

IV. 熱処理によるクリープ強度の変化

前記せるごとくこれらの中合金 Cr-Mo 鋼は、焼入性がきわめて大であるので施工上必要な程度まで軟化せしめとともに良好なクリープ強度を与えるとき熱処理を実施する必要がある。これらの鋼種に対する各種の熱処理法についてはすでに前述した。クリープラプチャー強度は各鋼種共全焼鈍、焼準焼戻、連続冷却変態途上より放冷焼戻などいずれの処理を行なったものも ASTM 平均値と同等またはそれ以上の値を示しており特に焼準焼戻材のクリープ強度は C 量が規格上限値に近い場合も下限値に近い場合もともに ASTM 平均値に比し秀れたクリープ強度を示している。

以上の実験の中、連続冷却変態途上により放冷焼戻する方法は冷却途上におけるきわめて狭い温度範囲において硬度変化が大であるので連続冷却変態を利用して組織調整を行ないクリープ強度の改善を狙うことは、現場操業法としては不適當である。Table 4 に試験結果を示した。Table 4 から明らかなごとく焼準焼戻処理を行なった場合にクリープ強度を含めた機械的諸性質の秀れていることが認められる。Photo. 1 に代表的な顕微鏡組織を示した。

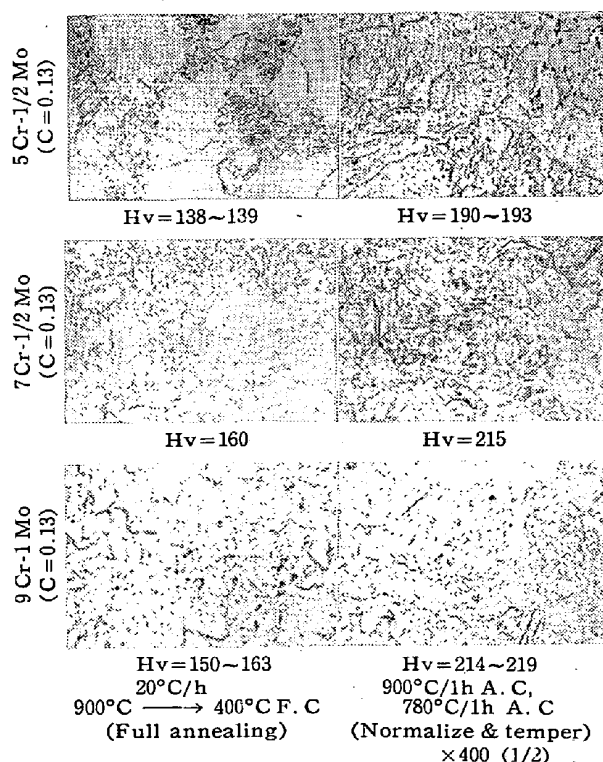


Photo. 1. Microscopic structure observed after heat treatments.

V. 結 言

5 Cr-1/2 Mo, 7 Cr-1/2 Mo, 9 Cr-1 Mo 鋼に対し必要な冷間加工性並びに ASTM 平均値と同等またはそれ

以上のクリープ強度を与えるための熱処理方法について研究した結果つぎのごとき結論を得た。

- 1) ASTM 平均値を基準にとつた場合、完全焼鈍、焼準焼戻、連続冷却変態途上より放冷焼戻などの何れの処理を行なった場合もこれらの Cr-Mo 鋼のクリープ強度は ASTM 平均値と同等またはそれ以上の値を示す。
- 2) 焼準焼戻を行なった場合に C 量が規格の下限値に近い場合でも ASTM 平均値以上の値を示し、硬度も ASME 規格に規定された程度の値を示し、かつ衝撃値も他の処理に比し良好である。
- 3) 5 Cr-1/2 Mo, 7 Cr-1/2 Mo, 9 Cr-1 Mo 鋼は何れもきわめて焼入性が大であるので熔接時の予熱後熱の重要性がうかがわれる。

(86) 18 Cr-12 Ni 系不銹鋼の諸性質 におよぼす W の影響

金属材料技術研究所

○中川 竜一・乙黒 靖男

Effect of W on Properties of 18 Cr-12 Ni Stainless Steel.

