

1-23 (α+γ) 2相混合組織鋼における疲れ挙動

愛媛大学工学部
愛媛大学工学部
京都大学工学部

○萩山博之
曾山義朗
田村今男

1. 緒言 αとγから成る2相ステンレス鋼は耐食性、強度靱性に優れた特性を有することが見出され最近注目をあびている合金鋼の1つである。またこれらの2相合金鋼では単相合金鋼では望めない組織の微細化が可能であり、いわゆる微細2相混合組織においては高温で超塑性現象を示すほか各種の特性がさらに向上することが報告されている。本研究はα中に安定なγを第2相として含有する32%Cr-8%Ni鋼について組織の大きさ(粒径)が0.6μmから27μmに至る種々の2相混合組織を加工と熱処理により作製し、主としてき裂発生、初期成長段階における疲れ挙動を顕微鏡組織的尺度より検討した。

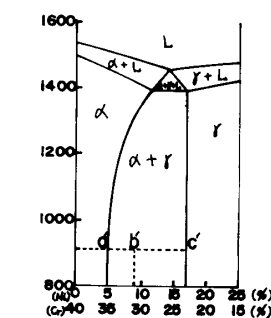


Fig. 1 60% Fe-Cr-Ni 状態図

2. 供試材および実験方法 供試材は32%Cr-8%Ni 2相混合組織鋼およびこの合金鋼中のα, γ各相とほぼ同一成分を有する35%Cr-5%Ni, 23%Cr-17%Ni各単相合金鋼を真空溶製したものである。Fig. 1に60%Fe-Cr-Ni系状態図を示す。疲れ試験はシェンク式平面曲げ試験機により、疲れの各段階で自由表面よりレプリカを採取し、種々の大きさの組織におけるき裂発生、初期成長機構を光学顕微鏡、電子顕微鏡観察により検討した。

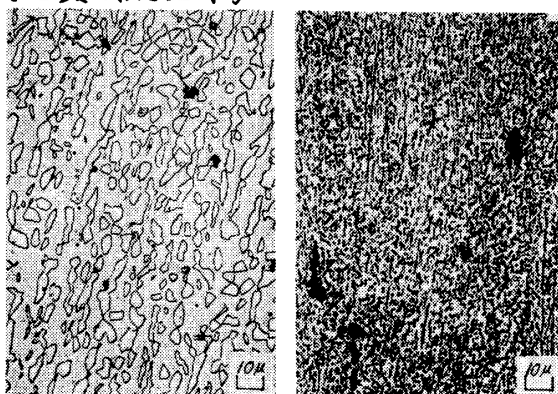


Fig. 2 微細2相混合組織: (a) 1250°C W.O. 80% Cold reduction (a) 980°C 9h heating (b) 920°C 0.5h heating

3. 実験結果および考察 3.1 微細2相混合組織の生成 32%Cr-8%Ni鋼をα領域(1250°C)からの焼入れ、80%以上の冷間加工、2相領域における加熱の組合わせにより最小粒径が0.6μmに至る微細2相混合組織が得られた。Fig. 2にこの組織写真を示す。この原理は2相領域の加熱に先立つ焼入れ、冷間加工によりγ相析出の核のsiteが多数導入されたことに起因しているものと思われる。3.2 粗大な2相混合組織における疲れ挙動 各応力振幅で疲れ試験をしたところ、Fig. 3(a)(b)に示すように0.2%耐力付近より小さい応力振幅ではγ相中に直線的なすべり帯が密に発生しき裂もこのすべり帯が転位するが、0.2%耐力以上の応力振幅におい

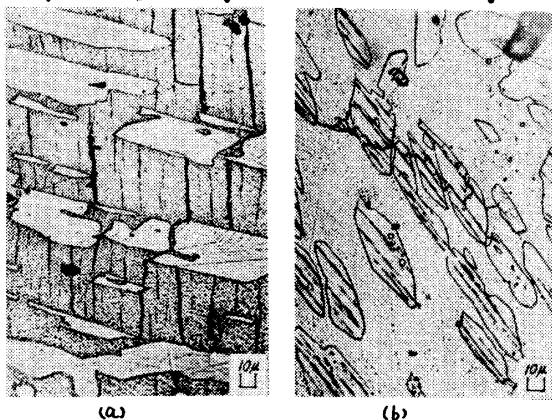


Fig. 3 自由表面におけるすべり帯(き裂)発生形態 (a) $\sigma_a = 59 \text{ kg/mm}^2$ (寿命比: 28%) (b) $\sigma_a = 24 \text{ kg/mm}^2$ (寿命比: 40%)

