

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。

Table 1. Chemical composition and tempering hardness.

Steel No.	Chemical composition							1150°C × ½h → A.C.	
	C	Cr	W	Mo	V	Nb	Other elements	As quench	550°C × 1000 h
K100	0.12	12.0	—	—	—	—	—	438	222
K101	0.12	12.00	1.00	0.66	0.42	0.15	—	315	282
K102	0.15	11.61	1.21	0.61	0.41	0.28	—	383	—
K103	0.18	11.45	1.23	0.72	0.48	0.24	—	412	—
K104	0.22	10.58	1.20	0.62	0.41	0.15	—	507	300
K105	0.29	10.28	1.15	0.69	0.42	0.19	—	566	314
K106	0.41	10.76	1.21	0.64	0.44	0.18	—	642	325
K111	0.31	10.86	17.1	0.87	0.60	0.37	—	553	331
K112	0.26	12.04	1.09	0.65	0.40	0.28	N 0.07	608	335
K113	0.24	10.50	1.07	0.70	0.47	0.12	—	531	342
K114	0.22	14.80	1.22	0.72	0.38	0.15	—	409	290
K121	0.34	10.05	1.79	0.83	0.65	0.38	Ni 3.17	553	299
K122	0.40	10.47	1.06	0.76	0.44	0.20	Ni 3.02	571	305
K123	0.38	10.74	1.53	1.05	0.58	0.12	Ni 3.04	544	331
K131	0.19	12.11	0.47	0.58	0.33	0.21	Ti 0.12	434	—
K132	0.16	12.05	0.58	0.47	0.20	0.26	Ti 0.12	423	—
K133	0.12	12.00	1.06	0.80	0.45	0.17	Ti 0.18	310	273
K141	0.15	10.55	—	0.76	0.76	0.11	—	481	304
K142	0.14	10.67	—	0.80	0.74	0.13	Ti+B 0.09+0.003	517	305
K143	0.16	11.76	—	0.79	0.20	0.17	—	544	329
K151	0.31	10.49	1.75	1.35	—	0.67	—	562	335
K152	0.33	10.22	1.63	1.41	0.37	0.26	—	628	353
K153	0.32	10.48	1.61	0.50	0.60	0.29	—	603	337

	1150°C × ½h → A.C.				1050°C × ½h → A.C.	1150°C × ½h → A.C.	1250°C × ½h → A.C.
	600°C × 1000 h	650°C × 1000 h	700°C × 1000 h	750°C × 1000 h	650°C × 1000 h	650°C × 1000 h	650°C × 1000 h
K100	217	186	179	198	196	186	191
K101	278	241	201	179	243	241	242
K102	259	240	220	201	238	240	237
K103	274	254	223	195	283	254	245
K104	293	253	227	199	246	253	265
K105	298	261	240	197	261	261	274
K106	309	279	265	205	275	279	287
K111	306	264	250	213	273	264	265
K112	318	279	241	209	298	279	272
K113	328	280	254	230	279	280	289
K114	285	270	231	202	219	270	273
K121	295	286	280	335	288	286	283
K122	295	282	268	347	288	282	280
K123	307	278	273	343	283	278	275
K131	244	223	201	189	220	223	224
K132	258	224	208	192	246	224	231
K133	257	232	203	193	263	232	235
K141	280	238	195	189	236	238	241
K142	281	235	197	185	236	235	241
K143	317	278	233	212	278	278	296
K151	317	268	244	192	269	268	279
K152	323	284	258	206	288	284	281
K153	306	268	248	212	273	268	268

(ii) 添加量の影響

K111 と K105 を比較すれば約 0.3% C 量では全合金元素量が 2% 程度より 3% 程度の方が焼戻硬度が高くなる。一方クリープ強さもかなり良くなっている。

(iii) N の影響

12% Cr 耐熱鋼に N を添加すると焼戻硬度をかなり

高くしている。クリープ強さも N を添加することによりいちじるしく高くなる。

(iv) Ni の影響

Ni を約 3% 添加したものは 550°C~600°C 附近の焼戻硬度がかなり低くなる上に、変態点がいちじるしく低下する。また焼入の時も残留オーステナイトが地に出