Ryuichi Nakagawa and Yasuo Ootoguro.

I. 緒 言

前報までに Nb, Ti の 18 Cr-12 Ni 系不銹鋼の時効硬さ、顕微鏡組織、電解残渣の X 線回折、常温および高温引張り強さ、クリープラプチャー強さにおよぼす影響について報告した。本報においてこれらの性質におよぼす W 量の影響について調べたので報告する。

II. 試 料

本実験に用いた試料の組成を Table 1 に示した。W 1~W 3 は C を 0.03% 一定にして W をそれぞれ 2, 4, 6% を目標としたもの、W 4~W 6 は C を 0.1%, W をそれぞれ 2, 4, 6% を目標にして溶解した。溶解は高周波電気炉を用い、溶解量は 6 kg である。鍛造は硬さ、顕微鏡組織用には 10 mm 角、その他の試験片用には 15 mm φ に鍛造した。

Table 1. Chemical compositions (%).

No.	C	Mn	Si	Cr	Ni	W
W 1	0.033	1.71	0.98	18.59	11.96	1.92
W 2	0.031	1.68	0.92	18.95	11.86	3.70
W 3	0.031	1.69	0.86	18.54	12.12	5.43
W 4	0.12	1.70	0.94	18.51	12.08	1.91
W 5	0.11	1.72	0.90	13.64	11.82	3.67
W 6	0.12	1.66	0.98	18.48	12.10	5.45

III. 時 効 硬 さ

試料はすべて $1100^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間 $\rightarrow$ 水焼入の溶体化処理後、 600°C 、 650°C 、 700°C 、 750°C で長時間時効して硬さを測定した。W 2, W 5 について各温度における時効硬さの変化を Fig. 1 に示した。

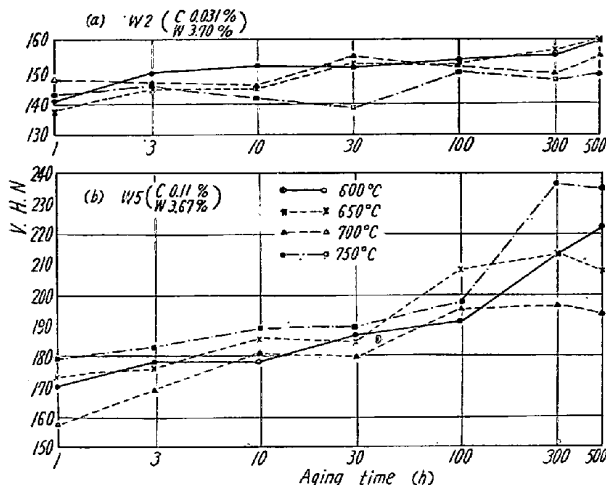


Fig. 1. Aging hardness of W 2 and W 5.

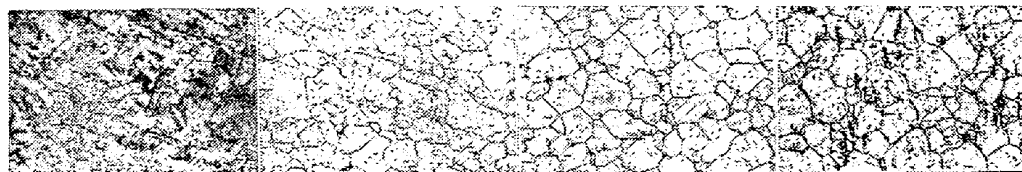
W 1~W 3 の低炭素のグループでは各時効温度においても時効硬さの変化はほとんど見られず、W 2, W 3 において 500 時間後にわずか V. H. N. 10~20 硬化する程度である。また時効曲線の高さを比較すると W 2 の硬さは W 3 より全時効時間を通じて約 10 程度低い。

W 4~W 6 の C 0.1% のグループでは硬化がいちじるしい。各試料別にみると、30 時間の時効時間までは W 5 と W 6 は同程度で、W 4 は少し低い。30 時間以後は W 4, W 5 の硬化は比較的急であり、500 時間までは W 5 が最も硬化する。時効温度による差は割合少く、W 4 では 100 時間以後は低温程度硬化する。W 6 においては始めから 600°C の場合が硬さが高くなっている。

