

(427) CrMoV 鋼の高温低サイクル疲労に伴う組織と硬さの変化

東芝タービン工場[○]山田 政之 伊藤 洋茂 渡辺 修
東芝総合研究所 中村 新一

1. 緒言：高温雰囲気中で使用される機器類は、定常・非定常運転に伴うクリープ、疲労損傷を受ける。ここでは、まずこれらの損傷形態のうち疲労損傷のみに着目し、CrMoV系耐熱鋼のサイクリック・ソフニング現象の原因を金属組織学的に解明することを目的として、これを転位の回復組織および強度に直接関与すると言われている微細析出物である V_4C_3 炭化物の挙動の2点から検討した。

2. 試験方法：本研究に用いた供試材の化学組成および熱処理条件を表1に示す。疲労試験片の形状を図1に示す。平行部のひずみ制御は、あらかじめ較正した平行部端のツバ間の変位量によって行なった。試験条件を表2に示す。巨視的なき裂が発生した試験片およびその時の繰返し数 N_c を基準として、その0.3, 0.6, 0.9倍で試験を中断した試験片を作成し、それぞれについて硬さ測定、転位回復組織の観察および V_4C_3 析出密度の測定を行なった。さらに、一部の長時間加熱材についても同様の試験を行なった。

3. 試験結果：図2は、硬さHvと線型損傷則で整理した疲労損傷 ϕ_f との関係を示す。ひずみが与えられないツバ部の硬さは変化しないが、G.L.部の硬さはわずか1時間程度の試験時間ではあるが ϕ_f の増大とともに著しく軟化しており、破断材では $Hv \approx 40$ である。

表1. 化学組成と熱処理条件

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Fe
.27	.27	.66	.009	.007	1.10	1.23	.25	Bal.
970°C×19hrs→Fan O, 670°C×52hrs→FG								

表2. 疲労試験条件

温度, T (°C)	566, 600
ひずみ範囲, $\Delta\epsilon_t$ (°C)	0.6, 0.7
ひずみ速度, $\dot{\epsilon}$ (%/sec)	0.2

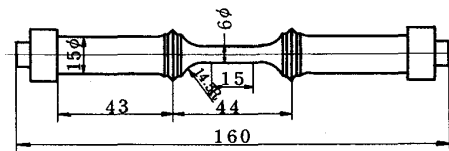


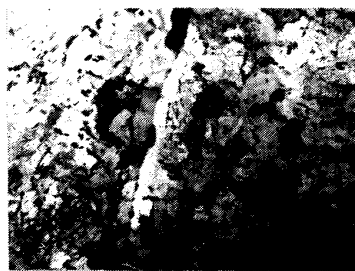
図1. 試験片形状

写真1は、新材および破断材の透過電顕組織を示す。破断材は、新材に比べて特に粒界近傍での転位組織の回復が著しく、サブグレインも形成されている。さらに粒界近傍では V_4C_3 炭化物の無析出領域が見られる。この V_4C_3 炭化物の粒界を除く粒内部分における析出密度の ϕ_f 依存性を見ると、図3のように新材に比べて破断材は、約0.6倍にまで減少していることがわかる。さらに、長時間加熱による V_4C_3 密度と疲労損傷によるそれを比較すると著しい相違を呈しており、600°Cの場合、1000時間加熱材と疲労破断材の V_4C_3 密度がほぼ同じである。

以上からわかるように、CrMoV鋼の高温低サイクル疲労によるサイクリック・ソフニングの原因として、転位の回復組織および V_4C_3 密度の減少の両方考えられるが、図2、図3を比較すると特に損傷の後半では、 V_4C_3 の析出密度と良く対応しているように思われる。

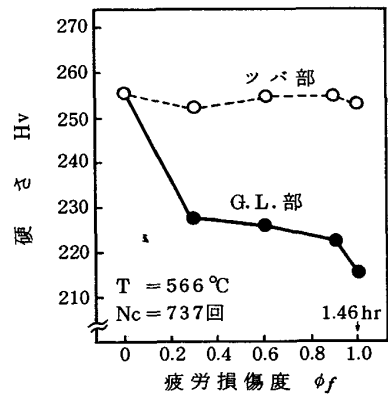
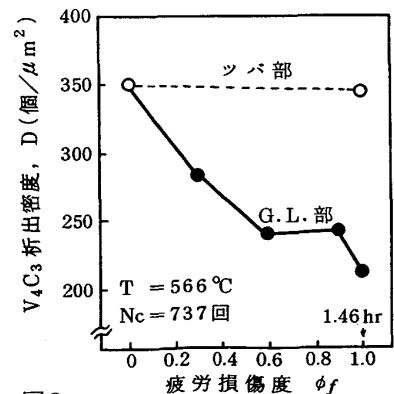


(a) 新材



(b) 疲労破断材

写真1. 透過電子顕微鏡組織 ×4800

図2. CrMoV鋼の硬さの ϕ_f 依存性図3. CrMoV鋼の V_4C_3 析出密度の ϕ_f 依存性