

Fig. 2. Amount of carbide, and W, Cr concentrations in the carbide in quenched structure.

1100°C より焼入することにより炭化物をオーステナイトに完全に固溶させた試料について、150~700°C 各1時間の焼戻実験を行った。

Table 3 はこの焼戻試料より分離した炭化物の X 線分析結果であつて、200°C 以下の焼戻によつて析出する炭化物は ϵ 、250~300°C においては $\epsilon + \theta$ 、350°C 以上にて θ 、700°C にて $\theta + \kappa$ が存在する。すなわち、焼戻温度の上昇とともに $\epsilon \rightarrow \theta \rightarrow \kappa$ なる炭化物反応が進行しておることが知られる。

炭化物の化学組成も、前報までに報告したと同様に、焼戻温度の上昇ともなつて変化する。Fig. 3 は 400~700°C の焼戻によつて析出した炭化物の W および Cr 濃度を示したものであつて、炭化物に対する Cr の濃集は 550°C 以上の焼戻によつて顕著となり、700°C においてはほぼ完結するが、W の濃集は極めて遅く、700°C の焼戻においてもなお焼鈍組織中の炭化物に比してその W 濃度が著しく低い。

III. 総 括

低 W-Cr 工具鋼 (1.03% C, 1.43% W, 0.91% Cr) の炭化物を電解分離法によつて研究し、つぎの結果を得た。

(1) 焼鈍組織中の炭化物は $(Fe, W, Cr)_{23}C_8$ (κ 相) と θ 相であつて、その W 濃度は焼鈍温度の上昇とともに

のこれら元素の分析値と全く一致しておるが、これは 900°C 以上では未溶解炭化物が存在しないためである。

Fig. 2 は 775°C に 20 mn~30 h 加熱後焼入れた試料中の未溶解炭化物の量 (wt. %) とその Cr ならびに W 濃度を示したもので加熱時間の経過とともに、未溶解炭化物の W 濃度が急激に増大しておる。

(3) 焼戻により析出する炭化物

著しく増加する。本鋼を過焼鈍すれば、焼入性が劣化するが、これは κ 相に対する W の異常なる濃集によるものと推察される。

(2) 200°C 以下の焼戻 (1 h) により析出する炭化物は、稠密六方晶の ϵ 炭化物であり、250~300°C においては $\epsilon + \theta$ 、350~650°C においては θ 、700°C においては $\theta + \kappa$ である。

また炭化物の Cr 濃度は 550°C より増加しはじめるが、W 濃度は 700°C にいたつて漸く顕著となる。

(3) 本鋼における炭化物の挙動の特性は、鋼中における W の易動度が異常に小さいことによつて説明される。

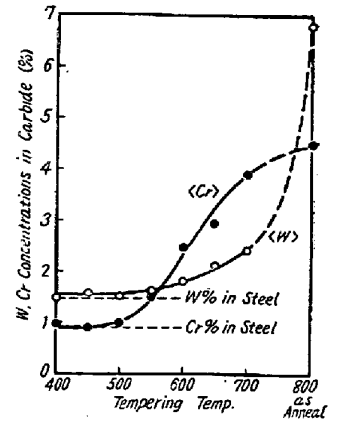


Fig. 3. W and Cr concentrations in carbide in tempered structure (quenched from 1100°C and tempered for 1 h)

(34) 12% Cr 耐熱鋼の研究 (I)

(合金元素のクリープ強さに及ぼす影響)

Studies on 12 Percent Chromium Heat-Resisting Steels. (I)

(Effect on Creep Strength of Alloy Elements)

T. Fujita, et alii.

東大教授 工博 芥川 武

東大講師 工〇藤田 利夫

東大大学院学生 工 清水 貞一

I. 緒 言

12% Cr 鋼に Mo, W, V, Nb, Ti, N, B, 等を同時に数種類添加したのに対し、570°C, 25 kg/mm², 620°C, 16 kg/mm², 650°C 12 kg/mm² (一部 8 kg/mm²) で 500h のクリープ試験をおこない、有効な合金元素およびその添加量を調べた。

この研究は現在知られている Jessop H46, Rex 448 より強力な 12% Cr 耐熱鋼を見出さんとしておこなつているものである。

Table 3. X-ray analysis of carbide isolated from tempered specimens.

Temper. temp.	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Carbide												
ϵ (H. C. P.)	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
θ (Orthorhombic)	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
κ (Cubic)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Table 1. Effect of alloy additions on creep resistance of 12 percent chromium steel.

Heat treatment. 1150°C×1/2h→A.C. 700°C×1h→A.C.

