

焼戻されても硬度があまり低下しない点から考えても、前述のクリープ破断強度が長時間において高くなることと一致している。

試料 S1~S6 のうちで高 C 量の S4~S6 は 1050~1200°C の焼入では δ フェライトは存在しないが、低 C 量の試料 S2 では少量の δ フェライトがでる。従つて 12% Cr 耐熱鋼の C 量が 0.15% 程度のときは、Cr 10.5~11.0%, Mo 0.8%, V 0.2%, Nb 0.2%, 以下にしないと δ フェライトがでる。しかし試料 S3 のように Co を 3% 程度添加したものは全く δ フェライトは存在しない。

IV. 結 言

12% Cr 耐熱鋼のクリープ破断強度におよぼす C, W および Co の影響をしらべたが、合金元素量が Mo 1.0%, V 0.15%, Nb 0.15% 程度では C 量が 0.16~0.24% 程度に変化してもあまりクリープ破断強度に影響をおよぼさないが、Cr 量が多くなると (11.5~12.0% 程度)、C 量が 0.15~0.16% 程度では δ フェライトがでるから注意しなければならない。W の複合添加は短時間のクリープ破断強度をかなり高めるが長時間のそれはあまり高めない。Co 3% 程度の添加は 700°C 附近の長時間のクリープ破断強度を高めるが、650°C のそれをかなり低下さす。しかし Co 添加は合金元素量を高め C 量を低めても δ フェライトが現われない利点がある。従つて 12% Cr 耐熱鋼としては 1.0~1.5% 程度の Co を添加して δ フェライトを消し、クリープ破断強度をそれ程悪くしないで最も良いものが得られる。

文 献

- 1) 藤田, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 597~599
- 2) 芥川, 藤田: 鉄と鋼, 42 (1956) 9, p. 766~768
- 3) 芥川, 藤田: 鉄と鋼, 43 (1957) 3, p. 320~322

669.14.018.85:669.15'26-194.3
 =620.172, 251.2:669.786

(159) 12% Cr 耐熱鋼の長時間クリープ破断強度におよぼす N の影響

東京大学工学部 工博 藤田 利夫

Effect of Nitrogen on Long Period Creep Rupture Strength of 12% Chromium Heat Resisting Steels. 63349

Dr. Toshio FUJITA.

I. 緒 言 1563~1565

12% Cr 耐熱鋼は 550~650°C 付近の 1000h 程度の

クリープ破断強度はすぐれているが、長時間のクリープ破断強度については英国の Jessop & Saville Company が H46 で 1~3 万 h 程度のものを発表しているに過ぎないので著者は 12%Cr 耐熱鋼で最もすぐれたクリープ破断強度を有する TAF 鋼について現在 3~4 万 h 程度のクリープ破断試験を行なつてはいるが、数年後には 10 万 h のクリープ破断強度を実際に求める予定である。

12% Cr 耐熱鋼の長時間のクリープ破断強度に著しい影響をもつものは N である。著者はさきに 12% Cr 耐熱鋼のクリープ破断強度におよぼす N および B の影響について報告したが本報は更に長時間のクリープ破断強度におよぼす N の影響について述べる。

II. 試 料

試料の化学組成は Table 1 に示す。試料 S1~S7 は高周波電気炉で 30 kg 大気溶解後 120mm 角の金型に鑄造しこれを 25mm の角棒に鍛造してクリープ破断試験片に供した。一方試料 S8 および S9 は 300 kg の高周波電気炉で大気溶解し更に真空アーク溶解炉で溶解したもので、この鋼塊を 25mm の角棒に鍛造してクリープ破断試験片に供した。また焼戻硬度測定および顕微鏡組織用試料には 10mm の角棒を使用した。

試料 S1~S4, S7~S9 は低炭素フェエクロムを使用して溶製したが、S5 および S6 は金属 Cr (N 含有量 0.5% 程度) を使用したため試料の N 量はかなり高くなつた。これらの試料の添加元素は TAF 鋼の標準の合金元素量と大体同じであるが、S6 だけは更に W を 0.34% 添加した。

