Cr-Mo 鋳鋼の清水中疲労強度に及ぼす表面仕上げの影響およびインヒビターによる腐食疲労防止効果†

三 浦 健 蔵* 熊 田 誠** 大 井 利 継*

Effect of Surface Condition on Fatigue Strength of Cr-Mo Cast Steel in Fresh Water and Corrosion Fatigue Prevention Using Inhibitor

by

Kenzou MIURA, Makoto KUMADA and Toshitsugu OHI

(Tamano Laboratory, Mitsui Engineering and Shipbuilding Co. Ltd., Tamano)

The effect of surface condition on fatigue strength, corrosion fatigue prevention and the corrosion fatigue damage which occurred in the specimen were investigated in fresh water and aqueous solution containing sodium nitrite inhibitor at 80°C using relatively large Cr-Mo cast steel specimens.

A finely machined specimen (surface roughness, $R<2s$), a roughly machined specimen ($R\approx 20s$) and a shot blasted cast skin specimen had a clear fatigue limit in air. The fatigue limit of the roughly machined specimen fell to about 90% of that of the finely machined specimen, but the fatigue limit of the shot blasted cast skin specimen became very high compared with those of the finely and the roughly machined specimens. The fatigue strengths of the finely and the roughly machined specimens in fresh water at 80°C were the same level. Many corrosion pits and microcracks occurred on both the finely and the roughly machined specimens. The shape of microcracks was semi-elliptical when the stress amplitude was relatively high, but the microcracks were combined with each other and were stretched along the surface of the specimen when the stress amplitude was low. The fatigue strengths of the finely and the roughly machined specimens in aqueous solution containing sodium nitrite inhibitor at 80°C had the same level of fatigue limit as those in air, and corrosion pits and microcracks were not observed. On the other hand, the behavior of the fatigue strength of the shot blasted cast skin specimen in fresh water and aqueous solution containing sodium nitrite inhibitor at 80°C was different from that of the machined specimens.

(Received Apr. 12, 1984)

キー・ワード：腐食疲労，インヒビター，表面仕上げ，Cr-Mo 鋳鋼

1 緒 言

船用ディーゼル機関は低燃費化，省エネルギー化という時代の要請に即応してロングストローク化，静圧過給化され，またシリンダ筒内最高圧力の上昇および高温冷却化の傾向に伴い，燃焼室壁部材はますます苛酷な条件にさらされるようになった。このような状況に対して，シリンダカバーでは設計応力の軽減，材質の向上のほか，現在ボアクリーニング方式を採用し，冷却水中には腐食生成物付着による冷却効率の低下や腐食疲労損傷を防止するため，亜硝酸塩系インヒビターの添加が行われている。しかし，ディーゼル機関の長期信頼性向上をはかるには，実働環境を模した条件で試

験を実施し，燃焼室壁部材の腐食疲労強度とインヒビターの腐食疲労防止効果を正確に評価する必要がある。

そこで本実験では，比較的大型の試験片について腐食疲労試験の可能な試験装置を製作し，腐食疲労強度に及ぼす表面仕上げの影響，インヒビターの腐食疲労防止効果，および試験片に生じた腐食疲労損傷について検討したので，その結果について報告する。

2 実 験 方 法

2・1 供試材および試験片

供試材は，船用ディーゼル機関のシリンダカバー，ピストンクラウンなど燃焼室壁部材に広く用いられている Cr-Mo 鋳鋼で，試験片の鋳造方案を Fig.1 に示す。供試材は 1050°C，2 時間保持油焼入れ後 690°C，2 時間保持炉冷の熱処理を行った。熱処理後すべての供試材は，鋳物砂落としおよび脱スケールのためショッ

† 原稿受理 昭和59年4月12日

* 正 会 員 三井造船(株)玉野研究所 玉野市玉原

** 三井造船(株)玉野研究所 玉野市玉原

Fig. 1. Casting design of fatigue specimen.

Table I. Chemical composition of specimen (wt%).

