

非常に小さくオーステナイト量が著しく多く、しかも安定であつて 900°C まで加熱してもほとんどオーステナイトは分解しない。PH-4 は Ni 6.42% のものであり、1000°C 溶体化処理状態ではオーステナイトのマルテン化がほとんどなく硬度も低いが、600°C 以上に加熱することによつてオーステナイトが分解しはじめ、750°C 焼戻によつて硬度も H<sub>R</sub>C 30 位にまで上昇する。Cu 2.68% の PH-8 は 1000°C A. C. では 4πI=13400 ガウスを示し、マルテン化が著しく進行しており、硬度も H<sub>R</sub>C 38 を示す。400~500°C 焼戻で磁化の強さもやや増加し、硬度も H<sub>R</sub>C 42 にまで増加するが 550°C 以上までは焼戻によつて磁化の強さならびに硬度は逆に減少し、700°C 以上焼戻によつて磁化の強さは再び次第に増加する。つぎに Fig. 3 は Ni 5.42% の PH-3, C 0.12% の PH-6, C 0.17% の PH-7 の結果を示したもので、これらはオーステナイトがかなり安定で、1000°C 空冷によるマルテン化が少なく硬度も低いが、550°C 以上の焼戻によつて残留オーステナイトが分解をはじめ、硬度も上昇する。

III. 結 言

17Cr-4Ni-4Cu 析出型ステンレス鋼について C, Ni, Cu 添加量を変化し、溶体化温度と硬度および溶体化後の焼戻にともなう磁化強さと硬度変化など調べつぎの結果を得た。

(1) C, Ni とも溶体化硬度を低下させるが C の効果もつとも著しく 0.12% 以上では硬度は一定となる。Ni の効果も同様であつて、Ni 増加にしたがい溶体化硬度は低下しており、この傾向は溶体化温度が高い程著しい。Cu の影響は 3.0~4.0% ではあまり変化なく溶体化温度の影響も少ない。

(2) 17Cr-4Ni 型で Cu が 4% 以下の成分については溶体化のままで大部分がマルテンサイト組織となるため残留オーステナイトの分解および Cu-rich 相の析出が 500°C までに行なわれるので焼戻時効としては 450~500°C が適当である。17Cr-4Ni-4Cu で C が高目の場合および 17Cr-4Cu で Ni が高い場合には、オーステナイトが比較的安定となるためこれら多量の残留オーステナイトを分解させるために、650~850°C の中間温度に加熱した後、450~500°C の時効処理を行なう必要がある。

669.14.018.8:669.15/24/26-194:669  
1295:669.293:539.4  
(160) Cr-Ni ステンレス鋼の諸性質に

およぼす成分および組織の影響

(Ti, Nb の影響) 62340

金属材料技術研究所 工博 中川 龍一  
富士製鉄中央研究所 乙黒 靖男  
金属材料技術研究所 ○河部 義邦

Effects of Chemical Composition and Structural Conditions on Properties of Cr-Ni Stainless Steels. 1500~1502

(Effect of Ti and Nb additions.)

Dr. Ryuichi NAKAGAWA, Yasuo OTOGURO and Yoshikuni KAWABE.

I. 緒 言

Ti は非常に安定な炭化物、窒化物を形成するので 18-8 系ステンレス鋼の耐食性、溶接性等を改善するため適量添加され、組織を安定化するのに多く使用されている。しかし Ti は強力なフェライト生成元素であり Thielmann によるとその Cr 当量は 7 であるといわれ、その量によつては δ フェライトを生成する。

Nb もまた、Ti と同様な傾向を示し、その Cr 当量は 4.5 であるといわれている。

またこれらの元素は、炭化物の生成によりそれ自体のフェライト生成元素としての作用は減少するが、一方もつと強力なオーステナイト生成元素である地の C を下げるのでその影響の方が大きく結果としてより δ フェライトを出やすくする。特に Nb の影響は大きい。

