

(613) 高速炉燃料被覆管用 15Cr-15Ni-2.5Mo 鋼冷間加工材のクリープ破断強度に及ぼす Nb の影響

神戸製鋼所 中央研究所 ○内田博幸 藤原優行
技術開発本部 太田定雄

1. 緒言 高速実験炉，原型炉の燃料被覆管には 316 鋼冷間加工材が選定されているが，実証炉，商用炉と進むにつれ，経済性の観点から，燃焼度を高めることが考えられ，この場合にはさらに優れた高温強度と耐スウェリング特性を有する被覆管材料の開発が望まれる。両者を改善する方法の一つとして，Nb 添加が有効と考えられているが，溶体化後，冷間加工を施した 316 鋼のクリープ破断強度に及ぼす Nb 量の影響を系統的に調べた報告はない。そこで，本研究では Nb 量を 0～1.0% まで変化させた 15Cr-15Ni-2.5Mo 鋼のクリープ破断強度について検討した。

2. 方法 供試材の化学成分を Table 1 に示す。真空溶解した 10kg インゴットを鍛造後，被覆管の製造工程を模擬して 1100°C で溶体化処理したのち 60% の冷間加工を施し，1100°C で最終溶体化を行なった。溶体化後，さらに冷間圧延にて 20% の加工を施したものについて，700，750°C でクリープ破断試験を行なった。また，破断後の組織を電顕観察により調べた。

3. 結果 結晶粒度および 700°C，1000h クリープ破断強度に及ぼす Nb の影響を Fig. 1 に示す。Nb 量が 0.1% までは Nb 量が増すにつれて強度は上昇するが，Nb 量が 0.2% では強度がやや低下し，これ以上では強度はほとんど変わらない。クリープ破断後の析出物を抽出レプリカ法で観察した結果を Photo. 1 に示す。Nb 無添加のものでは，粗大化した $M_{23}C_6$ および 0.1μ 以下の比較的細かい $M_{23}C_6$ が認められる。Nb 量が 0.1% のものではそれら以外に多数の微細な NbC の析出が認められる。一方，Nb 量が 1% のものでは Nb 量が 0.1% のものにくらべて， 0.1μ 以下の $M_{23}C_6$ はほとんど認められず，未固溶の NbC，粗大化した $M_{23}C_6$ が多く，微細な NbC は少なくなっている。Nb 量が 0.1% まで，Nb 量が増すにつれ強度が上昇するのは NbC の析出量が増すためと考えられる。一方，Nb 量が 0.1% を越えると強度が低下するのは Fig. 1 に示すように，Nb 量が 0.1% を越えると結晶粒が細くなり，粒界に析出する $M_{23}C_6$ 炭化物の量が増え，相対的に地に析出する NbC の量が減少するためと考えられる。

Table 1. Chemical composition (wt %)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	B	N	Nb/C
.0740	0.48	1.65	0.020	0.009	15.30	14.37	2.46	<.01	0.053	0.0032	-
.0760	0.50	1.75	0.024	0.010	14.93	14.81	2.54	0.04	0.059	0.044	0.53
.0740	0.48	1.77	0.025	0.011	15.02	14.82	2.57	0.08	0.076	0.037	1.08
.0710	0.51	1.73	0.025	0.009	14.87	14.82	2.55	0.19	0.064	0.041	2.56
.0680	0.52	1.73	0.025	0.010	14.92	14.76	2.52	0.50	0.072	0.033	7.32
.0740	0.50	1.75	0.025	0.009	14.93	14.73	2.52	0.01	0.045	0.040	13.65

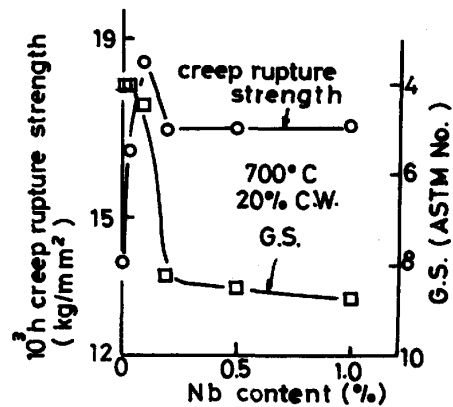
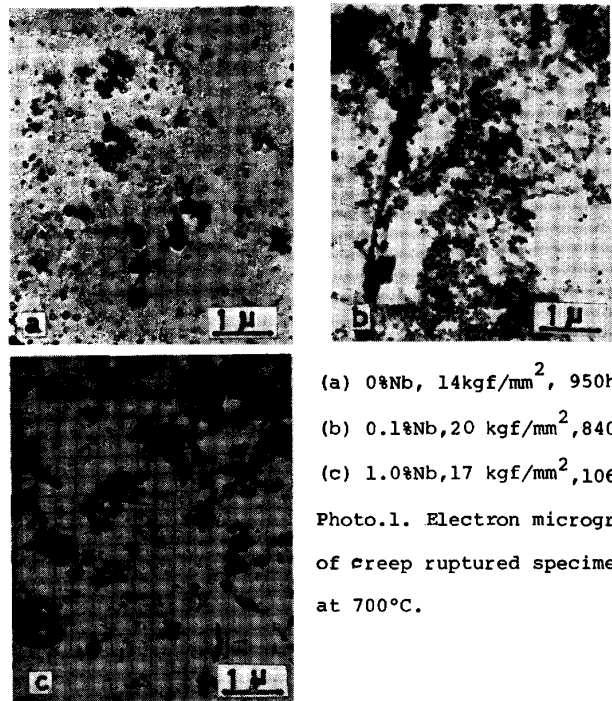


Fig. 1. Effect of Nb content on creep rupture strength



(a) 0%Nb, 14kgf/mm², 950h
(b) 0.1%Nb, 20 kgf/mm², 840h
(c) 1.0%Nb, 17 kgf/mm², 1062h

Photo. 1. Electron micrographs of creep ruptured specimens at 700°C.