III. 実験結果

(1) クリープ破断強度

試料は次の熱処理を行ない、550~700°C でクリープ破断試験を行なつた。

1150°C × 1/2 h → 油冷, 700°C × 1 h → 空冷

これらの結果から得られたクリープ破断強度を Table 2 に示す。

これらから 12% Cr 耐熱鋼の N 含有量が 0.03~0.05% で酸に可溶の N が 0.02% 程度あるものは 650°C~700°C の長時間のクリープ破断強度が著しく低下することがわかる。従つて 12% Cr 耐熱鋼を大気溶解する際、N 量をできるだけ少なくするように注意しなければならない。しかし N 量が少なくなると、500~600°C の 100~1000 h 程度のクリープ破断強度はかなり低くなるが、これはやむを得ないものと考えられる。

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel No.	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	W	B	Sol. N	Insol. N	Total N
S 1	0.21	0.50	0.80	11.16	1.29	0.17	0.29	—	0.026	0.0088	0.0212	0.0300
S 2	0.20	0.32	1.16	11.61	0.95	0.20	0.24	—	0.030	0.0090	0.0184	0.0274
S 3	0.19	0.43	0.60	10.86	0.83	0.20	0.25	—	0.040	0.0116	0.0057	0.0173
S 4	0.20	0.36	0.58	10.53	0.80	0.21	0.21	—	0.038	—	—	0.0151
S 5	0.16	0.27	0.31	11.88	0.92	0.22	0.22	—	0.030	0.0217	0.0261	0.0478
S 6	0.17	0.27	0.31	11.98	0.70	0.17	0.15	0.34	0.030	0.0244	0.0134	0.0378
S 7	0.17	0.26	0.30	11.16	0.77	0.15	0.29	—	0.040	0.0158	0.0086	0.0244
S 8	0.20	0.38	0.43	10.59	0.80	0.20	0.20	—	0.038	0.0119	0.0065	0.0184
S 9	0.18	0.47	0.62	10.95	0.80	0.15	0.21	—	0.025	0.0115	0.0064	0.0179

Table 2. Rupture strength of specimens. Each specimens are quenched from 1150°C and tempered at 700°C.

Steel No.	Rupture strength (kg/mm ²)											
	550°C			660°C			650°C			700°C		
	100h	1000h	10000h	100h	1000h	10000h	100h	1000h	10000h	100h	1000h	10000h
S 1	48.0	41.5	36.5	35.0	29.0	21.0	24.3	18.3	13.0	13.2	8.1	3.8
S 2	—	—	—	37.0	27.5	20.0	26.0	19.0	13.0	13.8	8.2	3.8
S 3	47.0	43.0	(38.0)	37.0	31.0	(19.5)	27.0	21.0	12.8	15.5	9.6	(2.5)
S 4	—	—	—	32.5	27.5	(22)	21.2	16.8	10.3	—	9.0	(2.5)
S 5	50.0	45.0	(40)	39.0	30.5	—	27.0	18.0	(4.0)	14.8	9.5	—
S 6	48.5	45.0	(40)	38.5	31.0	—	27.7	16.0	(5.0)	16.7	11.0	(1.0)
S 7	50.0	44.0	(38)	40.0	30.5	(15.0)	24.5	19.0	(5.5)	16.3	10.0	(1.0)
S 8	46.0	41.5	37.0	35.0	28.5	23.0	23.0	18.0	(12)	15.3	8.8	—
S 9	46.0	41.0	(37.0)	35.0	28.5	(23.0)	21.5	17.8	—	15.0	9.0	—

(): Extrapolated value.

(2) 真空アーク溶解材のクリープ破断強度

大気溶解材で最も長時間のクリープ破断強度がすぐれている試料 S1 と真空アーク溶解材 S8 および S9 の応力破断時間線図を示すと Fig. 1 のごとくなる。これらから真空アーク溶解材は長時間のクリープ破断強度および破断伸びともすぐれ、しかも大気溶解材のごとくクリープ破断強度のバラッキが少なく、安定したものが得られる。しかし真空アーク溶解材は常温の抗張力や、短時間のクリープ破断強度はかなり低下するが、蒸気タービンおよびガスタービンの動翼、翼車などに 12% Cr 耐熱鋼を使用するときは真空アーク溶解を行なうことが望ましいと考える。