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.18	0.45	0.77	0.011	0.011	0.73	0.36

Table II. Mechanical properties of specimen.

Yield stress (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Brinell hardness
45	60	26	60	182

ト・ブラストを施した。Table I, II に供試材の化学組成と機械的性質を示した。

試験部径 $\phi 50$ mm の比較的大型の試験片を疲労試験片とし、その形状、寸法を Fig. 2 に示した。試験片試験部の表面仕上げ方法は3種類で、機械加工により表面粗さ 2s 以下に仕上げた精仕上げ試験片と表面粗さ 20s 程度にバイトで仕上げた粗仕上げ試験片 (Fig. 1 (a)), および試験片つかみ部のみ機械加工し、試験片試験部に鋳肌を残した鋳肌付試験片 (Fig. 1 (b)) である。前述のように熱処理後鋳物砂落しのため、供試材にショット・ブラストを施している。機械仕上げ試験片では供試材から 13 mm 以上機械加工しているが、鋳肌付試験片試験部の鋳肌面はショット・ブラストの影響がそのまま残っている。なお鋳肌付試験片には大きなブローホールや引け巣が存在したので、試験部近傍に存在したものは不健全材として除外し、また鋳込みの際生じたバリは疲労き裂発生に影響しないよう真横にくるようにして試験片を切り出した。Fig. 3 は疲労試験片試験部表面粗さの測定結果の一例で、鋳肌付試験片の最大表面粗さは 200s 程度である。各試験片試験部の断面の様相を Fig. 4 に示した。機械仕上げ試験片試験部 (Fig. 4(a), (b)) に比べ鋳肌付試験片試験部 (Fig. 4(c), (d)) には表面のうねりが存在し、試験部直径にかなりのばらつきがあったので、鋳肌付試験片では破断試験部の直径から応力を計算した。

2.2 疲労試験

Fig. 2. Shape and dimension of fatigue specimen.

Fig. 3. Example of surface roughness of fatigue specimen.

Fig. 4. Surface appearance of cross-section.

実験に用いた試験機は電気油圧サーボ型アクチュエータ (島津製作所(株)製 Lab. 5 型) を取り付けた平面曲げ装置で、本試験装置の最大容量は 125 kg $\cdot$ m である。疲労試験はすべて荷重制御とし、応力波形は完全片振り正弦波で、繰返し速度は 10Hz である。腐食疲労試験では、Fig. 5 に腐食水の循環系を示すように試験片にゴム製の腐食槽を装着し、80 $\pm$ 2 $^{\circ}$ C に加熱した溶液を 2l/min の流量で連続供給した。試験溶液はイオン交換水に Cl^- イオン、 HCO_3^- イオン、 SO_4^{2-} イオン (NaCl , NaHCO_3 , Na_2SO_4 にて調整) をそれぞれ 100 ppm 添加した ASTM 腐食水とこれに市販の亜硝酸塩系インヒビター (以下、 NaNO_2 と記す) を防食限界量以上の 3 000 ppm 添加したもので、試験溶液の全量は約 60 l である。

疲労試験後、光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡 (日立製作所(株)製 HSM-2A 型) を用いて疲労試験片の表面、断面および破面を観察した。なお試験片表面に発生した赤さびは 10% H_2SO_4 溶液、20% HNO_3 溶液にそれぞれ数秒間浸漬して除去した。

3 平面曲げ試験装置の製作

容量 5 トンの電気油圧サーボ型アクチュエータを取

Fig. 5. Circulating system of solution used in corrosion fatigue tests.

Fig. 6. Schematic diagram of plane bending apparatus.