IV. 顕 微 鏡 組 織

試料は硬さ測定の場合と同じく、 $1100^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間 $\rightarrow$ 水焼入後、 600°C 、 650°C 、 700°C 、 750°C で 100 時間と 500 時間後の組織を観察した。Photo. 1 に W 6 の組織について示した。

低 C グループの溶体化処理のまま組織は、W 3 が結晶粒が細く、残留析出物も多い。フェライト相はどの試料



(a) $1100^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow \text{W. Q.}$ (b) $1100^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow \text{W. Q.}$ $600^{\circ}\text{C} \times 100\text{h} \rightarrow \text{W. Q.}$ (c) $1100^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow \text{W. Q.}$ $650^{\circ}\text{C} \times 100\text{h} \rightarrow \text{W. Q.}$ (d) $1100^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow \text{W. Q.}$ $700^{\circ}\text{C} \times 1\text{h} \rightarrow \text{W. Q.}$
Photo. 1. Microstructure of W 6. $\times 200$ (1/3)

にも認められなかつた。各温度における 100 時間時効後の組織では、結晶析出物が認められる。W 3 では結晶粒内にも析出しているが、時効温度による差はない。

高 C のグループでは、溶体化処理のままでは W 量が多い程結晶粒度は細くなり、残留している析出物も多くなる。また W% の多いほどこの析出物は結晶粒界に集る。W 6 の各時効温度での 100 時間時効後の組織を見ると、結晶粒界に析出物が生ずるのは各温度とも同様であり、低炭素グループの試料と同じであるが、時効温度の上昇とともに、粒内の析出物の量が多くなる。

V. 電解分離による析出物の挙動

電解分離は W 3, W 6 の $1100^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間の溶体化処理のまま、 650°C で 100 時間および 500 時間時効後の試料について行なつた。他の添加元素の場合のように 10% HCl エチルアルコール溶液中で電解分離を行なうと白濁の沈殿物を生ずるので、この場合のみ、10% HCl 水溶液中で行い、残渣の X 線回折を行なつた。W 3 で溶体化処理のままでは $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ の線が認められ、 Cr_{23}C_6 の線は非常に弱いが存在する。 650°C で 100 時間時効後、さらに 500 時間時効後になるとこれらの線はさらに強くなる。W 6 でも W 3 とほとんど同じ傾向を示すが、溶体化処理のままでも Cr_{23}C_6 の線がはつきり認められた。

Cr_{23}C_6 と Fe_7W_6 の回折線は一致する所が多いのであるが、C% の多い W 6 の方がこの回折線に相当する線が強く出ている点から考えても、また Fe-W 系状態図から考えても Cr_{23}C_6 と考えるので適当である。

VI. 常温および高温引張強さ

試験片は $1100^{\circ}\text{C} \times 1$ 時間の溶体化処理のまま、試験温度は常温 500, 600, 700, 800°C

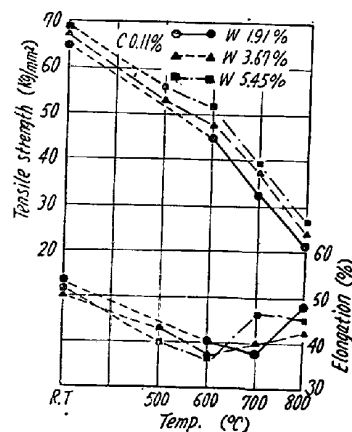


Fig. 2. Room- and high-temperature tensile strength of 18-12 W stainless steels.