ては α 相中におけるすべり帯の発生およびこれに沿うき裂発生が β 相中よりも顕著となる。Fig.4に低、高応力振幅における自由表面のき裂発生位置、個数を定量的に測定した結果を示す。 $\sigma_a = 30 \text{ kg/mm}^2$ では総き裂の大半が β 相中で発生したき裂で占められるのに対し、 $\sigma_a = 59 \text{ kg/mm}^2$ においては逆に α 相中で発生したき裂個数が多くなっており上述の形態と対応している。以上のように0.2%耐力付近の応力振幅を境にき裂発生領域に差異が生じる。軟質相と硬質相から成るこの種の2相混合組織鋼の静的引張変形において、0.2%耐力付近以下の応力では軟質相のみが塑性変形を起す応力一定モデルに近い変形挙動が、それ以上の応力では必ずみ一定モデルに近い変形挙動が示されるのではないかと思われる。そこで α および β 単相合金鋼を同一高いすべり振幅で比較すると同一寿命比におけるき裂発生個数は α 単相合金鋼の方がかなり多く、寿命も短い。一方同一低応力振幅においては逆に β 単相合金鋼におけるき裂発生個数ははるかに多くまた寿命も短く、前述の2相混合組織鋼におけるき裂発生形態に対応している。このように強度の高い α 中に強度の低い延性な β を分散させることにより、高応力振幅では β 相が、低応力振幅においては α 相が初期損傷を抑制することにより疲れ強度が各単相合金鋼より上昇するものと思われる。

3.3 微細2相混合組織における疲れ挙動 Fig.5に示すように疲れ強度は組織の微細化と共に上昇する。また0.2%耐力に対する疲れ限度の比はほぼ各材とも0.5となった。疲れき裂の発生は粗大な組織(D材)では前述のように α および β 相中のすべり帯に沿って発生するがFig.6のように組織の微細化と共に介在物あるいは α - β 界面き裂の発生頻度が高くなり、き裂発生形態が異なってくる。介在物き裂は介在物と α 相の界面が剥離しこれが α 相中で介在物から数 μ 離れた位置に発生した微視き裂と合併する過程がとられるが β 相中ではこれらの現象の起る頻度が少ない。

参考文献 1) H.W. Hayden, S. Floreen, ASM Trans., vol. 61, 474 (1968)

2) 友田陽, 黒木剛司郎, 田村今男, 鉄と鋼, 61, 107 (1975)

		γ 相	α 相	α - γ 界面	介在物
応力振幅	349 59.0 kg/mm ²	106 (30.3 %)	145 (41.7 %)	85 (24.3 %)	13 (3.7 %)
応力振幅	66 30.2 kg/mm ²	52 (78.8 %)	4 (6.0 %)	9 (13.6 %)	1 (1.6 %)

(観察領域 10mm²)

Fig.4 単位面積あたりのき裂発生個数および位置

寿命比=30% カッコ内は総き裂個数に対する割合

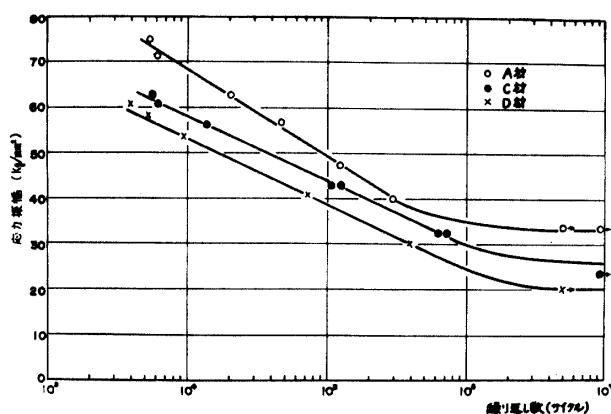


Fig.5 各組織材のS-N曲線

A材: β 粒径0.6 μ , C材: β 粒径3.7 μ , D材: β 粒径27 μ

		D 材	C 材	B 材	A 材
応力振幅	総き裂 発生個数	349.0	92.8	79.0	38.5
60 kg/mm ²	介在物き裂 発生個数	13.0 (3.7 %)	16.8 (18.1 %)	31.0 (39.2 %)	24.1 (62.6 %)
応力振幅	総き裂 発生個数	66.0	11.0	—	—
30 kg/mm ²	介在物き裂 発生個数	1.0 (1.6 %)	8.0 (72.7 %)	—	—

(観察領域 10mm²)

Fig.6 各組織材における単位面積あたりのき裂発生個数

カッコ内は総き裂個数に対する割合