り付けた平面曲げ試験装置の概略図を Fig. 6 に示した。試験装置はシェンク式平面曲げ試験機を応用したもので、試験片の一端を固定し、他端を試験片取付け装具、連接棒、ロードセルを介してアクチュエータで駆動する。試験部径 $\phi 50$ mm の試験片に負荷される応力 σ と負荷荷重 P との関係を実験的に求め、以後次式で示した関係式を用いて試験片の負荷応力 σ を算出した。

$$\sigma = 19.9 \times 10^{-3} \times P (\text{kg/mm}^2) \quad (1)$$

アクチュエータの許容ストロークは繰返し速度 10 Hz のとき約 ± 2.0 mm であり、試験片に疲労き裂が発生、進展して試験片のたわみが増大すると、アクチュエータのストローク量が限界に達して試験装置は停止する。試験装置が停止したとき、試験片の破断面は全断面の 30% 以上を占め、また荷重制御試験であるので、完全に試験片が破断するまでの残存き裂進展繰返し数は非常に少ないと考えられる。したがって本実験では、試験装置が停止した繰返し数 N を試験片の破断繰返し数 N_f と定義した。

4 実験結果および考察

4.1 疲労強度に及ぼす表面仕上げの影響

4.1.1 大気中疲労強度 精仕上、粗仕上、およびショット・ブラストされた鋳肌付試験片の大気中疲労 $S-N$ 線図を Fig. 7 に示す。各試験片には明りょうな疲労限度 σ_w が存在し、負荷応力振幅 σ_a と破断繰返し数 N_f との間には両対数表示で直線関係が認められた。表面粗さを 2s 以下に仕上げた精仕上試験片と表面粗さ 20s 程度に仕上げた粗仕上試験片の疲労強度を比較すると、粗仕上試験片の疲労強度はわずかに低下し、粗仕上試験片の疲労限度は精仕上試験片のその約 90% に低下した。この疲労強度低下は試験部表面粗さの影響によるものと考えられ、従来報告されている表面仕上げに関する実験結果³⁾とほぼ一致している。

つぎに疲労強度に及ぼす鋳肌の影響について検討する。鋳肌表面にはマクロな凹凸や鋳造欠陥が存在し、また鋳肌表面近傍に引張応力が残留するため、疲労強度は一般に低下する。一例として、Cr-Mo 鋳鋼の鋳

肌による曲げ疲労強度は約 30% 低下したとの報告がある。

しかしながら、本実験では Fig. 7 から明らかなように、機械加工を施した精仕上、粗仕上試験片に比べ鋳肌付試験片の疲労強度は著しく上昇し、疲労限度は精仕上試験片のその 25% 程度上昇した。鋳肌付試験片の疲労強度上昇の原因は次のように考えられる。ま

Fig. 7. $S-N$ curves for finely machined, roughly machined and shot blasted cast skin specimen of Cr-Mo cast steel in air.

ず試験部近傍の鋳肌表面にマクロな凹凸や欠陥が存在する場合には、不健全材として除外したため、疲労き裂発生に対するこれら欠陥の影響が少なかったことがあげられる。試験後の破面からもこの点を確認した。つぎに試験片の鋳造、熱処理後砂落し、スケール除去を目的に約 30 分間ショット・ブラスト（ショット径 1 ~ 3 mm）⁵⁾が施されているので、ショット・ブラストの影響が考えられる。X 線応力測定装置を用いて、各試験片の試験片表面層（表面から 10 ~ 15 μm 深さの位置）と 150 μm 深さの位置における軸方向残留応力を測定した。その結果を Table III に示す。表面近傍における残留応力は、 $-20 \sim -25$ kg/mm² で、表面仕上げの影響はほとんど認められなかった。しかし試験片表面から 150 μm の深さにおける残留応力は、精仕上、粗仕上試験片について -0.1 kg/mm², -5.1

*1 深さは Jacquet 浴で電解研磨により加工層を無ひずみに溶解して調整した。

Table III. Residual stress in specimen surface.