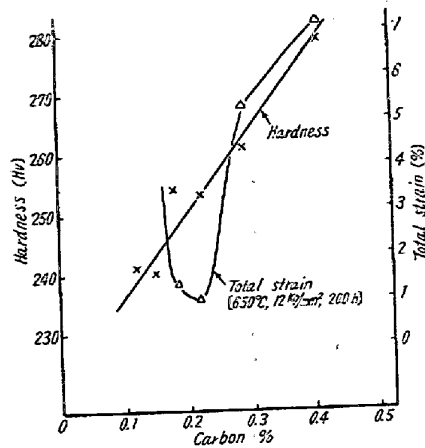


Fig. 1. Relation between tempering hardness, total strain and carbon content on 12 percent chromium heat resisting steel.

てくる。したがって Ni を 2~3% 程度添加することは絶対にさげなければならぬ。

(v) Cr の影響

Cr 量が 10% から 15% 程度まで増加すると、 δ フェライトが出やすくなり、多少焼戻硬度が低下する。

(vi) Ti の影響

Ti を添加すると多少焼戻硬度を低くするが、クリープ強さはあまり変化しない。Ti を添加した場合焼戻硬度が大体同じでも、クリープ強さはかなり変化することは注意しなければならぬ。

(vii) H46 系における合金元素の影響

K141 (Jessop H46 に相当) に 0.1% Ti + 0.003% B を添加しても焼戻硬度はあまり変化しないが 650°C 附近のクリープ強さはかなりよくなる。

K141 の V を 0.2% にした K143 は、K141 よりかなり焼戻硬度が高くなり、クリープ強さも非常によくなっている。

(viii) その他

K151~K153 のごとき合金元素量の変化では焼戻硬度にあまり変化はないが Nb の添加が多くなると、焼戻硬度はやや低下する。

(2) 焼戻硬度とクリープ歪との関係

Fig. 2 を 620°C, 16 kg/mm², 500h のクリープ歪と 620°C, 500h の焼戻硬度との関係を示す。これにより C 量が 0.14~0.18% 程度と 0.26~0.33% 程度の 12% Cr 耐熱鋼においては焼戻硬度が同一でもクリープ歪はいちじるしく異なることがわかる。したがって一定 C 量の 12% 耐熱鋼でない限り焼戻硬度によりクリープ強さを推定することはできない。

III. 結 言

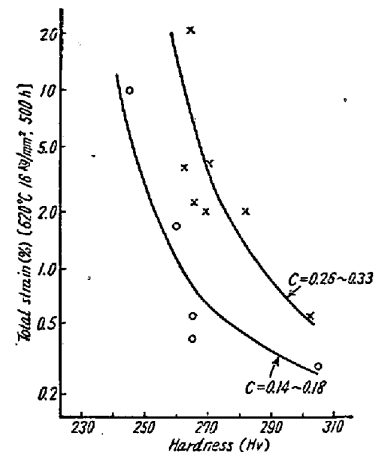


Fig. 2. Relation between total strain and tempering hardness on 12 percent chromium heat resisting steel.

以上の実験結果を要約するとつぎのごとくなる。

(1) 一定 C 量の 12% Cr 耐熱鋼においては焼戻硬度により、大体のクリープ強さを推定することができる。

(2) C 量が異なつた 12% Cr 耐熱鋼では組織を調べることにより、かなりの程度までクリープ強さを推定することができる。

(3) δ フェライトおよび残留オーステナイトが出てくる組織はクリープ強さはいちじるしく低くなる。すなわち Ni および δ フェライトを出やすくなる合金元素 (Ti, Nb 等) はできるだけ低くする必要がある。

(4) 0.1% 程度の N を添加することにより焼戻硬度をかなり高くすることができる。また Cr 量が 10% から 15% 程度まで増加すると多少焼戻硬度は低くなる。

(5) 12% Cr 耐熱鋼に Ti を添加する場合、添加量が同一で、焼戻硬度に変化がない場合でもクリープ強さが、いちじるしく異なることがある。

(6) H46 に Ti+B を添加すると焼戻硬度はあまり変化がないが V を 0.2% に低下させると焼戻硬度、クリープ強さがいちじるしく高くなる。

文 献

- 1) 芥川 武: 外, 鉄と鋼, 42 (1956) No. 3 p. 383