

(497) 高速炉燃料被覆管用 316 ステンレス鋼の高温強度におよぼす微量元素の影響

住友金属工業(株) 中央技術研究所 ○寺西洋志 吉川州彦  
 動力炉・核燃料開発事業団 石田泰一

1. 緒言： 高速増殖炉用燃料被覆管は高温強度と耐スウェリング性が要求され、従来から使用されている 316 ステンレス鋼では必ずしも十分ではなく Ti, Nb, Zr の単独あるいは複合添加による性能改善の研究がなされている。一方被覆管の製造に際しては超音波検査の関連で溶体化温度をむやみに高め結晶粒を大きくする

Table 1. Chemical composition

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	Zr	B	備考
A	0.056	0.55	1.89	0.027	0.008	17.45	13.05	2.51	0.002	—	—	0.0020	管
B	0.057	0.66	1.92	0.026	0.003	16.35	13.70	2.56	0.026	—	—	0.0026	
C	0.055	0.90	1.73	0.025	0.002	16.85	13.83	2.53	0.057	—	—	0.0030	
D	0.050	0.91	1.70	0.021	0.003	16.55	13.69	2.48	0.070	0.067	—	0.0037	
H	0.063	0.93	1.73	0.025	0.005	16.52	13.82	2.59	0.20	—	—	0.0016	板
I	0.059	0.93	1.76	0.024	0.005	16.39	13.72	2.56	0.45	—	—	0.0015	

ることができない。結晶粒度の制約内での溶体化温度での上記炭化物形成元素の高温強度、組織への影響を調べ適正元素、適正量についての検討を本報で行う。

2. 供試材： 供試鋼は被覆管 4 種と板材 2 種で被覆管は主として微量の Ti 又は Ti+Nb の効果を検討するために用い、板材は過剰な Ti の影響を調べるために試験を供した。供試材の化学成分は Table 1 に示すとおりである。

3. 結果： クリープ破断強度に及ぼす Ti, Nb の影響を管、板について各々 Fig 1 および Fig 2 に示す。管の場合には Ti の微量添加により強度は向上してゆくが Nb をさらに複合で添加しても余り強度は著著に高くない。

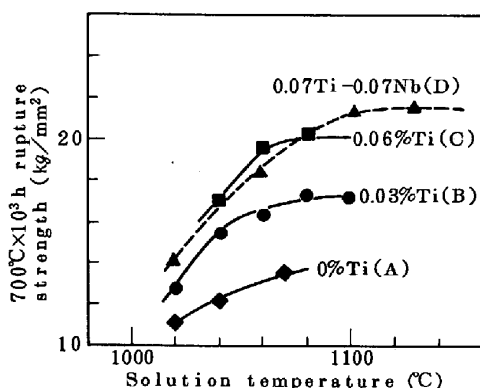


Fig. 1. Effect of Ti and Nb on creep rupture strength

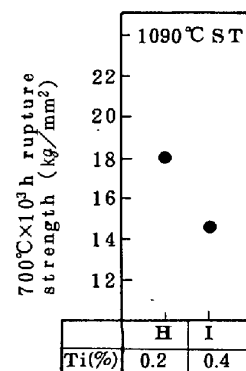


Fig. 2. Effect of Ti on creep rupture strength

また Fig 2 に示すとおり Ti を過剰に添加するとかえって強度が低下する。クリープ破断材のマイクロ組織、電顕組織により明らかになったことは、(1) Ti を含まない鋼は溶体化温度が低いために炭化物の凝集が早く、セル組織の形成が早い。また  $\sigma$  相の生成も早くなる。(2) 微量 Ti, Ti+Nb を添加した鋼は炭化物は微細に分散し、セル組織の生成も遅れる。 $\sigma$  相も溶体化温度が高められることにより生成が遅れる。(3) Ti 量が過剰になると  $\sigma$  相の生成が促進される。(4)  $700^\circ\text{C} \times 1000^{\text{h}}$  以上の試験ではボイドが  $\sigma$  相とマトリックスとの界面に多数発生しており破断はこれらのボイドがつながることにより生じたものと推定される。

以上の結果から微量の Ti あるいは Ti+Nb の添加の効果はこれらの元素による炭化物の微細化と分散によるもの同一の結晶粒度をえるための溶体化温度を高めることが可能となり炭素が十分に固溶しクリープ中に炭化物が微細析出すること、 $\sigma$  相の生成と成長をおさえボイド型の破断も抑制することであると考えられる。

4. まとめ

- (1) 微量 Ti 添加により破断強度が顕著に向上しその適正量は 0.1% あたりにある。微量 Nb の複合添加による効果はさほど大きくないが細粒化効果が大きく溶体化温度を高めることに有効である。
- (2) 過剰な Ti 添加はむしろ破断強度を低める。 $\sigma$  相生成が早くなることによるものと考えられる。