Specimen	Residual stress, σ_R	Surface (10~15 μm)	150 μm from surface
Piney machine		-21.6 kg/mm ²	-0.1 kg/mm ²
Roughly machine		-20.5 kg/mm ²	-5.1 kg/mm ²
Shot blusted cast skin		-24.9 kg/mm ²	-31.9 kg/mm ²

kg/mm² であるのに対し、鋳肌付試験片では -31.9 kg/mm² であり、鋳肌付試験片の圧縮残留応力値は表面層を切削して除いた機械仕上げ試験片よりも 25 kg/mm² 以上大きいことがわかった。

4・1・2 清水中疲労強度 Fig. 8~10 は、80℃ ASTM 腐食水とインヒビター NaNO₂ 3 000 ppm を添加した溶液中における精仕上、粗仕上およびショット・ブラストされた鋳肌付試験片の疲労試験結果である。Fig. 8, 9 によれば、80℃ ASTM 腐食水中における精仕上試験片と粗仕上試験片の疲労強度はほぼ同程度であり、腐食疲労強度に及ぼす表面粗さの影響は認められなかった。腐食疲労強度は繰返し数 2×10^6 回で大気中疲労限度の 70~75% に、また繰返し数 10^7 回で大気中疲労限度の 60% 以下に低下している。なお前報で報告した小型試験片（試験部径 $\phi 12$ mm）についての回転曲げ疲労試験結果（繰返し速度 170 cpm）と比較すると、80℃ ASTM 腐食水中における大型試験片（試験部径 $\phi 50$ mm）の疲労強度は、低応力側で大きく低下する傾向にある。80℃ ASTM 腐食水に NaNO₂ 3 000 ppm を添加した溶液中では、精仕上試験片、粗仕上試験片の疲労強度は大気中疲労強度にほぼ回復し、大気中と同程度の疲労限度が存在した。機械加工を施した試験片では NaNO₂ による非常に良好な腐食疲労防止効果が認められた。Fig. 10 はショット・ブラストされた鋳肌付試験片の疲労試験結果で、精仕上試験

Fig. 8. Fatigue data for finely machine specimen ($R < 2s$) of Cr-Mo cast steel in ASTM solution and solution containing sodium nitrite inhibitor at 80°C.

Fig. 9. Fatigue data for roughly machined specimen ($R \approx 20s$) of Cr-Mo cast steel in ASTM solution and solution containing sodium nitrite inhibitor at 80°C.

Fig. 10. Fatigue data for shot blusted cast skin specimen of Cr-Mo cast steel in ASTM solution and solution containing sodium nitrite inhibitor at 80°C.

片、粗仕上試験片の結果と異なった傾向を示している。80℃ ASTM 腐食水中における疲労強度は、大気中疲労強度と比べると高応力側と低応力側でいずれも低下し、繰返し数 2×10^6 回、 10^7 回の疲労強度は大気中疲労限度の約 80%、70% に低下した。鋳肌試験片の腐食疲労強度は機械加工を施した精仕上、粗仕上試験片のそれより若干高く、大気中の場合と同様ショット・ブラストの影響と考えられる。後述するように繰返し数 2×10^6 回、 10^7 回における腐食疲労損傷の観察結果から、最大腐食ピットが 150 μm 程度であり、鋳肌付試験片では表面から 150 μm における箇所では -31.9 kg/mm² の残留応力が確認された。また、鋳肌付試験片の低下率は機械仕上げ試験片に比べ低応力側で比較的低く、従来報告されている鋳肌材についての腐食疲労試験結果と一致している。

ところでショット・ブラストされた鋳肌面には、マクロな铸造欠陥のほか Fig. 4 (d) に鋳肌面の顕微鏡写真を示したように切欠き状の微細な表面欠陥が存在している。NaNO₂ 添加溶液中における鋳肌付試験片の

鋳肌面様相は溶液中への浸漬前後でほとんど変わらなかったが、鋳肌面の一部にスポット状腐食生成物が認められ、局部的な腐食を生じた可能性があった。NaNO₂ 3 000 ppm 添加 80℃ ASTM 腐食水中におけるショット・ブラストされた鋳肌付試験片の疲労強度は、Fig. 10に示したように NaNO₂ を含まない腐食水中の疲労強度とほぼ同程度であった。このことから、インヒビターを添加した溶液中における鋳肌付試験片では、鋳肌面の欠陥部に局部的な腐食が発生し、疲労強度が低下したことが考えられる。

