

(618)

オーステナイト系耐熱鋼のクリープ破断強度におよぼすTi, Nbの影響

東京大学 大学院 工学 建築

東京大学 工学部 土山友博 藤田利夫

新日鉄(株) 製品研 乙黒靖男

1. 緒言: 将来の石炭だき火力発電用ボイラとして, 高温で耐酸化性とクリープ破断特性がすぐれた耐熱鋼を開発する目的で, 20Cr-25Ni鋼と20Cr-35Ni鋼を基本組成とし, これにMo, Nb, Tiなどを複合添加した鋼について研究を行った結果, 種々の知見を得たので以下に報告する。

2. 実験方法: Table 1. に供試材の化学成分を示す。Aシリーズは20Cr-25Ni鋼系であり, 高周波真空溶解炉で50kg溶製し, 熱間及び冷間加工により13mm^φにした後, 1150°C×1hr, 水冷の溶体化処理を行った。Bシリーズは20Cr-35Ni鋼系であり, 高周波真空溶解炉で15kg溶製し, 熱間、冷間加工により12mm厚の板にした後, 1250°C×5min 水冷の溶体化処理を行った。これらの試料を用い, クリープ破断試験, 析出物の同定, 組織観察を行った。

3. 実験結果: (1) Fig. 1, 2にAシリーズとBシリーズのクリープ破断強度を示す。いずれも合金元素(TiとNb)添加量の最も多い鋼の強度が高い。

(2) Aシリーズの試料について, 700°Cと750°Cの時効処理を行った後, 抽出残渣のX線回折により, 析出物を同定した結果をTable 2. に示す。短時間側ではNbCやTiCのMX型の炭化物が同定されるが, 長時間側では同定されなくなる。

(3) Table 3. には残渣をさらに90°C(1:1) HCl処理を施して, 主析出物であるM₂₃C₆を分解させた後, 再び析出物の同定を行った結果を示す。表より明らかのように, 長時間時効材においてもMX型炭化物は存在しており, これがクリープ破断強度の向上に大きく貢献していると考えられる。

(4) 薄膜法による電顕観察では, 短時間側では, マトリックス中転位とからみあった微細析出物が存在する。長時間では, 粒界の析出物は粗大化し, 転位密度も減少するが, 微細析出物を観察され, これはクリープ破断強度に寄与しているものと考えられる。

Table 1. Chemical composition of steels investigated (wt%)

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	B	N
A-1	0.101	0.53	1.03	21.5	25.6	1.48	0.062	0.11	0.0046	0.058
A-2	0.096	0.51	1.07	20.8	25.7	1.45	0.069	0.27	0.0050	0.054
A-3	0.097	0.52	1.04	20.9	25.6	1.48	0.096	0.20	0.0044	0.060
A-4	0.099	0.52	1.02	21.0	25.6	1.46	0.13	0.13	0.0040	0.058
A-5	0.097	0.52	1.02	20.9	26.0	1.46	0.16	0.36	0.0044	0.056
B-1	0.080	0.51	1.03	21.9	35.0	1.50	0.11	0.10	0.005	0.051
B-2	0.084	0.54	1.03	21.9	34.8	1.48	0.11	0.26	0.005	0.050
B-3	0.082	0.51	1.04	21.8	34.9	1.50	0.21	0.21	0.005	0.050
B-4	0.083	0.64	1.03	21.9	34.8	1.50	0.32	0.10	0.005	0.050
B-5	0.083	0.58	1.04	20.1	34.9	1.55	0.31	0.29	0.005	0.045

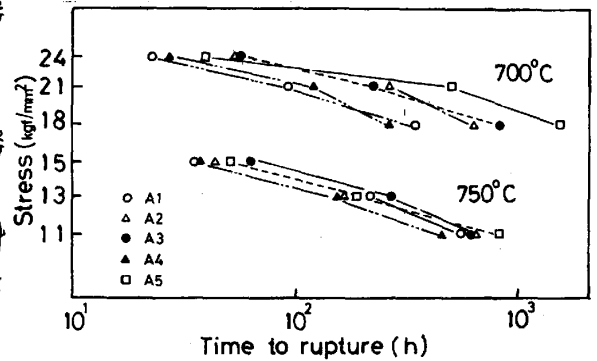


Fig. 1. Creep rupture curves of the A-series steels

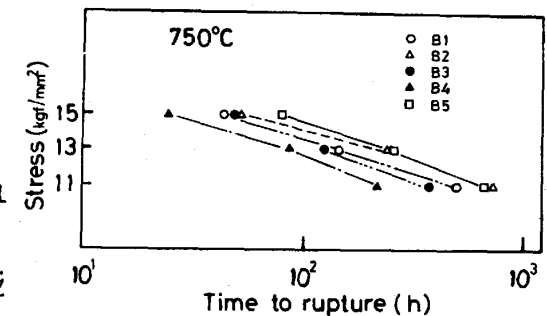


Fig. 2. Creep rupture curves of the B-series steels

Table 2. Identified precipitates of the A-series steels

	A1	A2	A3	A4	A5
700°C x 1hr	MX				MX
700°C x 30hr	M ₂₃ C ₆ MX				M ₂₃ C ₆ MX
700°C x 1000hr	M ₂₃ C ₆ σ	M ₂₃ C ₆ MX	M ₂₃ C ₆	M ₂₃ C ₆ σ	M ₂₃ C ₆ MX
750°C x 1hr	M ₂₃ C ₆ MX				M ₂₃ C ₆ MX
750°C x 30hr	M ₂₃ C ₆	M ₂₃ C ₆ MX	M ₂₃ C ₆ MX	M ₂₃ C ₆ MX	M ₂₃ C ₆ MX
750°C x 1000hr	M ₂₃ C ₆ σ	M ₂₃ C ₆ MX, σ	M ₂₃ C ₆ σ	M ₂₃ C ₆ σ	M ₂₃ C ₆ MX, σ

Table 3. Precipitates of A-series steels after HCl treatment

	A1	A2	A3	A4	A5
750 C x 1000hr	MX (Cr, Fe)NbN	MX (Cr, Fe)NbN	MX (Cr, Fe)NbN	MX (Cr, Fe)NbN	MX (Cr, Fe)NbN