(3) 長時間のクリープ破断強度および破断伸びにおよぼすNの影響

可溶性Nの少ない試料 S1 および S2 と比較的多い S5 および S7 の 550°C, 650°C におけるクリープ破断強度および破断伸びを比較すると Fig. 2 のごとくなる。すなわち、550°C ではNの含有量の多少にかかわらずクリープ破断強度はほとんど変わらないが 650°C では、N量の多いものが 1000h 程度から急激にクリープ破断強度が低下する。また 650°C の破断伸びもN量の多いものが大きく特にクリープ破断強度の低下する 1000h から 10000h にかけて破断伸びが増加する傾向にある。

(4) 長時間の焼戻硬度および顕微鏡組織におよぼすNの影響

各試料を 1150°C, 1/2h から油焼入したものを 550°C~700°C の各温度において 20000h まで焼戻を行なったときの代表的な硬度を

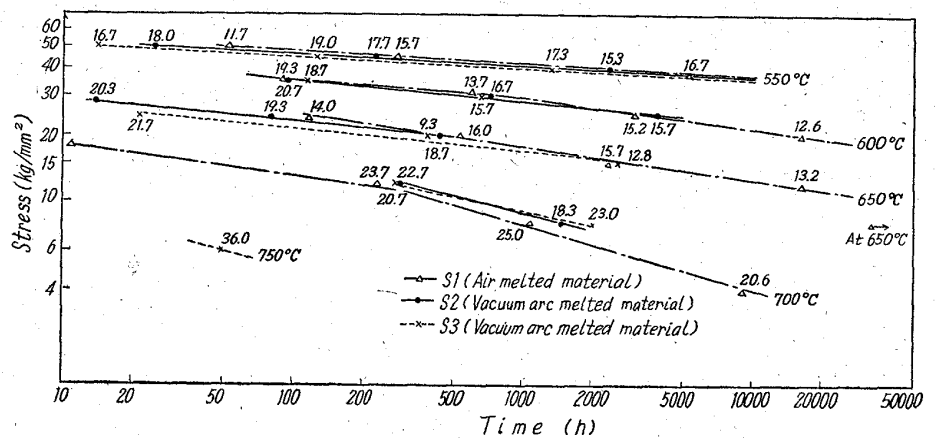


Fig. 1. Stress-rupture time curves of air melted material and vacuum arc melted materials. Each materials are quenched from 1150°C and tempered at 700°C.

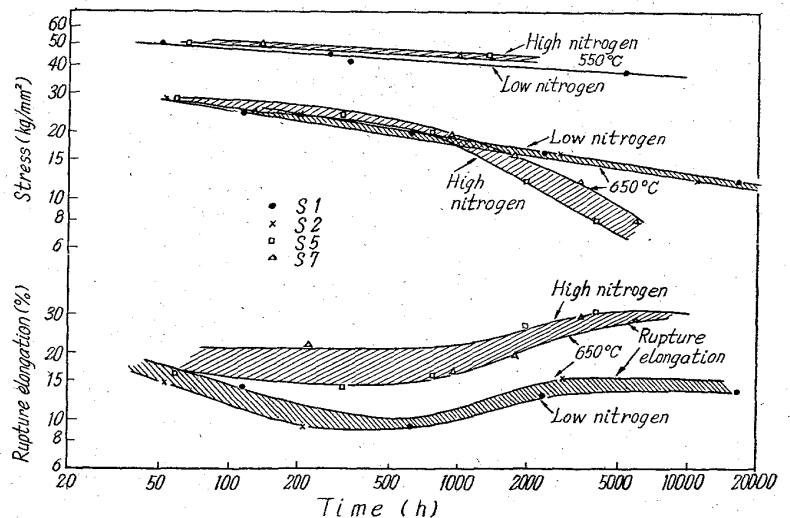


Fig. 2. Effect of nitrogen on rupture strength and rupture elongation of 12 percent chromium heat resisting steels.

Table 3. Tempering hardness of specimens. Each specimens are quenched from 1150°C and tempered at each temperatures.