なお試験片の表面に鋳肌あるいは微細な表面欠陥が存在する場合のインヒビターによる腐食疲労防止効果については、次報で検討する予定である。

4・2 試験片表面、断面および破面の観察

80℃ ASTM 腐食水および 3 000 ppm NaNO₂ 添加水中で疲労試験を実施した試験片について、主き裂近傍試験部の表面および軸方向断面の腐食損傷を観察した。80℃ ASTM 腐食水中の精仕上げ試験片の表面および断面の観察結果の一例を Fig. 11 に示す。Fig. 11 (a) は応力振幅 $\sigma_a = 30.5 \text{ kg/mm}^2$ 、破断繰返し数 $N_f = 1.31 \times 10^5$ 回、Fig. 11 (b) は $\sigma_a = 14.5 \text{ kg/mm}^2$ 、 $N_f = 1.11 \times 10^6$ 回、Fig. 11 (c) は $\sigma_a = 6.5 \text{ kg/mm}^2$ 、 $N_f > 1.07 \times 10^7$ 回 (未破断) の結果である。腐食ピットは高応力側、低応力側いずれの試験片の場合にも認められる。特に低応力側では腐食ピットは互いに合体し、また腐食ピット底から微視き裂が発生しているため、腐食ピットと微視き裂とは区別しにくい。試験部断面の観察から、腐食ピットについては損傷部開口量が $10 \mu\text{m}$ 以上、あるいは開口量 $5 \mu\text{m}$ までで微視き裂との区別が明らかな損傷と定義し、一方微視き裂については $10 \mu\text{m}$ 未満の損傷と定義することにした。応力振幅 $\sigma_a = 30.5 \text{ kg/mm}^2$ の場合 (Fig. 11 (a))、試験期間が短いので腐食ピットなど局部的な腐食損傷は軽微であった。 $\sigma_a = 14.5 \text{ kg/mm}^2$ の場合 (Fig. 11 (b))、腐食ピットの成長や腐食ピットを起点とした大きな局部的な溶解が認められ、また近接の腐食ピットは合体しているのが観察された。試験片断面には主き裂以外に $600 \mu\text{m}$ 程度の微視き裂が存在し、応力軸にほぼ一直線に成長していた。 $\sigma_a = 6.5 \text{ kg/mm}^2$ で未破断の場合 (Fig. 11 (c))、試験時間が約300時間と長い間腐食ピットは半円状に大きく成長していたが、微視き裂の長さは $150 \sim 300 \mu\text{m}$ で特に大きく成長したき裂は観察されなかった。なお 3 000 ppm NaNO₂ 溶液中における試験片には、腐食ピットや微視き裂などの腐食疲労損傷は特に認められなかった。

Fig. 11. Specimen surface and cross-section of finely machined specimen fatigue-tested in ASTM solution at 80°C.

腐食ピットについてはむしろ腐食疲労損傷の結果であるとの説がある。しかしながら本実験系では上述のように試験期間が短くても腐食ピットが存在し、腐食ピットの形状およびその大きさは応力と試験期間に依存することがわかった。また微視き裂起点部には必ず腐食ピットが存在し、腐食ピットの形状と大きさが、腐食疲労損傷被害の評価に有効であると考えられる。遠藤、駒井らは、1%食塩水および 0.3N 塩酸中における疲労強度と動的耐食性、切欠き感受性との相関性について検討し、式(2)を提案した。一方著者らは前報で、無負荷状態での腐食減量から求めた平均腐食深さ d と応力振幅下における最大腐食ピット深さとの比で定義される孔食係数 f_p を導入し、式(2)の右辺を式(3)のように展開した。

$$(k-1)/\eta = K \cdot \sqrt{i_{co}/s} \quad (2)$$

ここで k : 腐食効果 (大気中疲労強度 σ_a と腐食疲労強度 σ_{ac} の比)

η : 切欠き感度

i_{co} : 静的耐食性

s : 動的耐食性

K : 比例係数

$$(i_{co}/s) \propto (d/p) = (1/f_p) \quad (3)$$

なお本実験では試験片の主き裂近傍の 15mm

Fig. 13. Shape of microcracks occurring on roughly machined specimen fatigue-tested in ASTM solution at 80°C.

