

- 4) Chen & Chipman: Trans A.S.M. 38 (1947) 70
- 5) Turkdogan: J. Iron Steel Inst. 178 (1954) 273
- 6) Hilty, Forgeng & Folkman: J. Metals (1955) Feb.
- 7) Hilty, Rassbach & Crafts: J. Iron Steel Inst (1955) June.
- 8) Gokcen & Chipman: J. Metals (1953) Feb.
- 9) Gokcen & Chipman: J. Metals (1953) Aug.
- 10) Chipman: J. Iron Steel Inst. (1955) June.

これ等により一定炭素量の 12% Cr 系耐熱鋼においては、焼戻硬度の高いものは、大体クリープ強さもよいことを報告した。

そこで本報は各種合金元素を単独に添加した 12% Cr 系耐熱鋼に対し、次の如き 3 種類の熱処理を行い、焼戻硬度におよぼす影響を調べ、これ等から焼戻軟化抵抗の高い合金元素およびその添加量を知ることにより、強力な 12% Cr 系耐熱鋼を見出さんとするものである。

**(124) 12% Cr 系耐熱鋼の焼戻硬度硬
ついて**

(単独元素の影響)

On the Tempering Hardness of 12 Percent Chromium Heat Resisting Steels
(Effect of the Single Element)

Toshio Fujita, et alii.

東大教授 工博 芥川 武
東大講師 工 ○藤田 利夫
東大大学院学生 工 清水 貞一

I. 緒 言

著者等は、さきに 12% Cr 鋼に各種合金元素 (Mo, Cb, W, V, Ti 等) を単独に添加し、それらの 620°C におけるクリープ強さを測定し、一方クリープ試験と同じ条件で焼戻を行い、それ等の硬度および組織の変化を調べた。(12)。

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。

これ等の試料に対し、次の如き熱処理を行い、その焼戻硬度および組織の変化を調べた。

(1) 焼入温度による影響

焼入処理 $\left\{ \begin{array}{l} 1250^{\circ}\text{C} \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{O.Q. (油冷)} \\ 1150^{\circ}\text{C} \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{O.Q. (〃)} \\ 1050^{\circ}\text{C} \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{O.Q. (〃)} \end{array} \right.$

これ等の 3 種類の焼入処理を行つたものに対し、次の焼戻処理を行う。

焼戻処理 $\left\{ \begin{array}{l} \text{焼戻温度 } 650^{\circ}\text{C} \\ \text{焼戻時間 } \frac{1}{2}, 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100, \\ 250, 500, 1000\text{h} \end{array} \right.$

(2) 700°C の焼戻処理による影響

焼入焼戻処理 $\left\{ \begin{array}{l} 1150^{\circ}\text{C} \times \frac{1}{2}\text{h} \rightarrow \text{O.Q. (油冷)} \\ 700^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow \text{A.C. (空冷)} \end{array} \right.$

この焼入焼戻処理を行つたものに対し次の焼戻処理を行う。

焼戻処理 $\left\{ \begin{array}{l} \text{焼戻温度 } 650^{\circ}\text{C} \\ \text{焼戻時間 } 5, 10, 25, 50, 100, \\ 250, 500, 1000\text{h} \end{array} \right.$

(3) 焼戻温度による影響

Table 1. Chemical composition of 12 percent chromium steel samples.

Sample name	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cb	W	V	Ti
Mo. 1	0.16	0.50	0.59	0.33	11.82	0.43	—	—	—	—
Mo. 2	0.18	0.19	0.24	0.22	11.82	0.79	—	—	—	—
Mo. 3	0.17	0.52	0.59	0.32	12.03	1.25	—	—	—	—
Cb. 1	0.17	0.58	0.53	0.31	11.73	—	0.261	—	—	—
Cb. 2	0.18	0.55	0.56	0.29	12.03	—	0.684	—	—	—
Cb. 3	0.18	0.59	0.47	0.27	12.36	—	1.389	—	—	—
W-1	0.16	0.40	0.50	0.19	11.58	—	—	0.36	—	—
W-2	0.18	0.40	0.53	0.19	11.58	—	—	0.82	—	—
W-3	0.20	0.50	0.56	0.18	11.58	—	—	1.74	—	—
V-1	0.20	0.33	0.43	0.42	11.92	—	—	—	0.32	—
V-2	0.20	0.49	0.76	0.24	11.37	—	—	—	0.46	—
V-3	0.20	0.43	0.54	0.42	12.03	—	—	—	1.02	—
Ti-1	0.15	0.44	0.62	0.21	11.79	—	—	—	—	0.21
Ti-2	0.15	0.42	0.62	0.19	11.61	—	—	—	—	0.36
Ti-3	0.15	0.74	0.72	0.19	11.64	—	—	—	—	0.38
Ti-4	0.16	0.38	0.66	0.18	11.85	—	—	—	—	0.65

焼入処理 1150°C × ½h → O.Q. (油冷)