Steel No.	Chemical composition							570°C and 25 kg/mm ² in total strain %, at 500h	620°C and 16 kg/mm ² in total strain %, at 500 h	650°C and 12 kg/mm ² in total strain %, at 500 h
	C	Cr	W	Mo	V	Nb	Other elements			
K102	0.15	11.61	1.21	0.61	0.41	0.28	—	2.480	Rupture at 470h	Rupture at 112h
K103	0.18	11.45	1.23	0.72	0.48	0.24	—	0.833	1.630	6.340
K104	0.22	10.58	1.20	0.62	0.41	0.15	—	0.575	0.760	3.686
K105	0.29	10.28	1.15	0.69	0.42	0.19	—	0.965	3.990	Rupture at 272.2h
K106	0.41	10.76	1.21	0.64	0.44	0.18	—	2.930	Rupture at 445h	Rupture at 260.0h
K111	0.31	10.86	1.71	0.87	0.60	0.35	—	0.750	2.170	1.690*
K112	0.26	12.04	1.09	0.65	0.40	0.28	NO.07	0.525	0.583	2.620
K113	0.22	14.79	1.22	0.72	0.38	0.15	—	—	0.800	3.360
K121	0.19	12.11	0.47	0.58	0.33	0.21	Ti 0.12	—	Rupture at 15 h	Rupture at 12h
K122	0.16	12.05	0.58	0.47	0.20	0.26	Ti 0.12	Rupture at 240h	Rupture at 235h	Rupture at 115h
K131	0.34	10.05	1.79	0.83	0.65	0.38	Ni 3.17	Rupture at 69h	123.5 h	1.764*
K141	0.15	10.55	—	0.76	0.76	0.11	—	0.580	0.570	7.344
K142	0.14	10.67	—	0.80	0.74	0.13	Ti+B 0.09+0.003	0.475	0.440	2.020
K143	0.16	11.76	—	0.79	0.20	0.17	—	—	0.324	0.364
K151	0.31	10.49	1.75	1.35	—	0.67	—	0.636	1.936	1.229*
K152	0.33	10.22	1.63	1.41	0.37	0.26	—	0.626	1.845	0.894*
K153	0.32	10.48	1.61	0.50	0.60	0.29	—	1.240	3.640	1.406*

* 650°C and 8 kg/mm²

II. 実験結果

Table 1 は使用した試料の化学組成およびクリープ試験の結果を示す。試料は高周波電気炉にて 20 kg 溶解し、これを 30mmφ の丸棒に鍛造したものを使用した。

(1) C の影響

12% Cr 鋼に W 1.0%, Mo 0.6%, V 0.4%, Nb 0.2%, 添加し、これに C 量を 0.15% から 0.41% まで変化させた試料 (K102~K106) を使用して、クリープ試験をおこなった結果を図示すれば Fig. 1 のごとくなる。これによれば、試験温度が 570°C になれば C 量はそれ程クリープ強さに影響をおよぼさないが、試験温度が 650°C になればその影響がいちじるしくなる。しかも C 量が 0.22% 附近のところでクリープ強さが最大になっている。すなわち C 量は大体全合金元素量の 1/10 程度 (重量割合) のところで最もよいことになる。しかしこれは C 量ならびに合金元素量により多少ことなる。

(2) 合金元素量の影響

K105 と K111 を比較すると合金元素量が K111 の方が K105 の約 1.5 倍になっているが C 量が 0.3% 附近では、合金元素量が多い方がクリープ強さがかなりよくなっている。これは前述の合金元素量の 1/10 程度 (重量割合) の C 量で最もクリープ強さがよくなることと一致している。しかし 12% Cr 耐熱鋼においては、合金元素量を多くして C 量を多くすると析出物が過剰に出てくるためクリープ強さを高めることはできない。

(3) Cr の影響

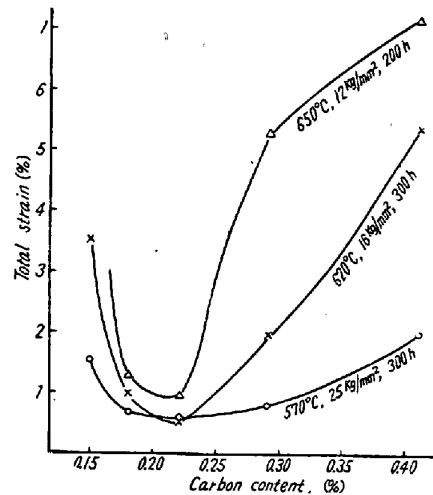


Fig. 1. Effect of carbon content in 12 percent chromium heat resisting steel. (base metal, 12% Cr, 1% W, 0.6% Mo, 0.4% V, 0.2% Nb)

K104 と K113 と比較すると、12% Cr 耐熱鋼においては 10~15% 程度の Cr 量はあまりクリープ強さに影響しないことがわかる。しかし Cr 量が多くなるにしたがいフェライトが出やすくなる。