Steel No.	Tempering hardness (H_V , 20 kg)											
	550°C			600°C			650°C			700°C		
	100h	1000h	10000h	100h	1000h	10000h	100h	1000h	10000h	100h	1000h	10000h
S 1	399	358	330	325	305	292	320	305	271	313	277	220
S 2	382	339	325	337	325	312	336	326	275	319	280	207
S 3	383	346	330	329	326	294	326	312	281	301	286	210
S 5	343	323	299	329	310	274	310	287	231	285	249	201
S 6	346	312	292	329	312	258	315	285	214	287	260	192
S 7	359	321	302	327	312	289	311	295	236	288	246	205

Table 3 に示す。

可溶性 N 量の多い試料 S5~S7 は 650°C の 1000h から 10000h までの硬度低下がいちじるしい。しかし可溶性 N 量の少ない試料 S1 および S2 は硬度の低下が比較的少ない。また 550°C では可溶性 N 量によつて焼戻硬度はあまり変らないから、前述のごとくクリープ破断強度も変らない。

本実験に使用した試料のうちで S5 および S6 以外は 1150°C から焼入したものはマルテンサイト組織のみで δ フェライトを含まないが、S5 および S6 は Cr が高くて C が低いため δ フェライトが 5~10% 程度含まれる。また N 含有量の多い試料で焼戻硬度がいちじるしく低下する温度範囲では焼戻中において炭化物の凝集が激しい。

IV. 結 言

12% Cr 耐熱鋼の長時間のクリープ破断強度におよぼす最も大きな元素は N であるが、この N のうちで酸に可溶性の N が特に悪い影響をもっている。従つて 12% Cr 耐熱鋼を溶製する場合には低炭素フェロクロム中の N 量 (特に酸に可溶性のもの) に注意すると共に、できれば真空アーク溶解法、真空誘導溶解法などを採用してできるだけ N 量を低くする方法をとるべきである。このようにすればクリープ破断強度のバラツキも少くなり、また長時間のクリープ破断強度も良くなる。

文 献

- 1) 芥川, 藤田: 鉄と鋼, 43 (1957) 3, p. 320~322

669.14.018.85=669.157267786-194.562621.785.371.01
(160) 高窒素 25%Cr オーステナイト耐熱鋼の高温特性におよぼす溶体化温度の影響 63350.

(高窒素 25%Cr オーステナイト耐熱鋼に関する研究-III) 1565~1587

東京工業大学

工博 岡本正三・工博○田中良平・深海隆恒

Effect of Solution Temperature on High-Temperature Characteristics of 25%Cr Austenitic Heat-Resisting Steels.

(Studies on high-nitrogen 25%Cr austenitic heat-resisting steels-III)

Dr. Masazō OKAMOTO, Dr. Ryōhei TANAKA and Takatune FUKAMI.

I. 緒 言

前報¹⁾において、25% Cr-28% Ni 耐熱鋼を高圧窒素中溶解法により溶製して高濃度の窒素を含有せしめると、常温の機械的性質は著しく向上するが、高温クリープ破断強度の増加はそれほど顕著でなく、N とともに Mo および Nb を添加してはじめてすぐれた抗クリープ性が得られることを報告した。これはこの種の高窒素鋼が組織的に不安定であつて、高温時効により容易に窒化物を析出するのに対し、Mo および Nb を添加するとそれ自身が素地の強化に役立つのみならず、窒化物の析出を著しく遅滞せしめるためと考えられる。しかしながら溶体化温度の高低によつて窒化物の固溶残存などの状況も変わり、またオーステナイト結晶粒度も変化して高温時効中の組織変化、ひいては抗クリープ性にも大きな影響があると考えられる。そこで本報では前報で使用した数

Table 1. Chemical composition of the steels used.

Mark	Meting condition		Chemical composition (%)							
	N ₂ pressure atm	Holding time mn	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Nb	Total N
0.05N	0.8	3	0.005	1.42	0.21	27.37	24.25	—	—	0.05
0.54N	10	30	0.02	1.41	0.20	27.70	24.43	—	—	0.540
2Mo-0.41N	10	30	0.005	1.25	0.16	27.81	23.11	1.90	tr	0.410
1Mo 1Nb-0.59N	10	30	0.005	1.39	0.12	28.43	24.10	1.03	0.79	0.594
2Nb-0.68N	10	30	0.004	1.41	0.15	27.69	24.95	0.09	1.84	0.675