この焼入処理を行つたものに対し、次の焼戻処理を行う。

焼戻処理 { 焼戻温度 550°C, 600°C, 650°C,
700°C, 750°C
焼戻時間 1, 10, 100, 1000h

III. 実験結果

(1) 焼入温度による影響

650°Cにおける焼戻硬度が焼入温度および合金元素によりどのように変化するかを調べた。

Fig. 1 は代表的な例として合金元素を最も多く添加した試料の硬度変化を示す。

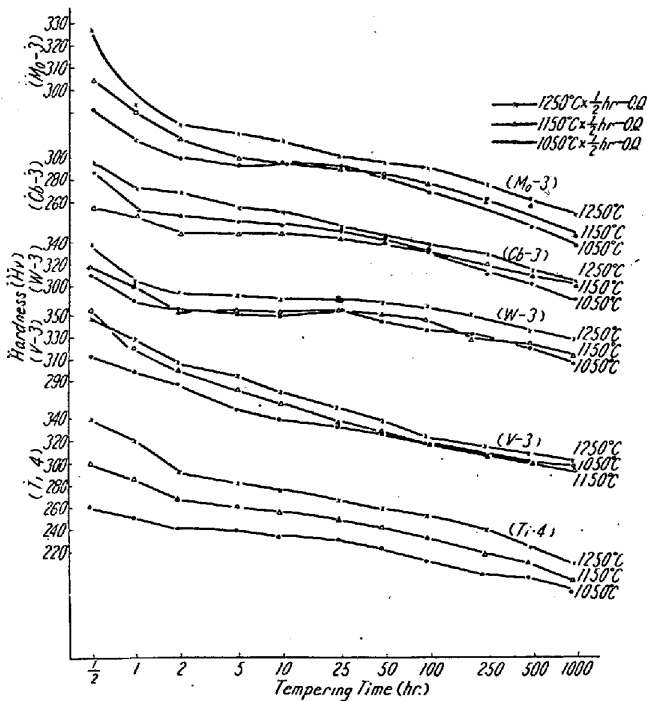


Fig. 1. Relation between tempering hardness and tempering time.

Mo を添加したものは Mo の添加量を多くし、また焼入温度を高くすればする程焼入硬度は高くなり、1000 h 後の焼戻硬度もかなり高くなる。

Cb を添加したものは焼入温度を高くすれば焼入硬度は高くなるが、Cb の添加量を多くすれば焼入硬度は著しく低くなる。これは Cb が強固な炭化物を形成するために地の固溶炭素量が減少し、更に Cb の添加により δ フェライトがでやすくなる結果と考えられる。

W, V 等を添加したものは Mo を添加した場合と大体同じ傾向を示す。

Ti を添加したものは Cb と同じような結果を示す。

(2) 700°C の焼戻処理による影響

前述の熱処理は焼入後、直ちに 650°C で焼戻を行つたものであるが、次に 700°C で 1h 焼戻を行つてから 650°C で焼戻を行つてみた。(図表省略)

これによると Mo, W 等は合金元素量が多くなるに従い、1000h 後の焼戻硬度は高くなる。V, Cb, Ti 等は 0.25~0.35% 附近において、1000h 後の焼戻硬度が最も高くなる。

この実験から 650°C で焼戻を行う場合、焼戻前に 700°C で 1h 焼戻を行うと 1000h 後の焼戻硬度は 700°C で焼戻を行わないものに比較して少し高くなることがわかる。

(3) 焼戻温度による影響

焼戻温度の変化によつて 12% Cr 系耐熱鋼の焼戻硬度がどのように変化するかを調べ、これにより各種合金元素の焼戻温度に対する影響を調べた。

代表的な例として Fig. 2-a, Fig. 2-b に示す。

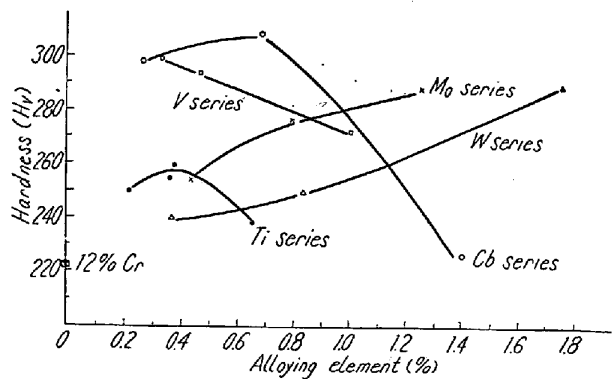


Fig. 2-a. Relation between tempering hardness (after 1000h, at 550°C) and alloying elements in 12% Cr steel.

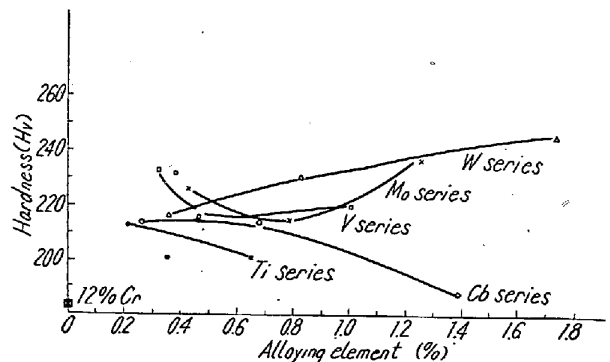


Fig. 2-b. Relation between tempering hardness (after 1000h at 650°C) and alloying elements in 12% Cr steel.