程度の断面を観察し、その断面における腐食ピット深さの極大値を最大腐食ピット深さ p とした。Table IV には一部の腐食疲労試験片についての断面観察結果から、最大腐食ピットの深さ p を求めて孔食係数 f_p を算出し、 $(k-1)$ と $(1/f_p)$ との関係をまとめた。平均腐食深さ d は試験時間のみに比例するが、最大腐食ピット深さ p は、応力と試験時間に依存している。

Table IV. Comparison between the term $(k-1)$ and the term $(1/f_p)$.

$k-1$	d (mm)	p (mm)	$1/f_p$
0	8.06×10^{-5}	3.50×10^{-2}	2.30×10^{-3}
0.21	6.83×10^{-4}	6.07×10^{-2}	1.13×10^{-2}
0.54*	6.58×10^{-3}	6.76×10^{-2}	9.73×10^{-2}

* $\sigma_a = 6.5 \text{ kg/mm}^2$, $N_f > 1.07 \times 10^7$ cycles

Fig. 12. Correlation between the term $(k-1)$ and the term $(1/f_p)$.

Fig. 12 は 80°C ASTM 腐食水中における Cr-Mo 鋳鋼の平面曲げ疲労試験の腐食効果 k と孔食係数 f_p との関係を示したもので、前報で報告した S25C および S35C、SS50 の回転曲げ疲労試験について、試験片断面の観察結果を併記した。Fig. 12 から清水中における Cr-Mo 鋳鋼の $(k-1)$ と $(1/f_p)$ の関係は、前報で報告した試験結果とほぼ一致することがわかった。しかしながら、腐食効果 k を正しく評価するには、 $(k-1) > 0.40$ の低応力側（長時間側）

Fig. 14. Shape of microcracks occurring on roughly machined specimen fatigue-tested in ASTM solution at 80°C.

における多くの実験結果が必要である。

つづいて腐食疲労試験片の短冊状の小試片をぜい性破断し、その破面を観察して試験片に発生した微視き裂の形状を検討した。Fig. 13, 14 は粗仕上試験片についての観察結果の一例で、 $\sigma_a = 10.5 \text{ kg/mm}^2$, $N_f = 1.95 \times 10^6$ 回および $\sigma_a = 8.5 \text{ kg/mm}^2$, $N_f > 1.33 \times 10^7$ 回（未破断）の結果である。応力振幅 $\sigma_a = 10.5 \text{ kg/mm}^2$ の場合 (Fig. 13) には、微視き裂は半円状を呈していたが、 $\sigma_a = 8.5 \text{ kg/mm}^2$ (Fig. 14) では、応力振幅が低く腐食期間が長いので微視き裂は互いに合体して試験片表面に沿って長く伸び、試験片内部への進展はわずかであった。

つぎに走査型電顕を用いて微視き裂を観察した。Fig. 15 は微視き裂進展域の破面様相で、応力振幅 σ_a

Fig. 15. SEM micrographs of microcracks occurring on roughly machined specimen fatigue-tested in ASTM solution at 80°C.

