

°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こると同時に地を強固にするものと考えられる。

(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られる。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。

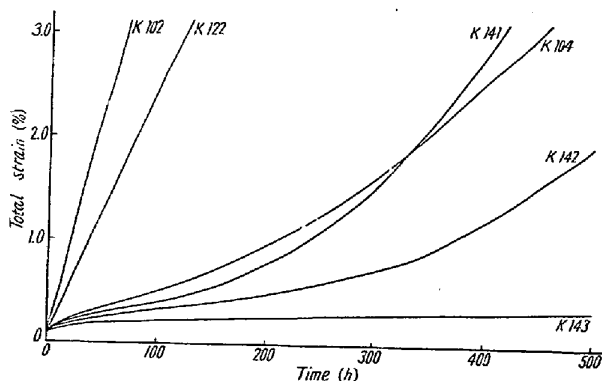


Fig. 2. Comparative creep curves at 650°C and 12 kg/mm².

(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わらないが, 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。

II. 実験結果

試料は第 1 報の Table 1 に示したものを使用した。

(1) 焼入温度の影響

K141, K142, K143 の 3 種類の試料を選び、つきのごとき熱処理をほどこし、クリープ試験 (620°C, 8 kg/mm², 500h) をおこなった。

焼入処理, 1000°C, 1100°C, 1150°C, 1200°C,
1250°C × 1/2h → O.Q.

焼戻処理, 680°C × 1h → A.C.

Fig. 1 にこの実験結果を示す。これによれば 12% Cr 耐熱鋼では 1150°C 以上から焼入をおこなうことによりクリープ強さをいちじるしく高めることができる。焼入温度 1000°C の場合は炭化物の固溶が十分でないためクリープ強さが低いが 1100°C になれば炭化物の固溶が、かなり十分におこなわれ、クリープ強さもよくなる。一方 1200°C ~ 1250°C から焼入したものは炭化物の固溶が十分に進行しているが、 δ フェライトが多少出てくるためあまりクリープ強さはよくなる。

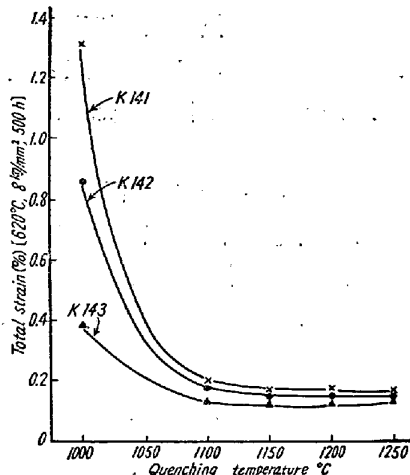


Fig. 1. Effect on creep strength of quenching temperature.

また K104, K105, K106 について同様の実験をおこなったが C 量の多い K105, K106 は焼入温度が上昇するにしたがいクリープ強さはよくなる。これは C 量が多いと炭化物の固溶が進行しがたいことと、 δ フェライトが焼入温度の上昇により出現しがたいためと考える。

(図表省略)

その他 K111, K112, K131, K151, K152, K153, 等について同様の実験をおこなった結果から 0.3% 程度の C 量では焼入温度を高くすることによりクリープ強さをいちじるしく高めることができる。また Nb, Ti 等を添加したものは焼入温度を上昇させることによりクリープ強さはかなりよくなる。(図表省略)

(2) 焼入時間の影響

K151 を試料として、つぎの 2 種類の熱処理をほどこしたのに対しクリープ試験 (620°C, 16 kg/mm², 500h) をおこなった。

熱処理 I { 1150°C × 1/2h → A.C.
700°C × 1h → A.C.

熱処理 II { 1150°C × 1h → A.C.
700°C × 1h → A.C.

Fig. 2 にこの実験結果を示す。すなわち焼入時間を 1/2h から 1h にすることによりクリープ強さをかなり高めることができる。これは焼入時間が長くなるにしたがい炭化物の固溶が十分おこなわれるためである。

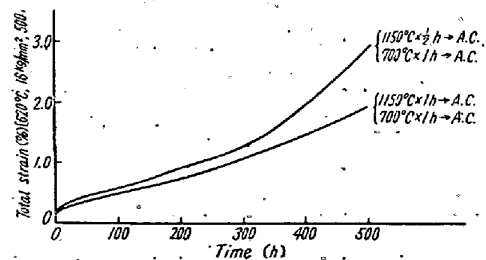


Fig. 2. Effect on creep strength of time of quenching temperature. [Specimen 151]

(3) 焼戻時間および焼戻温度の影響

試料 K104 につきつぎの 3 種類の熱処理をほどこしたのに対し、クリープ試験 (620°C 16 kg/mm², 500h) をおこなって焼戻時間、焼戻温度のクリープ強さにおよぼす影響を調べた。

熱処理 I { 1150°C × 1/2h → A.C.
700°C × 1h → A.C.

熱処理 II { 1150°C × 1/2h → A.C.
650°C × 20h → A.C.

熱処理 III { 1150°C × 1/2h → A.C.
650°C × 1h → A.C.