Fig 2-a は 550°C, 1000h 保持後の焼戻硬度と添加元素量の関係を示す。Fig. 2-b は 650°C のそれを示す。

550°C においては Mo, W 等は添加量に比例して焼戻硬度は増加するが, V, Cb, Ti 等は減少している。

しかし V, Cb 等は 0.2~0.3% 附近で非常に高い焼戻硬度を有することは注目すべきことである。

一方 Mo は W より 550°C の焼戻に対してはより有効である。

600°C においては 550°C と大体同じ傾向にあるが Mo と W は焼戻に対しては同じ程度の効果がある。

650°C においては Mo, W 等は添加量が増加すれば焼戻硬度が増加するが W の方が Mo より有効である点は 550°C と異なる。V, Cb 等は 550°C における如く 0.2~0.3% 程度添加してもあまり有効に作用せず、かつ添加量を多くしても焼戻硬度は高くない。

700°C, 750°C においては W, Mo 等がよく, V, Cb, Ti 等がこれについてよい。特に W は 700~750°C 附近では有効である。

IV. 結 言

以上の実験結果から要約すると次のようである。

(1) Mo, Cb, W, V, Ti 等を含有する 12% Cr 系耐熱鋼は焼入温度を高くすることにより焼戻硬度を高くすることができ、クリープ強さを高めることができる。

(2) 1150°C から焼入したものを 650°C で焼戻を行ったものは 650°C で焼戻を行う前に 700°C で 1h 焼戻を行ったものより 1000h 後の焼戻硬度はやや低くなる。

(3) 550°C 附近の焼戻硬度は 1~2% の Mo, W 等を含有するものが高く Mo の方が W より有効である。V, Cb 等は 0.2~0.3% 程度含有するものがよい。焼戻温度が 650°C になれば 550°C 附近と大体同じであるが、W の方が Mo より焼戻に対しより有効になる。更に焼戻温度が高くなると W を添加した場合が最もよく Mo, V, Cb, Ti の順になる。

(4) Cb, Ti 等を多量添加したものは強固な炭化物を作る上に、 δ フェライトがでやすくなるため、焼入硬度が低く、従って焼戻硬度も低い。これ等の炭化物を十分固溶させれば焼戻硬度が低くてもクリープ強さはよくなる。

(5) これ等の結果から 12% Cr 系耐熱鋼の焼入温度は 1150°C~1200°C 附近、焼戻温度は 650°C~700°C 附近が最適と考える。

文 献

- 1) 芥川 武, 藤田利男, 竹村数男: 鉄と鋼, 41 年 (1955) 第 9 号, 986~988

- 2) 藤田利夫, 竹村数男, 清水貞一: 鉄と鋼, 41 年 (1955) 第 9 号, 988~990

(125) 18 Cr-8 Ni-Ti 不銹鋼の砂疵の研究

(Studies on the Heavy Inclusion of 18 Cr-8 Ni-Ti Stainless Steel.)

Toyosuke Tanoue, et alius

住友金属工業株式会社鋼管製造所

工〇田 上 豊 助

松 葉 宗 三

I. 緒 言

18 Cr-8 Ni-Ti 不銹鋼は他の不銹鋼や低合金鋼には見られない巨大な砂疵が発生し易いことが知られており、これが製造上、解決すべき最も重要な課題である。

発生する砂疵の大部分は顕微鏡にて観察すれば黄白色の微細な結晶質の集合体で、固体として熔融鋼中に生成したことが形態上から推察される。なお一部には融体として熔融中に存在したと思われる黒色の巨大な介在物も観察される。鋼塊位置による発生傾向は鋼塊の上部外周部に多く、従って凝固中、凝集浮上しつつある介在物が鋼塊中に残留し、砂疵として肉眼的に認められるものと考えられる。

かかる砂疵は Ti を含まぬ 18 Cr-8 Ni 不銹鋼には殆んど見られないことから、Ti の反応生成物であるものと推定される。Ti は O_2 や N_2 と親和力が極めて大であり、Ti 入り不銹鋼は Ti を含まぬ不銹鋼に比して O_2 や N_2 が低い点より、Ti の oxide または nitride の巨大凝集体が砂疵であろうと考えられたのでまず砂疵の主因が oxide によるものか、または nitride によるものかを確かめるため下記の実験を行った。

II. 実 験 (1)

砂疵の大部分が oxide であるか否かを確かめるため、50 kg 塩基性高周波炉で、添加チタンの材質、チタン添加前の脱酸条件、チタンの添加量を種々変えた 14 種の鋼塊を熔製し、表面を旋削して疵の発生量を観察した。各鋼塊の熔製結果および疵の発生程度を Table 1 (表省略、会場で掲示) に示す。

A1~A5 は主として添加チタンの種類を変えたもの、A6~A11 はチタン添加前に Al, Ca-Si または Lan Cer Amp を加えて脱酸したもの、A12~A14 は添加