

響を同一固溶化処理温度の試料につき見るに、その影響は僅かであるが固溶化処理の儘の試料は時効処理を施したものと比べて靱性は劣っている。而してこの効果は固溶化処理温度が高くなる程著しくなる。筆者等はクリープ破断試験中の時効硬化が著しい程クリープ抵抗は増大し、これに反し靱性が低下することを Timken 16-25-6 につき報告したが、本合金においても全く同一の現象が認められる。固溶化処理温度が高くなる程クリープ破断試験中の時効硬化が著しくなるため、時効処理による靱性向上は顕著となつたものと考えられる。

5. クリープ破断試験前後の硬度を比較すると、何れの条件でもクリープ破断試験中著しく硬化しており、クリープ抵抗の大なる試料は試験中の硬化量が大なることは明らかである。1225°C 以下の固溶化処理の場合、試験後の硬度は同一固溶化処理温度の試料では時効の有無に関せず大差ないが、1250°C の固溶化処理の場合には時効処理を行つた試料は固溶化処理の儘の試料より明らかに高い硬度を示している。かかる現象は高温固溶化処理による固溶体化にともなつたもので、クリープ破断試験前後の顕微鏡組織の観察と共にクリープ特性と関連づけられる。以上の観察により本合金の高温機械的強度は時効硬化に依存する所が少ないことが明らかである。

- 1) J. W. Freeman, et al. Super Creep-resistant Alloys, A.S.T.M. Symposium on Plasticity and Creep of Metals.
- 2) G. V. Smith: Properties of Metals at Elevated Temperatures
- 3) C. L. Clark: High Temperature Alloys
- 4) 長谷川等: "Timken 16-25-6 の高温機械的性質に関する研究 (II)" 昭和 30 年本会第49回講演会講演

(43) 12% Cr 鋼のクリープ特性に及ぼす合金元素及び熱処理の影響

(Effect of Alloying Elements and Heat Treatments on Creep Property of 12 percent Chromium Steels)

Takeshi Akutagawa, et alii.

東大教授 工博 ○芥川 武
 〃 講師 工藤 田利夫
 商船大学助教授 竹村 数男

I. 緒言

12% Cr 耐熱鋼は Ni, Co を含まずに 600°C 付近までは高いクリープ強さを有する。従つて蒸気タービンおよび排気タービン翼, ジェットエンジン, ガスタービン翼車材料等として重要視されるべきものと考えられるので著者等は 12% Cr 鋼に各種の元素 (Mo, W, V, Cb, Ti 等) を単独に添加して、そのクリープ強さにおよぼす影響および熱処理によるクリープ強さの変化を調べた。

II. 試料及びその熱処理

使用した試料の化学成分は Table 1 に示す。

試料は高周波電気炉にて溶解し、30 kg 鋼塊を約 30 mmφ に鍛造したものから作つた。

クリープ試験片の熱処理は次の 2 種類である。

A 熱処理 1150°C × ½h → O.Q.

680°C × 1h → A.C.

B 熱処理 1000°C × ½h → O.Q.

680°C × 1h → A.C.

III. 試験法

著者等の完成した長時間クリープ試験機を用いて 620°C 4 kg/mm² の一定条件で 500h のクリープ試験を行つた。

この装置の精度は次の如くである。

- (1) 試験機の荷重精度 試験荷重の 0.2% 以内
- (2) 伸び測定精度 1μ (試験片の標点距離 50 mm に対し 0.002%)
- (3) 温度調節精度 620°C ± 0.5°C 以内
- (4) 試験片の上, 中, 下の温度差 1°C 以内
- (5) 温度測定精度 0.1°C

なお本装置は上記の精度で連続 10,000h 以上の長時間クリープ試験を行うことができる。

IV. 実験結果

前述の試料につきクリープ試験を行つた結果を図示すると Fig. 1, Fig. 2 の如くなる。Fig. 1 は熱処理 A, Fig. 2 は熱処理 B のクリープ曲線である。

(1) Mo 添加の場合

Mo を添加した 12% Cr 鋼は焼入温度を高くすることにより、クリープ歪を小さくすることができる。また 1000°C から焼入した B 熱処理では Mo が 1.25% 程度になると、かえつて 0.79% Mo のものよりクリープしやすい。これは完全に Mo 炭化物が固溶していないためと考えられる。