Fig. 3 にこの実験結果を示す。これから焼戻温度を 650°C から 700°C にすることにより、かなりクリープ

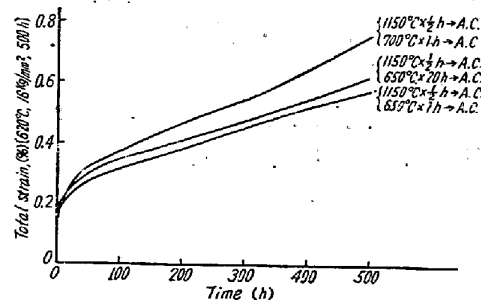


Fig. 3. Effect on creep strength of tempering temperature and tempering time. [Specimen K104]

強さは低下することがわかる。したがって 12% Cr 耐熱鋼は 650°C 附近の焼戻が適当である。一方 650°C で 20h 焼戻をおこなったものは 700°C で 1h 焼戻をおこなったものよりクリープ強さがよい。

(4) 焼戻処理の影響

試料 K106 につき 2種類の熱処理をほどこしたものに對し、クリープ試験 (620°C, 16 kg/mm², 500h) をおこなった。(図表省略)

熱処理 I $\left\{ \begin{array}{l} 1150^\circ\text{C} \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \\ 700^\circ\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \\ 620^\circ\text{C} \times 20\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \end{array} \right.$

熱処理 II $\left\{ \begin{array}{l} 1150^\circ\text{C} \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \\ 700^\circ\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \\ 650^\circ\text{C} \times 20\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \end{array} \right.$

熱処理 I は 700°C で 1h 焼戻したものをクリープ試験温度で 20h 焼戻をおこなったもので、熱処理 II は 700°C で 1h 焼戻したものを 650°C で 20h 焼戻をおこなったものである。

この結果から熱処理 II の方がクリープ強さはよいがこれは異なる温度で焼戻をおこなったため、異なった折出物が混在するためにクリープ強さが高くなるものと考えられる。

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 耐熱鋼の焼入温度は 1150°C~1200°C が最も適当と考える。しかし 0.3~0.4% の Nb, Ti を含有するものは 1200°C~1250°C から焼入することが必要である。

(2) 焼入時間は δ フェライトの出やすいものは 1150°C で 1h, δ フェライトの出がたいものは 1200°C で $\frac{1}{2}$ h 程度が適当である。

(3) 焼入は油冷または空冷をおこなうべきで、水冷は焼割をおこしやすい。また C 量の高い試料 (0.25% C 以上) は油冷でも焼割を生ずる。

(4) 焼戻温度は 650°C 附近が最もよく 700°C 以上の焼戻はクリープ強さをいちじるしく低下せしめる。

(5) 焼戻時間は 650°C なら 2~3h, 680°C~700°C なら 1h 程度がよい。

(6) 2段の焼戻処理 (700°C×1h→A.C. 650°C×20h→A.C.) は 620°C のクリープ強さをかなり高める。

文 献

1) 芥川 武: 他, 鉄と鋼, 41 (1955) 第9号, 986

(36) 12% Cr 耐熱鋼の研究 (III)

(合金元素の焼戻硬度及び組織に及ぼす影響)

Studies on 12 percent Chromium Heat-Resisting Steels (III)

(Effect on Tempering Hardness and Micro Structure of Alloy Elements)

T. Fjita, et alii.

東大教授 工博 芥川 武

東大講師 O工 藤田 利夫

東大大学院学生 工 清水 貞一

I. 緒 言

前報¹⁾において 12% Cr 鋼に単独に Mo, W, V, Nb, Ti 等を添加したのものについて各種の焼戻処理をおこない、それらの硬度、組織を調べ一定 C 量では焼戻硬度の高いもの程、クリープ強さが高いことをのべた。本報では 12% Cr 鋼に Mo, W, V, Nb, Ti, B 等を同時に数種類添加したのものに對し各種の焼戻処理をほどこし、それらの硬度、組織を調べた。

これはクリープ強さと焼戻硬度、組織との関係を知つたり、またクリープ試験をおこない温度で焼戻をおこなつて、大体のクリープ強さの傾向を知るためのものである。

II. 実験結果

(1) 焼入温度、焼戻温度の硬度におよぼす影響

Table 1 に示すごとき化学組織を有する 12% Cr 耐熱鋼につきつぎの処理をおこない、焼戻硬度および組織を調べた。

熱処理 I (焼戻温度の影響) $\left\{ \begin{array}{l} 1150^\circ \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \\ 550^\circ\text{C}, 600^\circ\text{C}, 650^\circ\text{C}, 700^\circ\text{C}, 750^\circ\text{C} \\ \times 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, \\ 1000\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \end{array} \right.$

熱処理 II (焼入温度の影響) $\left\{ \begin{array}{l} 1050, 1150, 1250^\circ\text{C} \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \\ 650^\circ\text{C} \times 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250, \\ 500, 1000\text{h} \rightarrow \text{A.C.} \end{array} \right.$

これらの実験結果の一部を Table 1 に示す。

(i) C の影響

K101~K106 の焼戻硬度は C 量が増加するにしたがつて高くなるが、クリープ強さは C 量が 0.22% のところで最もよくなっている点から考えて焼戻硬度のみではクリープ強さを推定することはできない。しかし組織を見れば 0.15%~0.18% C では δ フェライトが出て、0.22% C では δ フェライトが出ず、折出物が一樣に細かく分布している。さらに C 量が 0.29~0.41% になると過剰の折出物が出てくる点を考えれば大体のクリープ強さの傾向は推定できる。C 量と焼戻硬度全歪との関係を Fig. 1 に示す。