

Fig. 4. Effects of Cr in the alloys containing Co+Cr=40% on the creep rupture life and elongation at 700°C.

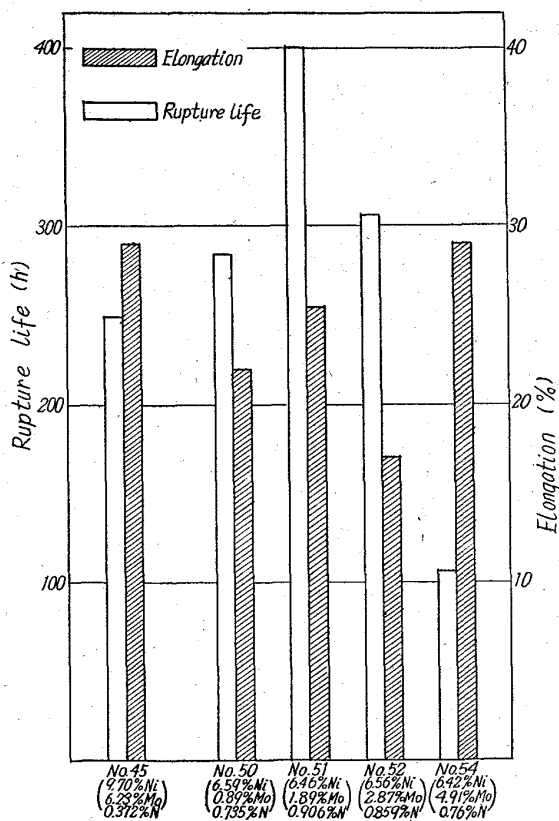


Fig. 5. Effects of Mo on the creep rupture life and elongation of alloys containing no Co at 700°C, 26 kg/mm².

く含んでも鍛造が容易であり、Ni, Mo 含量共に既報の合金に比べ少いため一層経済的であり、700°C のクリープ破断時間はすぐれたものである。

文 献

- 1) 依田, 吉田, 佐藤: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 166

669,14,018,85=669,15,26-194,3=620,173
 251,2=669,1784=669,27=669,25
 (158) 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 63348

東京大学工学部 工博 藤田利夫
 Effect of Carbon, Tungsten and Cobalt on Creep Rupture Strength of 12% Chromium heat Resisting Steels.

Dr. Toshio FUJITA.

I. 緒 言

12% Cr 耐熱鋼のクリープ破断強度を高めるためには 600~650°C 附近で焼戻軟化抵抗を最も大きくするように合金元素をできるだけ多く添加する必要があるが、合金元素を 1.5~2.0% 以上添加すれば δ フェライトが出てくる。従つてこの δ フェライトをなくするためには合金元素量 (Mo, W, V, Nb など) 及び Cr 量を低くするか、または C, Mn を高めるか、更に N, Ni, Co などを添加しなければならない。しかし Cr 量を低くすることは 600~650°C のクリープ破断強度を低下させるため約 10.5~11.0% 程度必要である¹⁾。C は 0.25% 以上添加すれば 600°C 以上では炭化物の凝集が盛んになり、また Ni, Mn などを 2~3% 添加すると 12% Cr 耐熱鋼の変態点をさげ 550~600°C のクリープ破断強度を低下させる²⁾。N の添加は 650~700°C のクリープ破断強度を低下させる³⁾。従つて残された元素としては Co だけでしかも、この Co は変態点をあまりさげないでかつ、δ フェライトを消す役割をはたすため、12% Cr 耐熱鋼にとっては非常に大切な元素である。

本報では 12% Cr 耐熱鋼のクリープ破断強度におよぼす C の影響を 0.15% 附近と 0.23% 附近で比較しさらに W, および Co 添加の影響をしらべたものである。

II. 試 料

試料は高周波電気炉で 20 kg 大気溶解後 100mm 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。また焼戻硬度測定および顕微鏡組織用試料にはさらに 10mm の角棒にまで鍛造して使用した。

Table 1 に試料の化学組成を示す。試料 S1~S3 は C 量が 0.15% 附近であり、S4~S6 は C 量が 0.23% 附近である。試料 S1 および S4 は TAF 鋼の C 量の上限、下限を目標にしたものである。試料 S2 および S5 はそれらに W を 0.25% 程度添加したものであり、試料 S3 および S6 はそれらにさらに Co を 3% 添加し、Mo 量も 1.5% にあげたものである。

III. 実験結果

- (1) クリープ破断強度におよぼす C 量の影響
 試料 S1~S6 について次のような熱処理を行ない、600~700°C でクリープ破断試験を行なった。
 1150°C×1/2h → 油冷, 700°C×1h → 空冷
 これらの試験結果から得られた 100, 1000, 10000 h のクリープ破断強度を示すと Table 2 に示すとくとなる。
 S1 および S4 を比較すると 0.15~0.24% 程度の C 量