(Ni) の影響

12% Cr 耐熱鋼に 3% 程度 Ni を添加することはクリープ強度をいちじるしく低下せしめる。したがって Ni の含有をできるだけ低くしなければならぬ。

(5) N の影響

12% Cr 耐熱鋼に 0.1% 程度の N を添加すると、600

°C~650°C 附近のクリープ強さはいちじるしく高くなる, これはN添加により窒化物の折出がおけると同時に地を強固にするものと考え。

(6) Ti の影響

■ K121, K122, を比較すると, C量が多少異なるが合金元素量は大体同じである。しかしクリープ強さはいちじるしく異なる。これはTiが地の中に固溶するか, または化合物として存在するかにより異なつたものと考え。単独にTiを12% Cr鋼に添加した場合において同じTiの添加量(0.36%と0.38%)でも, クリープ強さがいちじるしく異なつたことを考えると12% Cr耐熱鋼にTiを添加する場合は注意しなければならぬ。

(7) H46系における合金元素の影響

K141はJessop H46に相当する。これにTi+Bを添加したものがK142である。またJessop H46のVを0.7%から0.2%まで低下せしめたものがK143である。

これらを比較するとTi+Bの添加により650°C附近のクリープ強さをやや高めるがVを0.2%に低下せしめることがさらに有効である。これは前報¹⁾にのべたごとくV単独の影響から明らかである。

なお650°Cにおける代表的な12% Cr耐熱鋼のクリープ曲線を図示するとFig. 2のごとくなる。

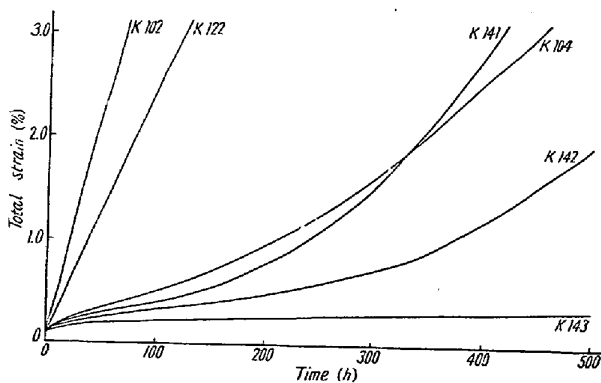


Fig. 2. Comparative creep curves at 650°C and 12 kg/mm².

(8) その他

K151, K152を比較するとNb 0.67%の代りにV 0.37%+Nb 0.26%添加してもクリープ強さにあまり影響しない。

またK152, K153はMoを減少させ, Vを増加させたものであるがこれによりK153のクリープ強さはかなり低くなつている。

III. 結 言

以上の実験結果を要約するとつぎのごとくである。

(1) 12% Cr耐熱鋼においてはC量がいちじるしく影響し, 大体全合金元素量の1/10程度(重量割合)のC量が最もよい。ただしこれはC量ならびに合金元素の種類により多少異なる。

(2) 12% Cr耐熱鋼においてはCr量によりあまりクリープ強さは変らないが, Niを3%程度添加するとクリープ強さはいちじるしく低くなる。

(3) Nを0.1%程度添加することは, いちじるしくクリープ強さを高める。一方Tiを0.1%程度添加する場合, Tiの存在する条件によりクリープ強さがいちじるしく異なる。

(4) Jessop H46に0.1% Ti+0.003%Bを添加すると650°Cのクリープ強さをやや高めるが, Vを0.2%程度まで低くすることによりさらにクリープ強さを高めることができる。

(5) 一般に12% Cr耐熱鋼においては全合金元素量を1.2%~1.5%程度におさえC量は0.15~0.18%程度にすれば最もクリープ強さの高いものが得られる。

本研究に際し試料の製造にあたられた日立製作所安来工場, ならびに試験片の加工に特別の御援助をあたえられた三菱日本重工横浜造船所に深く感謝する次第である。

文 献

1) 芥川 武: 他, 鉄と鋼, 41 (1955) 第9号 986

(35) 12% Cr耐熱鋼の研究(II)

(熱処理のクリープ強さに及ぼす影響)

Studies on 12 Percent Chromium Heat-Resisting Steels (II)

(Effect on Creep Strength of Heat Treatments)

T. Fujita, et alii.

東大教授 工博 芥川 武

東大講師 工〇藤田 利夫

東大大学院学生 工 堀口 浩

I. 緒 言

12% Cr耐熱鋼は熱処理によりクリープ強さはいちじるしく影響されることは前報¹⁾にのべた。そこで本報では焼入温度, 焼戻温度およびその時間を変えた熱処理をおこない2~3のクリープ試験(620°C, 16 kg/mm², または8 kg/mm², 500h)をおこなつた。これらは12% Cr耐熱鋼のクリープ強さに影響する諸因子の一つとして熱処理の効果を明らかにせんがためのものである。