本実験では Ni-Cr ステンレス鋼の組織とくに δ フェライト量におよぼす Ti, Nb の影響および組織と機械的性質との関係を調べるため、18Cr-12Ni 系に Ti を添加し、また 18Cr-8Ni 系に Nb を添加した試料について顕微鏡組織の観察、時効硬さ測定、引張り試験、腐食試験などを行なつた。Ti と Nb はほぼ同様な傾向を示すので主に Ti 系列について記す。

II. 試 料

本実験に用いた試料の化学組成を Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of steels tested. (%)

| Steels | C     | Si   | Mn   | Ni    | Cr    | Ti   | Nb   | Fe  |
|--------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-----|
| T1     | 0.017 | 1.00 | 1.68 | 12.09 | 17.58 | 1.80 | —    | bal |
| T2     | 0.033 | 1.13 | 1.59 | 11.83 | 17.64 | 2.30 | —    | //  |
| T3     | 0.026 | 1.13 | 1.56 | 12.21 | 17.71 | 2.72 | —    | //  |
| T4     | 0.038 | 1.12 | 1.50 | 11.17 | 17.68 | 3.01 | —    | //  |
| Y1     | 0.019 | 1.23 | 1.92 | 8.00  | 18.77 | —    | 0.38 | //  |
| Y2     | 0.022 | 1.30 | 1.85 | 7.82  | 18.45 | —    | 0.98 | //  |
| Y3     | 0.020 | 1.20 | 1.84 | 7.75  | 18.68 | —    | 1.40 | //  |
| Y4     | 0.021 | 0.91 | 1.93 | 7.81  | 18.40 | —    | 2.01 | //  |

Mn, Si, Cr は 2, 1, 18% と一定とし、Ti 系列については Ni を 12% とし、Ti を 2.0, 2.5, 3.0, 3.5% 添加し、Nb 系列については Ni を 8% とし、Nb を 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% 添加した。溶解は 10kg 高周波炉で 6kg 溶製し、80mm φ × 120mm の鋼塊とし、鍛造は硬さ、組織用には 10mm 角に、引張り試験用には 13mm φ、腐食試験用には 18mm φ の丸棒に鍛造した。溶体化処理は δ フェライト量と処理温度との関係を調べるため、1100, 1150, 1200, 1250°C で各 1 h 行なつた。

III. 実験結果および考察

a) 顕微鏡組織

顕微鏡組織は溶体化処理のまま、750°C での時効による組織変化とを観察した。

まず前記溶体化処理温度から急冷してえられた δ フェライト量を線分析法により求めた結果を Fig. 1 に示す。

Ti 系、Nb 系について δ フェライト量の増加よりその Cr 当量を求めると各々 3.5 と 3.1 となる。

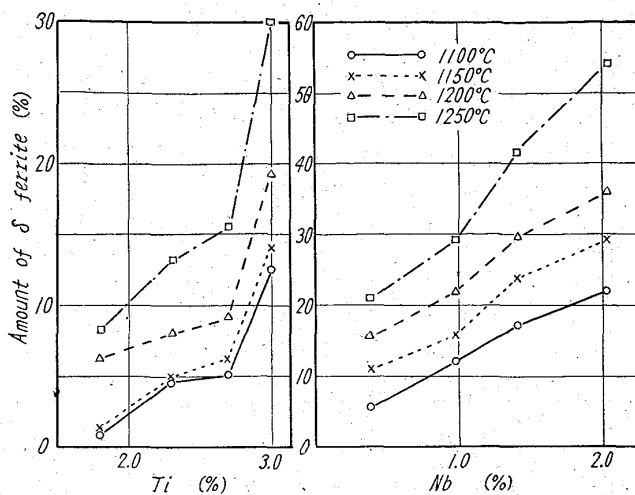
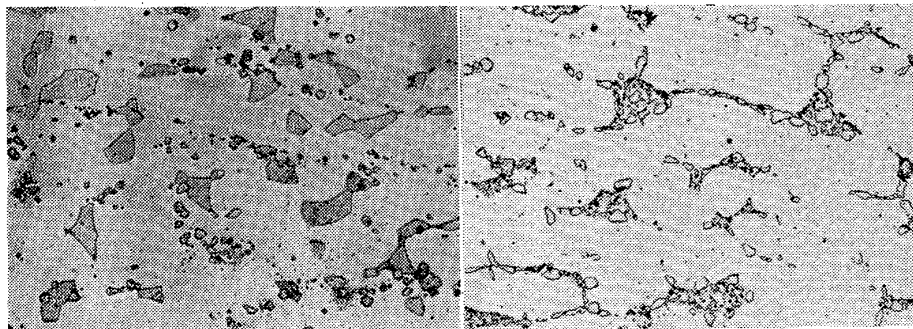


