

(740) 高温低サイクル疲労に伴って SUS 316 ステンレス鋼に含まれる δ フェライト相に形成される析出物

金属材料技術研究所 ○池田省三 金沢健二 山口弘二

1. 緒言

熱間圧延で作った 316 鋼には δ フェライト相を積極的に導入する場合がある。 δ 相は 475°脆性や σ 相の形成と関係が深いので、 δ 相ステンレス鋼による研究がある。316 鋼に少量含まれる δ 相内の析出物、疲労との関係は明らかでないので、これらの点を知る目的で、本研究を行った。

2. 実験方法

素材は厚さ 24mm の熱間圧延板を 1373 K (1100°C), 1.8 Ks (30分) 加熱・水冷により溶体化処理されている。疲労試験後、平行部及びつかみ部から薄膜を作り、透過電子顕微鏡で観察した。

3. 実験結果

熱処理後、 δ 相は圧延面に平行に厚さ 1~10 μ m, 体積率 1.5%, 平均間隔 260 μ m, 最大間隔約 1mm で入っていた。 δ 相及び γ 相の他に、若干の $M_{23}C_6$ 等の析出物が試験前にあった。673K (400°C) までの加熱及び疲労の下では δ 相の中に析出物は観察されなかった。試験に伴って δ 相であった場所に形成された主な析出物を Table 2 に示す。つかみ部では 773K 300 Ks 後、Photo. 1 に示す板状セメントライト ($M_{23}C_6$) が形成され、873K 158 Ks 以上で $M_{23}C_6$ を確認した。疲労部では 773K 歪幅 2% Photo. 2 & 3 に示す細かい $M_{23}C_6$ が、0.5% では板状 $M_{23}C_6$, 873K 以上では主に $M_{23}C_6$ 、ただし、973K, $\dot{\epsilon} = 10^{-5} s^{-1}$, $\Delta \epsilon_t = 2\%$ 試験時間 1MS (278時間) では Photo. 5 に示す σ 相が出来た。

4. 考察

繰返し変形で持続的に導入された転位が拡散を促進し、また析出サイトとなって疲労部では細かい析出物が速かに形成されたと考える。全歪幅 0.5% では、降伏強度が 450 MN/m² を超えると弾性変形だけで追従できる。773K, 0.5% の最終段階での応力振幅は 170 MN/m² だが、 δ 相内の析出状態から推定して、最終段階での δ 相の塑性歪幅は極めて小さいと考えられる。繰返し変形は δ 相の形成も早めるが、本試験の範囲内では σ 相が出来ても、寿命が短かくなつてはいない。

Table 1

	wt %						
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Fe
Chemical analysis	0.05	0.70	1.10	12.60	17.05	2.24	
EDX analysis	δ -phase			6	27	5	62
	γ -phase			12	20	3	65

Table 2

	$\dot{\epsilon}$ (S ⁻¹)	$\Delta \epsilon_t$ (%)	Time	773 K	873 K	973 K
FATIGUE	10^{-3}	2	7~10 Ks	Fine $M_{23}C_6$	Fine $M_{23}C_6$	$M_{23}C_6$
	10^{-3}	0.5	140~300	Plate $M_{23}C_6$	$M_{23}C_6$	$M_{23}C_6$
	10^{-5}	2	500~1000	Fine $M_{23}C_6$	$M_{23}C_6$	σ
AGE			7~10 Ks		Plate $M_{23}C_6$	$M_{23}C_6$
			140~300 Ks	Plate $M_{23}C_6$	$M_{23}C_6$	$M_{23}C_6$
			500~1000 Ks	Plate $M_{23}C_6$	$M_{23}C_6$	$M_{23}C_6$



Photo. 1 Plate $M_{23}C_6$
773K 324 Ks Age

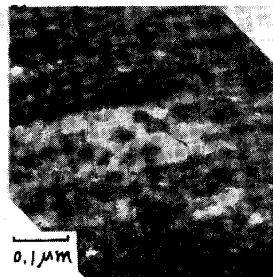


Photo. 2 Fine $M_{23}C_6$
773K, 10^{-3} , 2%

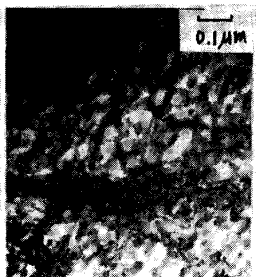


Photo. 3 Fine $M_{23}C_6$
773K, 10^{-5} , 2%



Photo. 4 $M_{23}C_6$
973K, 10^{-3} , 2%



Photo. 5 σ
973K, 10^{-5} , 2%