

(526) 9Cr-Mo-V-Nb系耐熱鋼の長時間クリープ破断強度と長時間加熱後靱性に  
およぼす合金元素の影響

東京大学工学部

朝倉健太郎, 藤田利夫  
渡辺久(現新日鉄) 池田清和

1. 緒言

9Cr-Mo-V-Nb系耐熱鋼におけるクリープ破断強度とシャルピー衝撃特性におよぼすCr, Mo, V, Nb, Cの単独および複合添加, さらに靱性向上のためZr, La+Ce添加, 希釈法(真空希釈),  $\delta$ フェライト量の影響などを調べてきた。しかし, それらは1000~3000h程度のデータがほとんどであった。

本報では1万時間以上の長時間クリープ破断データと, 1~2万時間加熱後のシャルピー衝撃特性を加えるとともに, 詳細な微視組織観察を行い, クリープ破断強度およびシャルピー衝撃特性におよぼす合金元素とフェライト量の影響を調べ, また靱性の脆化原因についても検討した。

2. 実験方法

Table 1. Chemical composition of steels used(wt%) and ferrite content(%)

主な供試材の化学成分をTable 1に示す。Gシリーズ鋼はC量変化, 29~31鋼はMo量変化, 696鋼はLa+Ceの影響を調べるため各50kg大気希釈した。熱処理条件はクリープ破断試片, シ

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb	La+Ce	T.N	Ferrite(%)
G 1	0.02	0.17	0.56	0.015	0.012	9.01	1.81	0.112	0.054	-	0.0332	35
G 2	0.05	0.16	0.55	0.015	0.012	9.27	1.82	0.111	0.055	-	0.0349	20
G 3	0.09	0.18	0.48	0.013	0.011	9.10	1.81	0.100	0.050	-	0.0200	0
G 4	0.14	0.18	0.52	0.015	0.012	9.00	1.80	0.090	0.050	-	0.0228	0
2 9	0.05	0.17	0.63	0.010	0.005	9.17	0.96	0.150	0.050	-	0.0276	0
3 0	0.06	0.16	0.55	0.008	0.005	9.06	1.28	0.150	0.040	-	0.0301	2
3 1	0.05	0.21	0.64	0.011	0.007	9.18	1.95	0.150	0.050	-	0.0296	24
696	0.11	0.25	0.85	0.010	0.007	8.52	1.50	0.170	0.050	0.028	/	0
892	0.05	0.52	0.56	0.009	0.007	10.00	2.00	0.100	0.050	-	0.0306	45

ャルピー衝撃試片とも1050°C-1/2hの焼ならし後, 700°Cおよび800°C-1h焼もどし処理を行った。衝撃試片はその後, 550°C, 650°Cで1~2万時間まで再加熱した後, 常温(20°C)で吸収エネルギーを求めた。脆化が著しい892鋼に関してはオージェ電子分光装置を用いて解析を行った。

3. 実験結果

1) 10<sup>4</sup>hのクリープ破断強度はFig. 1に示すように, 550°Cではフェライト量の多いG1鋼が強度低下を示すが, 強度水準は29~31鋼に匹敵する。650°Cではフェライト量に影響されず, Gシリーズ鋼および29~31鋼はともに同等の強度を示す。

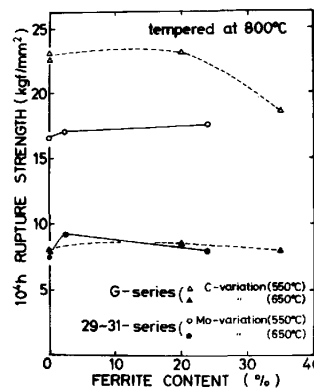


Fig.1 10<sup>4</sup>h-creep rupture strength.

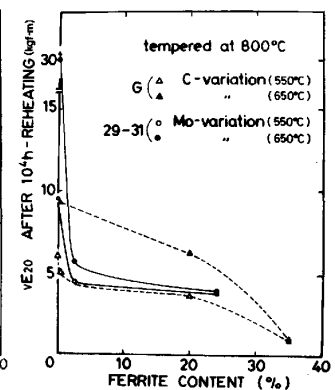


Fig.1 Charpy absorbed energy at 20°C after 10<sup>4</sup>hrs reheating.

2) 10<sup>4</sup>h再加熱後のシャルピー吸収エネルギーはFig. 2に示すように, フェライト量に大きく依存する。熱間加工性ならびに希釈性を考慮した場合, 20~25%程度のフェライト量は靱性にさほど悪影響をもたらさない。

3) 微視組織観察の結果, シャルピー吸収エネルギーの低い供試材は, Photo. 1に示すようなフェライト粒内に板状炭化物(M<sub>6</sub>C型など)が認められ, さらにマルテンサイト・ラス界面およびフェライト-フェライト, フェライト-マルテンサイト粒界に連続的な析出が認められる。



Photo.1 Electron micrograph of G1-steel reheated at 550°C for 10<sup>4</sup>hrs after tempered at 700°C.