の各温度で行なつた。Fig. 2 に 0.11% C グループ試料について、温度と引張り強さの関係を各 W% について図示した。各試験温度において W 量とともに引張り強さは直線的に増加し、C% の多い方

が高くなっている。伸、紋は変化はない。

VII. クリープ・ラプチャー強さ

クリープ・ラプチャー試験は 600, 650, 700°C で行なつた。650°C における W% とラプチャー時間との関係を Fig. 3 に示した。600°C, 700°C でも同じであるが、W% とラプチャー時間は W 約 5・5% までの実験範囲において増加は直線的な関係を示す。C% によつても傾向は同じで、高 C 量では、ラプチャー時間は長くなる。ラプチャー伸は W% によつて変化はなく、0・1% C では伸は減少する。

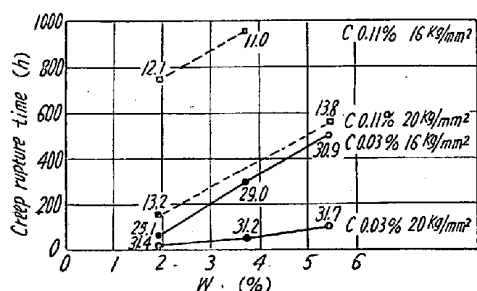


Fig. 3. Effect of W% on creep rupture time of 18Cr-12Ni stainless steels at 650°C.

VIII. 結 言

- 1) 18Cr-12Ni 系不銹鋼の時効硬さ、顕微鏡組織、析出物、常温および高温引張り強さ、クリープ・ラプチャー強さにおよぼす W% の影響について調べた。
- 2) C が存在する場合 W% の増加により時効硬さも上昇する。
- 3) X線回折により $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$, Cr_{23}C_6 を認めた。
- 4) W% の増加とともに常温、高温引張り強さ、クリープ・ラプチャー強さは直線的に増加する。

(87) 18Cr-12Ni 系不銹鋼の諸性質 におよぼす Mo の影響

金属材料技術研究所

○中川 竜一・乙黒 靖男

Effect of Mo on Properties of 18Cr-12Ni Stainless Steel.

Ryuichi Nakagawa and Yasuo Ootoguro.

I. 緒 言

18Cr-12Ni 系不銹鋼に Nb, Ti を種々 % 添加した材料の時効硬さ、顕微鏡組織の変化、電解分離による析出物の挙動、常温および高温引張り強さ、クリープ・ラプチャー強さについては、すでに報告した。本報において同様に Mo を添加した場合の影響について調べたので報告する。

II. 試 料

実験に用いた試料の組成を Table 1 に示す。M1~M4 は C を 0・02% を目標として Mo% を変え、M5~M8 は C を 0・1% を目標として Mo% を変えたものである。M9, M10 は Mo 含有の場合の C% の影響を見るため、おのおの C を 0・2, 0・3% とした。試料は高周波溶解炉で 6kg 溶解し、硬さ、組織用には 10mm 角、その他の試料用には 15mm φ の丸棒に鍛造した。

III. 時 効 硬 さ

試料は 1100°C で 1 時間溶体化処理した後、600°C, 650°C, 700°C, 750°C の各温度で時効を行ない硬さを測定した。

Fig. 1 に M4 および M8 の硬さの変化を示した。低炭素の M1~M4 のグループは M5~M8 のグループに比し全体の硬さも低く、また時効による硬さの上昇も少い。そして M1, M2, M3 は 30 時間の程度までわずかに硬化し、それ以後は逆に低下する。M4~M10 までは 500 時間までは硬化し続けている。M5~M8 では Mo 量とともに硬化の程度はいちじるしい。すなわち

Table 1. Chemical compositions (%).

	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Fe
M 1	0・022	1・66	0・95	18・40	12・06	0・85	Bal.
M 2	0・022	1・61	0・92	18・57	12・50	1・86	Bal.
M 3	0・020	1・72	0・87	18・55	12・33	2・71	Bal.
M 4	0・024	1・74	0・91	18・31	12・57	3・48	Bal.
M 5	0・11	1・66	0・91	18・01	12・60	0・91	Bal.
M 6	0・10	1・69	0・98	18・14	12・27	1・72	Bal.
M 7	0・11	1・79	0・91	18・40	12・57	2・75	Bal.
M 8	0・09	1・75	0・97	18・02	12・38	3・70	Bal.
M 9	0・20	1・93	1・04	18・12	11・92	1・97	Bal.
M 10	0・28	1・76	0・96	18・15	12・53	1・94	Bal.