Fig. 1. Relation between amount of  $\delta$  ferrite and Ti or Nb content:

Table 2. Chemical compositions of  $\gamma$  and  $\delta$  phases obtained by X-ray probe microanalyzer. (%)

| Steels | Sol. temp. (°C) | Phase    | Fe   | Ni    | Cr    | Ti   |
|--------|-----------------|----------|------|-------|-------|------|
| T4     | 1100            | $\gamma$ | 61.5 | 13.20 | 18.46 | 2.99 |
|        | 1100            | $\delta$ | 59.8 | 8.31  | 24.06 | 3.34 |
| T4     | 1250            | $\gamma$ | 62.5 | 13.92 | 18.13 | 2.97 |
|        | 1250            | $\delta$ | 60.9 | 11.04 | 20.59 | 3.56 |

Ti 量の多い T 4 試料の溶体化処理状態および時効処理状態に見られる特殊な相について記す。X線プローブ・マイクロアナライザーによりこの試料の  $\gamma$  相、 $\delta$  相中の Fe, Ni, Cr, Ti% を分析した結果を Table 2 に示すが、1100°C で溶体化処理した試料の  $\delta$  相中の Ti 量は、1250°C で処理した試料の  $\delta$  相中の Ti 量より当然高くなければならない。しかるに、分析結果、低くするのは  $\delta$  フェライト中に入るべき Ti がなんらかの形の析出相として溶体化処理状態で、すでに 1 部析出しているためではないかと考えられる。 $\delta$  フェライトの横に付いている析出相と思われるものを、Photo. 1 に示す。この相を X線プローブ・マイクロアナライザーにより分析すると、Fe, Ni, Cr, Ti が 53, 9.5, 21.6, 9.99% の Ti-rich 相である。



(a) T4 1100°C x 1h - W. Q. x500 (2/3) (b) T4 1100°C x 1h - W. Q. 750°C x 100h - W. Q. x500 (2/3)

Photo. 1. Microstructures of specimens of T 4.

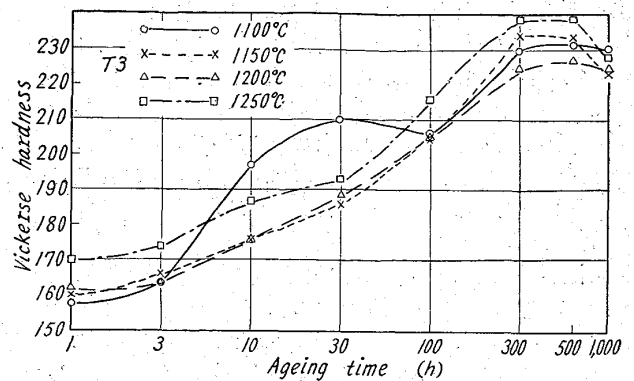


Fig. 2. Ageing hardness of specimen T 3.