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel No.	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Nb	W	Co	B
S 1	0.16	0.57	0.94	0.48	10.79	1.05	0.14	0.18	—	—	0.050
S 2	0.14	0.41	0.90	0.05	11.09	1.05	0.08	0.15	0.29	—	0.050
S 3	0.15	0.29	0.67	0.09	10.58	1.62	0.09	0.16	0.23	3.25	0.040
S 4	0.24	0.49	0.82	0.05	10.86	1.05	0.16	0.17	—	—	0.048
S 5	0.22	0.42	0.80	0.05	10.47	1.04	0.18	0.13	0.21	—	0.049
S 6	0.23	0.52	0.88	0.08	11.43	1.65	0.14	0.19	0.27	3.05	0.050

Table 2. Effect of carbon on rupture strength of 12% chromium heat resisting steels.

Steel No.	Rupture strength (kg/mm ²)				
	600°C		650°C		700°C
	1000h	100h	1000h	10000h	1000h
S 1	30.0	25.0	19.0	—	6
S 4	28.0	21.5	16.8	12.0	7.0
S 2	30.0	26.0	18.2	—	7.0
S 5	31.0	24.5	20.0	12.8	8.5
S 3	30.0	25.5	18.0	—	9.5
S 6	31.0	24.5	16.3	7.8	10.2

によりあまりクリープ破断強度の差はないが、C量を低くすることにより600°C附近のクリープ破断強度をやや高め、700°C附近では少し低くなる。S2およびS5の比較から、この程度の合金元素ではC量の多い方がクリープ破断強度がすぐれていることがわかる。Coを添加したS3およびS6は650°Cの長時間のクリープ破断強度を低下させるが、700°Cのそれをいちじるしく高める。

(2) クリープ破断強度におよぼす W および Co の影響

試料 S4~S6 に前述のクリープ破断試験と同じ熱処理、すなわち 1150°C×1/2h →油冷、700°C×1h →空冷を行ない、クリープ破断試験を行なった結果を Fig. 1 に示す。

これらの結果から 600°C では合金元素

量を多くすることによりクリープ破断強度が高くなる。650°C では Co を添加した試料 S6 が 1000h 程度からクリープ破断強度がいちじるしく低下するが、700°C では長時間のクリープ破断強度が高くなる。これは 700°C でクリープ試験を行なっているとき、Co が 3% 程度添加されていると、少しオーステナイトに変態をおこすものと考えられるが他の原因によるものかも知れない。

(3) 焼戻硬度および顕微鏡組織

試料 S1~S6 を 1150°C、1/2h から油焼入したものを 500~750°C の各温度で 1000h まで焼戻を行なったときの硬度を Table 3 に示す。

合金元素量が同じで、C量が多くなると焼戻硬度は一般に高くなるが、C量の異なる 12% Cr 耐熱鋼では焼戻硬度のみでクリープ破断強度を推定することは非常に危険である。

Co を添加した試料 S3 および S6 は 700~750°C に

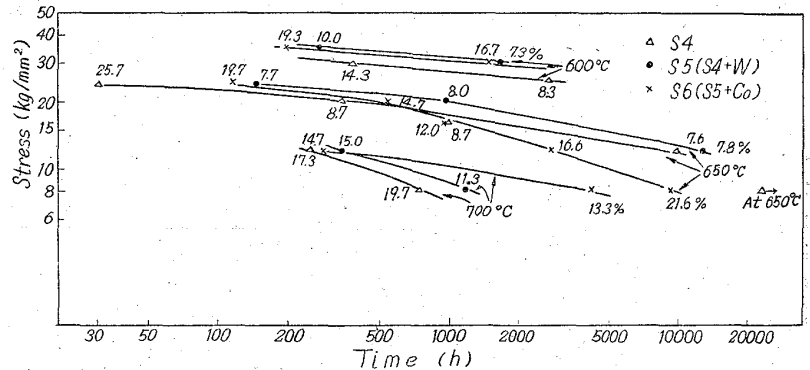


Fig. 1. Stress-rupture time curves of S4, S5 and S6. Effect of tungsten and cobalt on rupture strength of 12 percent chromium heat resisting steels.

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)														
	500°C			600°C			650°C			700°C			750°C		
	10h	100h	1000h	10h	100h	1000h	10h	100h	1000h	10h	100h	1000h	10h	100h	1000h
S 1	483	432	388	360	321	310	313	305	252	305	284	240	243	214	194
S 2	485	433	388	353	321	303	339	319	278	312	294	264	249	224	194
S 3	500	466	426	385	343	304	365	327	273	310	294	257	278	253	222
S 4	505	447	407	364	327	315	343	321	265	315	284	255	269	225	204
S 5	532	472	415	367	329	310	346	323	277	316	303	258	257	227	204
S 6	537	489	435	401	342	319	361	329	284	319	294	267	295	265	233

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