

東京大学工学部 小田克郎 金材技研 金子隆一
 東京大学工学部 藤田利夫

1. 緒言 近年、開発が進められている超々臨界圧の火力発電ボイラー用鋼として、9Cr-2Mo-0.15V-0.05Nb鋼のMoのかなりの量をWに置換した鋼が優れた特性を有することを筆者らは報告した。本研究はこのような組成の鋼の内、特に高温強度の優れていたW 1.6%、Mo 0.5%を含む鋼を基本組成とし、これにV、Nbを添加した鋼のC、NおよびB量を変化させて、クリープ破断強度、機械的性質および組織に及ぼす影響について調べた。

2. 試料および実験方法 試料の化学成分を Table 1に示す。各鋼ともにMo量、W量を各々 0.5%、1.6% で一定にしてある。ZL-1~ZL-4鋼ではCとNを変化させ、ZL-5鋼ではBの影響を調べている。各鋼ともに高周波炉を用いて真空中

Table 1. Chemical Compositions (wt%).

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Nb	W	B	N
ZL-1	0.055	0.040	0.479	0.0032	0.0051	0.036	8.946	0.470	0.176	<0.002	0.050	1.603	0.0004	0.0222
ZL-2	0.055	0.028	0.497	0.0026	0.0046	0.036	9.109	0.477	0.177	<0.002	0.050	1.607	0.0001	0.0477
ZL-3	0.093	0.029	0.512	0.0023	0.0046	0.036	9.404	0.530	0.191	<0.002	0.052	1.612	0.0005	0.0247
ZL-4	0.091	0.030	0.513	<0.002	0.0048	0.042	9.246	0.523	0.192	<0.002	0.052	1.674	0.0003	0.0517
ZL-5	0.056	0.036	0.482	<0.002	0.0043	0.185	9.213	0.537	0.196	<0.002	0.052	1.627	0.0057	0.0525

で 100kg 溶解されたのち、1100~950℃で 15mmφ の丸棒に鍛造して、Table 2に示すような焼ならし、焼もどし処理を行い、クリープ破断試験を 600、650、700℃で行った。さらに焼ならし、焼もどし処理後、600、650、700℃で 1~1000h 加熱を行い

Table 2. Heat Treatment.

Normalizing : 1050℃ × 0.5h → A.C.
 Tempering : 750℃ × 1h → A.C.

3. 実験結果 (1)クリープ破断試験 各鋼の 650、700℃での応力-破断時間曲線、および伸びと絞りを見 Fig. 1 に示す。各温度においてNとCが多く添加されているZL-4鋼が最も強度が大きい。それに対してCが多く、Nが少ないZL-3鋼は両温度で最も弱くなっている。また、Cが少なく、Nが多いZL-2鋼の破断曲線は傾きがゆるいため長時間側では最も強くなる可能性がある。破断伸びおよび絞りはZL-1~ZL-4鋼はほぼ同じ値を示しているが、Bを添加したZL-5鋼だけは他の鋼に比べて悪くなっている。

3-2 硬さ試験 各鋼を焼もどし処理後、650℃で 1~300h 保持したときの硬さ変化を測定した結果、各鋼ともに 300h ではまだ軟化は始まらない。鋼種間で比較すると、ZL-4鋼が最も硬くて、ZL-3鋼が軟らかい。これはクリープ破断試験の結果と対応する。

4. 結言 MoをWで置換した 9Cr系耐熱合金では0.10%Cと0.05%Nを添加することによりクリープ破断強度が向上する。また、0.05%C、0.05%Nを添加した場合にも長時間側で破断強度が向上している。一方、0.10%C、0.02%Nを添加した場合には、高温強度は最も小さい。従って、クリープ破断強度の向上には特に 0.05%のNの添加が有効であると考えられる。ZL-4鋼の 650℃、10⁵ h のクリープ破断強度の外挿値は 9~11kg/mm²になり、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS 347、316などよりすぐれている。

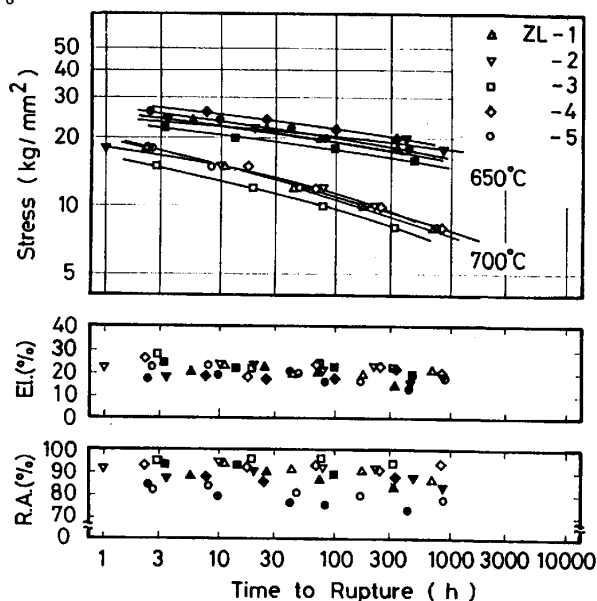


Fig. 1. Creep rupture properties of steels ZL-1 to ZL-5.