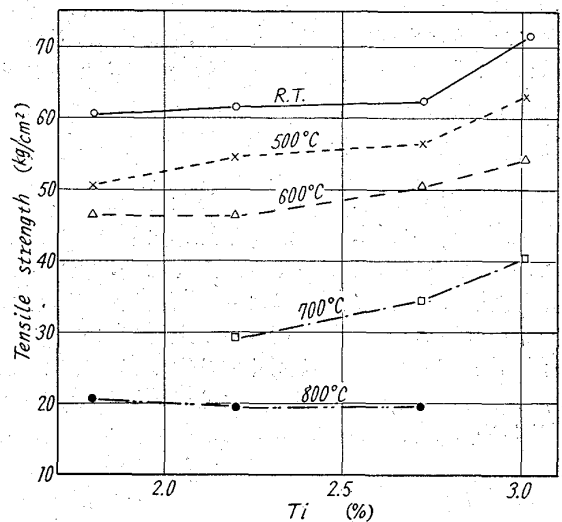


Fig. 3. Relation between tensile strength and Ti content at various test temperatures.

時効による組織変化を見ると、Ti 系列では粒界に  $Cr_{23}C_6$  と思われる析出物が見られ、地には TiN と思われる析出物が一面に見られる。更に  $\delta$  フェライトは  $\sigma$  相に分解する。T 1, T 2 では周囲が地に溶け込んで減少し、分解している。しかし 1250°C で溶体化処理した試料はすべて内部から層状に分解している量の多い T 3, T 4 はすべて内部から分解しており、上記 Ti-rich 相の析出も見られる。

b) 時効硬さ

時効は上記溶体化処理後、750°C で 1000 h まで行ないその間の適当時間ごとに硬さを測定した。

溶体化処理のままの硬さは、Ti 系列では 1100°C での溶体化処理状態では残留炭化物、Ti rich 相等の影響により高く、1150°C で最低値を示し、更に高温になると  $\delta$  フェライト量の増加により高くなる。

時効曲線の 1 例として T3 について Fig. 2 に示す。

Ti 系列では Ti 量にかかわ

らず時効時間とともに硬化している。また Ti 量の多い T3, T4 の 1100°C で溶体化処理した試料は 30h に硬化の山を示す。この山は Ti 量の多い、溶体化処理温度の低い試料にのみあらわれるので、先に説明した Ti-rich 相の影響ではないかと考えている。

他の硬化は、Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, TiN の析出、δフェライトのσ相への分解などによると思われる。

c) 引張り強さ

引張り試験は 1100°C で溶体化処理後、常温、500, 600, 700, 800°C で行なった。

Fig. 3 に引張り強さと Ti 量との関係を示す。

700°C まで Ti 量とともに引張り強さは増加している。試験温度 500°C まではδフェライトの影響も含まれているが、それ以上の温度ではこの影響は引張り強さを減少させるように働くはずであり、結局 Ti を添加することにより短時間引張り強さが増大すると考えられる。

d) 腐食試験

腐食試験は 1% 沸騰硫酸中で 4 時間、40% 沸騰硝酸中で 24h 行ない腐食減量を測定した。

Ti 系列については、Ti 量の増加により耐硫酸性は改良されるが、耐硝酸性はいくらか悪くなる。また耐硫酸性は溶体化処理温度の上昇により残留析出物が固溶するため改良される。溶体化処理温度の上昇によりδフェライト量は増加し耐硫酸性を悪くするように働くはずであるので、残留析出物の固溶化による耐硫酸性の向上は相当著しいものと思われる。

耐硝酸性は溶体化処理温度に関係しない。

669.14, 018.8 : 669.1524

2674-194 : 539.4

(161) Cr-Ni-Mn ステンレス鋼の組織および機械的性質に関する研究

金属材料技術研究所 工博 中川 龍一  
 富士製鉄中央研究所 乙黒 靖男  
 金属材料技術研究所 ○河部 義邦

A Study on Structures and Mechanical Properties of Cr-Ni-Mn Stainless Steels.

Dr. Ryuichi NAKAGAWA, Yasuo OTOGURO and Yoshikuni KAWABE.