(2) Cb 添加の場合

Table 1. Chemical composition of 12 percent chromium steel specimens

Sample name	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cb	W	V	Ti
Mo 1	0.17	0.54	0.52	0.023	0.012	0.45	11.64	0.08	—	—	—	—
Mo 2	0.16	0.50	0.59	0.019	0.006	0.33	11.82	0.43	—	—	—	—
Mo 3	0.18	0.19	0.24	0.019	0.024	0.22	11.82	0.79	—	—	—	—
Mo 4	0.17	0.52	0.59	0.021	0.020	0.32	12.03	1.25	—	—	—	—
Cb 1	0.17	0.58	0.53	0.015	0.016	0.31	11.73	—	0.261	—	—	—
Cb 2	0.18	0.55	0.56	0.014	0.010	0.29	12.03	—	0.684	—	—	—
Cb 3	0.18	0.59	0.47	0.013	0.009	0.27	12.36	—	1.389	—	—	—
W-1	0.16	0.40	0.50	0.022	0.014	0.19	11.58	—	—	0.36	—	—
W-2	0.18	0.40	0.53	0.022	0.018	0.19	11.58	—	—	0.82	—	—
W-3	0.20	0.50	0.56	0.023	0.017	0.18	11.52	—	—	1.74	—	—
V-1	0.20	0.33	0.43	0.025	0.014	0.42	11.92	—	—	—	0.32	—
V-2	0.20	0.49	0.76	0.030	0.008	0.24	11.37	—	—	—	0.46	—
V-3	0.20	0.43	0.54	0.028	0.012	0.42	12.03	—	—	—	1.02	—
Ti 1	0.15	0.44	0.62	0.021	0.015	0.21	11.79	—	—	—	—	0.21
Ti 2	0.15	0.42	0.62	0.021	0.019	0.19	11.61	—	—	—	—	0.36
Ti 3	0.15	0.74	0.72	0.023	0.016	0.19	11.64	—	—	—	—	0.38
Ti 4	0.16	0.38	0.66	0.015	0.019	0.18	11.85	—	—	—	—	0.65

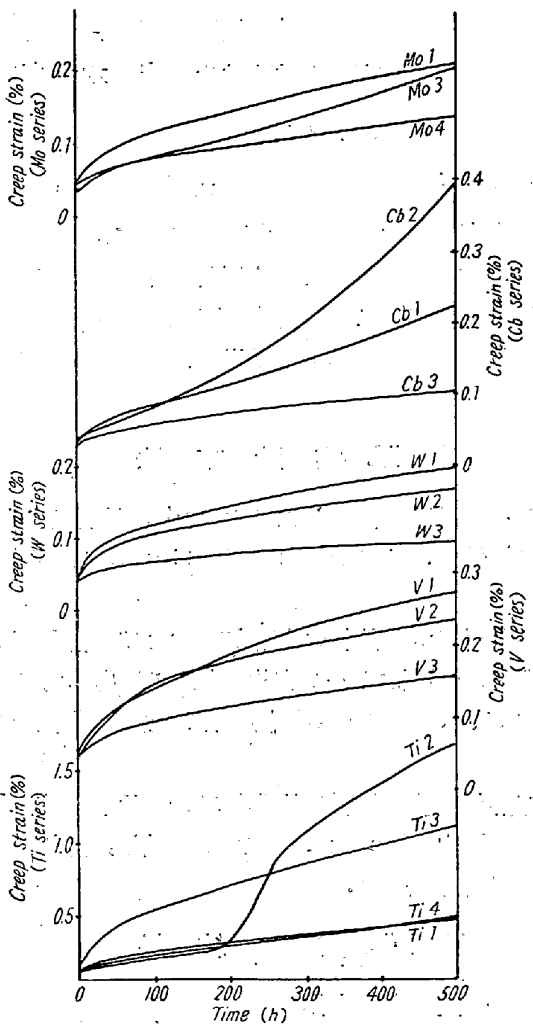


Fig. 1. Creep curve (Heat Treatment A)

Mo の場合と同様に焼入温度を高くすることによりクリープ強さを大きくすることができる。焼入温度の低い B 熱処理では Cb 量を増加してもあまり有効でなく Cb

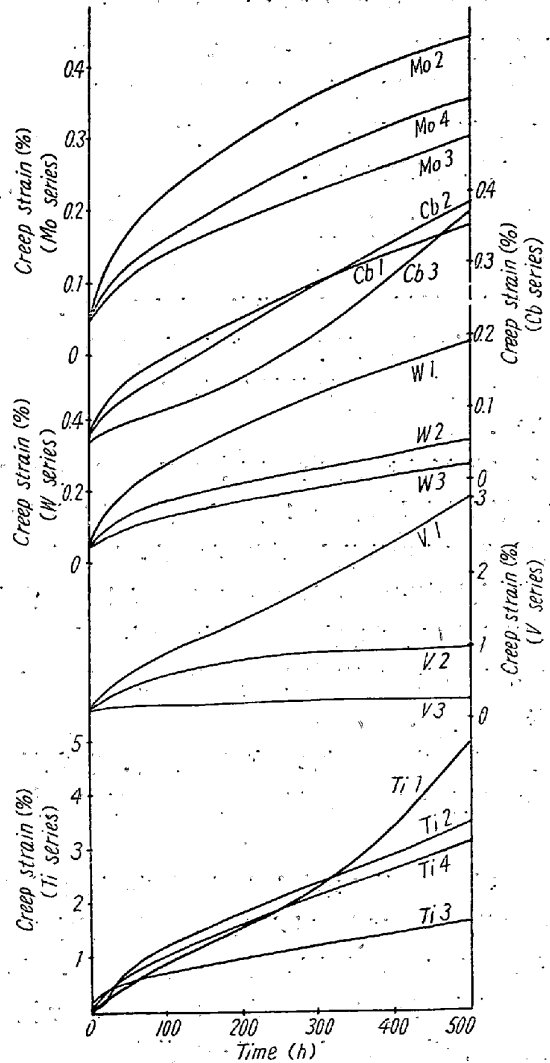


Fig. 2. Creep curve (Heat treatment B)