$=10.5 \text{ kg/mm}^2$ (Fig. 15 (a)) では比較的平坦な粒内破面, $\sigma_a=8.5 \text{ kg/mm}^2$ (Fig. 15(b)) では腐食期間が長いと著しい腐食損傷を受けて不明りょうな破面となっているが, 粒界破面様相が観察された。いずれの場合にも微視き裂の起点部には腐食ピットが存在していた。

なお精仕上と粗仕上試験片の腐食疲労損傷状況および腐食疲労破面様相に差違はなく, その腐食疲労損傷に及ぼす表面仕上げの影響は認められなかった。

5 結 論

比較的大型の Cr-Mo 铸鋼試験片について腐食疲労試験のできる平面曲げ試験装置を製作し, 80°C ASTM 腐食水および NaNO_2 添加溶液中で疲労試験を行い, 腐食疲労強度に及ぼす表面仕上げの影響, NaNO_2 による腐食疲労防止効果および試験片に生じた腐食疲労損傷について検討した。得られた結果を要約すると次のとおりである。

(1) 精仕上試験片 (表面粗さ $R<2s$), 粗仕上試験片 ($R\approx 20s$) およびショット・ブラストされた铸肌付試験片には明りょうな大気中疲労限度が存在し, 粗仕上試験片の疲労限度は精仕上試験片のその約90%に低下する。

(2) 铸肌付試験片の疲労強度は精仕上試験片, 粗仕上試験片のそれに比べ著しく上昇する。疲労強度上昇の要因として, ショット・ブラストされた铸肌表面層における圧縮残留応力の存在が考えられる。

(3) 80°C ASTM 腐食水中における精仕上試験片および粗仕上試験片の疲労強度はほぼ同程度であり, 表面粗さの影響は認められない。ショット・ブラストされた铸肌付試験片の腐食疲労強度は, 低応力側でその強度低下率が比較的少ない。

(4) 3000 ppm NaNO_2 添加溶液中における精仕上試験片, 粗仕上試験片の疲労強度は大気中疲労強度に回復し, 大気中と同程度の疲労限度が存在する。

(5) 80°C ASTM 腐食水中の試験片には腐食ピットや微視き裂が存在する。腐食ピットや微視き裂の発生箇數, 形状および大きさは, 負荷応力と試験期間に依存する。一方 3000 ppm NaNO_2 添加溶液中の試験

片には, 腐食ピットや微視き裂などの腐食疲労損傷は認められない。

(6) 80°C ASTM 腐食水中の試験片断面の観察によれば, 負荷応力が比較的高い場合, 微視き裂は半円状である。負荷応力が低く腐食期間が長い場合, 微視き裂は互いに合体し試験片表面に沿って長く伸びている。

(7) 80°C ASTM 腐食水中の試験片破面観察によれば, 微視き裂の起点部には必ず腐食ピットが存在し, 負荷応力が低い場合粒界破面が観察される。

(8) 精仕上試験片と粗仕上試験片の腐食疲労損傷に差違はなく, 表面仕上げの影響は認められない。

本研究の一部が日本造船研究協会第164研究部会の研究として行われたことを付記し, 関係各位に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) ASTM D 2570-73.
- 2) 三浦健蔵, 大井利継, 熊田 誠, 三宅良昭, 三井造船技報, 第116号, p. 52 (1982).
- 3) 日本機械学会編, “金属材料疲れ強さの設計資料, II 表面効果”, p. 4 (1973).
- 4) 川田雄一, “金属の疲労と設計”, 第7章 (1982) オーム社.
- 5) 青山威恒, 伊藤三史, 浅井昇次, 材料, **27**, 895 (1978).
- 6) 三浦健蔵, 熊田 誠, 大井利継, 材料, **33**, 692 (1984).
- 7) 川田雄一, “金属の疲労と設計”, 第9章 (1982) オーム社.
- 8) D. J. Duquette and H. H. Uhlig, Trans. ASM, **61**, 449 (1968).
- 9) 遠藤吉郎, 駒井謙治郎, 中室直之, 日本機械学会論文集 (第1部), **35**, 2154 (1969).
- 10) 三浦健蔵, 熊田 誠, 大井利継, 材料, **31**, 64 (1982).
- 11) H. H. Uhlig, “Corrosion and Corrosion Control”, Chap. 2 (1971) John Wiley & Sons, New York.
- 12) 岩之兼敏, 日本機械学会論文集 (第1部), **30**, 500 (1964).
- 13) 岩之兼敏, 日本機械学会論文集 (第1部), **34**, 1345 (1968).