考えられる。

SSPC の測定は、一般的な腐食速度の測定と異なり、変動負荷による腐食の加速成分を求めている。言い替へれば、不動態皮膜の性質の変化にもとづく腐食疲労強度の変化を直接測定しているといえる。SSPC は塑性歪み速度の関数と考えられるが、再不動態化速度が負荷サイクルに比べて遅い系などでは、これらの反応の時定数を考慮しなければならず、応力変動周波数に対する高調波成分を含めた今後の解析を進める必要がある。

5. 結 言

HT60 鋼を人工海水中、及びほう酸水溶液中で定電位

条件下で腐食疲労試験を行った結果、分極電流は応力負荷に同期して変化した。疲労損傷を促進する腐食作用が応力変動に追従していると考えられるので、この分極電流波形よりフーリエ変換を用いて応力に同期した成分を分離し、応力同期分極電流(SSPC)と呼び検討した。SSPCは、繰返し負荷により生じたすべりステップでの腐食の量を表していると考えられる。このようなすべりステップでの特定サイトで生じる腐食は、応力集中場を形成し疲労損傷を促進する。4点曲げによる定電位腐食疲労寿命試験では人工海水及びほう酸の両環境において、分極電流の大小にかかわらず、SSPCが低ければ腐食疲労寿命が長いという相関係のある電位域のあることが知られた。このことは、SSPCは疲労損傷過程に作用する腐食の定量的な成分としての意味を持っていることを示している。

終わりにあたり、本研究において試験片の提供および有益なご助言をいただきました、柴田俊夫(大阪大学工学部)、駒井謙治郎(京都大学工学部)、両教授に感謝致します。

文 献

- 1) 春山志郎, 呂 秋成, 佐藤祐一, 水流 徹: 防食技術, 28 (1979), p. 126
- 2) B. ELSENER and H. BONI: Corros. Sci., 23 (1983), p. 341
- 3) 小野雅司, 肥後矢吉, 布村成具: 鉄と鋼, 71 (1985), S 545
- 4) T. PYLE, V. ROLLINS and D. HOWARD: J. Electrochem. Soc., 122 (1975), p. 1445
- 5) J. W. MARTIN and D. E. J. TALBOT: Nucl. Technol., 55 (1981), p. 499
- 6) Z.-S. TONG, B.-X. FENG, M.-Q. LI and Y. SHI: Corrosion, 42 (1986), p. 669
- 7) C. PATEL: Metall. Trans. A, 11 (1980), p. 301
- 8) H. P. HSU: Fourier Analysis (1970), p. 1 [Simon & Schuster]
- 9) 鉄鋼基礎共同研究会, 鉄鋼の環境強度部会第1回シンポジウム前刷集 (1983), 付1 [日本鉄鋼協会]
- 10) 茅野義弘, 小野雅司, 下条雅幸, 肥後矢吉, 布村成具, 川島成元: 鉄と鋼, 72 (1986), S 1527
- 11) 庄子哲雄, 高橋秀明, 齊藤幹男, 三浦健蔵, 熊田 誠, 武子康平: 鉄鋼基礎共同研究会, 鉄鋼の環境強度部会第3回シンポジウム前刷集 (1987), p. 96 [日本鉄鋼協会]
- 12) 村田朋美: 防食技術, 21 (1972), p. 157
- 13) 村田朋美: 防食技術, 22 (1973), p. 133
- 14) 大谷南海男: 鉄と鋼, 65 (1979), p. 556
- 15) S. HARUYAMA and S. ASAWA: Corros. Sci., 13 (1973), p. 395
- 16) 小野雅司, 茅野義弘, 下条雅幸, 肥後矢吉, 布村成具, 川島成元: 鉄と鋼, 73 (1987), S 476
- 17) 杉本克久: 鉄と鋼, 70 (1984), p. 637
- 18) G. RONDELLI, J. KRUGER, J. J. RITTER and U. BERTOCCI: Passivity of Metals and Semiconductors, ed. by M. FROMENT (1983), p. 619 [Elsevier Science Publishers B. V.]
- 19) R. C. NEWMAN: Corros. Sci., 25 (1985), p. 331
- 20) 柴田俊夫: 日本材料学会腐食防食部門委員会研究集会資料 No. 13 (1979年3月)
- 21) R. N. PARKINS: Corros. Sci., 20 (1980), p. 147
- 22) 村田朋美: 鉄と鋼, 60 (1974), p. 580
- 23) 大谷南海男: 金属の塑性と腐食反応 (1972), p. 52, p. 92 [産業図書]
- 24) B. YAN, E. YOUNGS, G. C. FARRINGTON and C. LAIRD: Corros. Sci., 26 (1986), p. 121
- 25) 緒方秀昭, 滝口雅人, 小野雅司, 肥後矢吉, 布村成具, 土井伸彦: 鉄と鋼, 73 (1987), S 1377
- 26) 小野雅司, 肥後矢吉, 布村成具: 鉄と鋼, 72 (1986), S 1526
- 27) 小野雅司, 肥後矢吉, 布村成具: 鉄と鋼, 73 (1987), S 1376