1.39% のときは、かえってクリープ強さは低下している。

(3) W 添加の場合

焼入温度の影響については Mo, Cb と同様の結論となるが、この場合は添加元素を 1.74% まで増加してもクリープ強さは添加量に比例して大きくなっている。

(4) V 添加の場合

V は焼入温度の上昇によりクリープ強さの改善の効果が特に著しい。従つて V を含有するものは完全にその炭化物を固溶させるような熱処理を行わなければならない。

(5) Ti 添加の場合

Ti を添加したものは焼入温度の低い B 熱処理ではクリープ強さが良くなるが、本実験に用いた添加量では特に有効な元素とは考えられない。

また Ti を 0.35% 添加したものは A 熱処理において 200h 頃から急激にクリープ速度が上昇し、250h 頃からややクリープ速度が減少している。これと同じ現象は 2 回焼入 ($1150^{\circ}\text{C} \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{A.C.}$ $1060^{\circ}\text{C} \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{O.Q.}$ $680^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow \text{A.C.}$) を行つたものにも 160h 頃からおこる。この現象は一般に焼入温度が高くなるにつれ長時間側に移動する傾向にある。

V. 結 言

以上の実験結果から次の諸点が結論される。

(1) 焼入温度の高いものは (熱処理 A) 焼入温度の低いもの (熱処理 B) に比較して、クリープ歪みが一般に小さい。

(2) Ti, V 等を加えた場合、焼入温度が低いと、多量の未溶解炭化物のため 12% Cr 鋼に比しかえつてクリープしやすくなることが認められる。即ち合金元素の影響は焼入温度において、オーステナイトに炭化物等が固溶するときに最も有効で未溶解炭化物が残り、またはフェライトが生ずる等の因子によつて悪影響を受けるものと考えられる。

(3) Mo, W を単独に添加した場合、添加量の増加に応じて大体クリープに対し、良好な結果を示している。

(4) Cb を単独に増加した場合添加量が増加してもクリープ強さはあまり向上しない。これは次報に述べる如く δ フェライトの生成したためと思われる。若し成分熱処理を適当に選んで焼入温度において単一 γ 相となる如き状態を保ち得たならばクリープ強さの増大には、一層明瞭な影響を示すことができるものと考えられる。

(5) Ti を 0.36% 添加したものはクリープ速度の急激に上昇する点があり焼入温度が高くなるにつれ、長

時間側に移動する。

本研究は主として通産省鉦工業研究補助金によつたものであり、この補助金を受けてクリープ試験機の製造に当られた三菱日本重工業横浜造船所並びに試料の製造に特別の援助をあたえられた日立製作所安来工場に深く感謝する次第である。

(44) 12% Cr 系耐熱鋼のクリープ強度及び組織の関係

(Relation between Creep Strength-hardness and Microstructure of 12 Percent Chromium Heat Resisting-Steels)

Toshio Fujita, et alii

東大講師 ○藤 田 利 夫
商船大学助教授 竹 村 数 男
東大大学院学生 清 水 貞 一

I. 緒 言

前報のクリープ試験と同じ条件で 500h の焼戻を行いその硬度変化および顕微鏡組織を調べた。これは 12% Cr 系耐熱鋼のクリープ速度と焼戻硬度の変化と何等かの関係があるか、また焼戻後の硬度がクリープ歪と或る一定の関係があるか否かを見出すために行つたものである。

II. 実 験 方 法

クリープ試験に使用した 30mm ϕ の棒材を 10mm 角の棒に鍛造し、これから 10 \times 10 \times 10mm の試料を作つた。

この試料につき前報の A 熱処理および B 熱処理を行つたのち 620 $^{\circ}\text{C}$ (クリープ試験温度) で 5, 10, 25, 50, 100, 200, 300, 500h 焼戻を行い硬度の変化をしらべた。

一方熱処理後の組織は塩化第二鉄の塩酸溶液 (FeCl_2 10gr 濃 HCl 30cc 水 120cc) で腐蝕し、熱処理、添加元素の影響を調べた。

III. 実 験 結 果

(1) 焼戻硬度の変化

上述の試料を 620 $^{\circ}\text{C}$ で 500h 焼戻した時の硬度変化を Fig. 1, Fig. 2 に示す。Fig. 1 は A 熱処理の場合を示し、Fig. 2 は B 熱処理の場合を示す。これから 500h の焼戻前後の硬度は焼入温度が高い