117

低合金鋼の腐食疲労強度におよぼす窒化の影響

広島工大 〇江原隆一郎 広島工大学生 福島雄也 中川慎太郎 香川大学 上路林太郎

Effect of Nitriding on Corrosion Fatigue Strength of Low Alloy Steel Ryuichiro EBARA, Yuya FUKUSHIMA, Shintaro NAKAGAWA and Rintaro UEJI

1緒 言

ガス窒化、イオン窒化などの窒化処理は、機械構造部 の耐摩耗性や疲労強度の改善のために適用されること が多い.また、窒化による腐食疲労強度の改善も可能で、 3%NaCl 水溶液中における低合金鋼の腐食疲労強度が 著しく改善されたことが報告されている¹⁾.このほか、各 種の窒化処理により NaCl 水溶液中における鋼材の腐食 疲労強度が改善されたことが報告されている 2)-4).しかし ながら、過酷な HCl 環境中における窒化処理鋼の腐食疲 労挙動に関する報告は非常に少ない.著者の一人はガス 窒化、イオン窒化およびショットピーニングを施した Cr-Mo鋼の1%.HCl水溶液中における超音波腐食疲労試 験を行い、表層部の圧縮残留応力により同鋼の腐食疲労 強度が改善されることについて報告した ⁵⁾.ここではガ ス窒化、イオン窒化など各種窒化を施した Cr-Mo 鋼の 1%HCl 水溶液環境中における平板試験片の腐食疲労試 験結果について報告する.

2 実験方法

2.1 供試材及び試験片

供試材としては 0.17mass%C, 0.25mass%Si,1.08mas s%Mn,0.20mass%P,0.013mass%S,1.05mass%Cr,1.20 mass%Mo,0.32mass%V の化学組成を有する Cr-Mo 鋼 を使用した. 同鋼の 0.2%耐力、最大引張強さ、伸びお よび絞りはそれぞれ、1220MPa、1305MPa,16.7%およ び 67.9%である.疲労試験片は Fig.1 に示す平行部の長さ 20mm、幅 4mm、板厚 3.5mm、全長 160mm の平板試 験片とした.



Fig.1 Fatigue test specimen.

2.2 窒化処理

ガス窒化は 773Kx18hr, 793Kx38hr をベースとし、硬 さを約 100HV 増加させた 773Kx10hr, 803Kx20hr, 窒化深 さを約 100µm 深くした 803Kx30hr, 833Kx40hr およ び化合物層の厚さを約 100µm厚くした 833Kx30hr, 863 Kx40hr の4種類を施した.また、W 窒化およびショッ トピーニング(SKH59, 55µm)後、ガス窒化(773Kx18hr, 793Kx30hr)を施した.この他、793Kx30hr, 823Kx30hr の 2種類のイオン窒化を施した. 2.3 疲労試験 疲労試験には油圧サーボ疲労試験機(Shimadzu,EHF-LB9.8kN)を使用し,応力比 R($\sigma_{min}/\sigma_{max}$)=0.05、荷重制御 にて実施した. 試験環境は大気および 1%HCl 水溶液と した.両環境中ともに試験速度は 20Hz とした。 2.3 表面及び破面観察

表面および破面観察には光学顕微鏡(Keyence,VHX-100)および走査型電子顕微鏡(JEOL,JSM5500S)を使用 した.

3. 実験結果および考察

Fig.2に大気中における Cr-Mo鋼の母材および各種窒 化処理を施した試験片の S-N 曲線を示す.同図から母材 の疲労限度が 1080MPa で最も高いことが明らかである .各種窒化処理鋼の疲労限度は何れも母材より低い値を 示した.窒化処理鋼の試験片はマクロ的には試験片コー ナー部から破断しており S-N 曲線がフラットであると いう特徴を有する.別に実施した丸棒試験片による超音 波疲労試験結果では大気中では窒化試験片の全てで疲 労き裂はサブサーフエスから発生しガス窒化(803Kx 30hr,833Kx40hr)を除く全ての窒化処理試験片において 大気中における疲労限度は改善できなかったことが明 らかにされている.今後平板試験片の詳細な破面解析を 行いこの原因について検討する所存である.



Fig.2 S-N curves of various nitrided Cr-Mo steel in air.

Fig.3 に各種窒化処理を施した Cr-Mo 鋼の 1%HCl 水溶 液中における S-N 曲線を示す.同図から Cr-Mo 鋼母材の 10⁶回腐食疲労強度は 340MPa で大気中疲労限度に対す る腐食疲労強度低下率は 66%であることが明らかであ る.各種の窒化処理の中でイオン窒化(793Kx30hr),NV 窒化および FPB(SKH59,55 µ m)+ガス窒化(773Kx 1 8 hr,793Kx38hr) で腐食疲労強度の改善効果が現れた. イオン窒化(823Kx30hr)およびガス窒化(773kx18hr, 793Kx38hr)ではそれぞれ、250Mpa および 320MPa 以 下の低応力域で腐食疲労強度の改善効果が現れた.







Fig.4 Hardness distribution in nitrided layer.

Fig.4 に表面の硬さ分布を示す.イオン窒化では表層の 硬さが大なることが明らかである.Fig.5 に表層部の残留 応力の測定結果を示す.イオン窒化では硬さと同様に表 層部の圧縮残留応力値が特に大なることが明らかであ る.Fig.6 に示すように、1%HCl 水溶液中では窒化処理 鋼の全ての試験片において腐食疲労き裂は試験片表面 の腐食ピットから発生することが明らかにされている. したがって、イオン窒化処理による腐食疲労強度改善の 主因は窒化により表層に発生した圧縮残留応力による ものと結論出来る.今後、腐食疲労強度におよぼす表面硬 化層のミクロ組織の役割についても検討が必要と思わ れる.



Fig.5 Residual compressive stress distribution in nitride layer.



Fig.6 Corrosion pit observed at corrosion fatigue crack initiation area.1%HCl,200MPa
a)Ion nitriding(823Kx30hr),5.04x10⁶ cycles
b)NV nitriding,4.64x10⁶ cycles

```
結言、参考文献:省略
```