I. 緒言 1502~1504

Mn は高温におけるオーステナイト生成能が Ni 当量で 0.5 であるといわれている。しかし、著者らが前回報告したように 18Cr-4Ni 系に Mn を添加していくとδフェライト量はある Mn 量に対し最小値をとる。著者などは高温で安定相として存在するγ相が高温からの冷却に際してマルテンサイト変態をおこす基準組成の場合と、残留オーステナイトとなりオーステナイト組織を示す基準組成の場合とでは Mn のδフェライト量におよぼす影響が違うのではないかと考えている。

本実験ではこれらの点を明らかにし、また組織と機械的性質との関係を調べるため、20Cr-8Ni, 18Cr-4Ni,

Table 1. Chemical composition of steels tested. (%)

| Steels | C     | Si   | Mn   | Ni   | Cr    | N(sol) | Fe  |
|--------|-------|------|------|------|-------|--------|-----|
| X1     | 0.023 | 0.95 | 2.97 | 8.02 | 19.58 | 0.0202 | bal |
| X2     | 0.025 | 0.98 | 5.80 | 8.01 | 19.60 | 0.0205 | //  |
| X3     | 0.024 | 1.00 | 8.80 | 7.96 | 19.99 | 0.0225 | //  |
| X4     | 0.021 | 0.91 | 2.90 | 3.87 | 18.15 | 0.0190 | //  |
| X5     | 0.022 | 0.93 | 5.81 | 4.03 | 17.80 | 0.0194 | //  |
| X6     | 0.020 | 0.95 | 8.87 | 3.96 | 17.64 | 0.0209 | //  |
| X7     | 0.018 | 0.96 | 2.87 | 2.03 | 17.31 | 0.0216 | //  |
| X8     | 0.016 | 0.90 | 5.81 | 2.08 | 17.27 | 0.0222 | //  |
| X9     | 0.022 | 0.93 | 8.81 | 2.08 | 17.00 | 0.0231 | //  |

17Cr-2Ni 系に Mn を添加した試料について顕微鏡組織の観察、時効硬さ測定衝撃試験、熱間加工性試験などを行なった。

II. 試料

本実験に用いた試料の化学組成を Table 1 に示す。

Si は常に 1% と一定にし、Cr, Ni は X1~3 系列については 20, 8% と一定にし、X4~6 系列については 18, 4% と一定にし、X7~9 系列については 17, 2% と一定にし、Mn を 3, 6, 9% 添加した。

溶解は 10kg 高周波溶解炉で 6kg 溶製し、80mm φ × 120mm の鋼塊とし、鍛造は硬さ、組織用には 10mm 角に、衝撃試験用には 13mm 角に、熱間加工性試験用には 13mm φ と 23mm φ の丸棒に鍛造した。

溶体化処理はδフェライト量と処理温度との関係を探るため、1100°C, 1150°C, 1200°C, 1250°C の 4 段階で各 1h 行なった。

III. 実験結果および考察

a) 顕微鏡組織

顕微鏡組織は溶体化処理のまま、750°C での時効による組織変化を観察した。

まず前記溶体化処理温度から急冷してえられたδフェライト量を線分析法により求めた結果を Fig. 1 に示す。

20Cr-8Ni 系および 18Cr-4Ni 系と 17Cr-2Ni 系では Mn 量のδフェライト量におよぼす影響は逆である。18Cr-4Ni 系での地の組織は Mn 量の多いほどオーステナイトは安定になるが、17Cr-2Ni 系では Mn 量が 9% になつてもなお相当マルテンサイトになつて

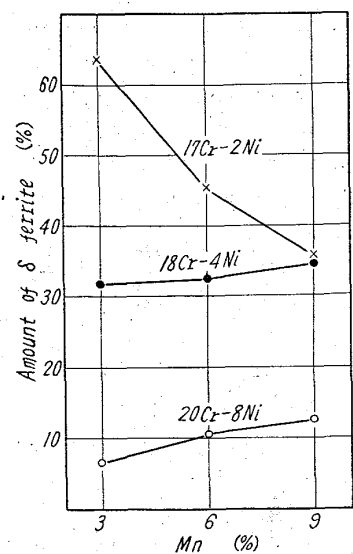


Fig. 1. Relation between the amount of δ ferrite and Mn content in specimens solution-treated at 1100°C.