

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

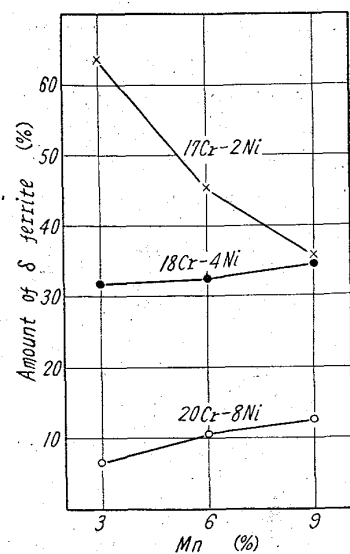


Fig. 1. Relation between the amount of δ ferrite and Mn content in specimens solution-treated at 1100°C.

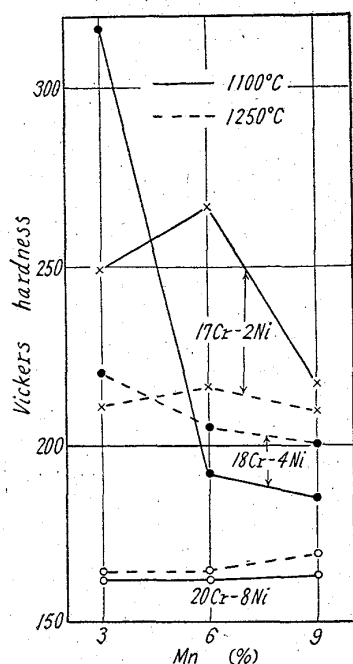


Fig. 2. Relation between as-solution-treated hardness and Mn content.

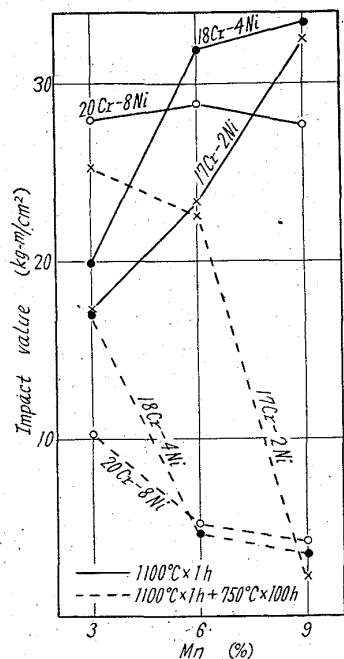


Fig. 3. Relation between the Charpy impact value and Mn content.

時効による組織変化を見ると、20Cr-8Ni系では $\delta$ フェライトは比較的短時間で $\sigma$ 相に分解している。18Cr-4Ni系ではMn量の多いX5, X6のみ分解しており、17Cr-2Ni系ではMn量が最大のX6のみ分解している。1100°Cで溶体化処理した試料は $\delta$ フェライトの周囲が地に溶け込んで減少し残りの部分が $\delta$ 相に分解しているのに対し、1250°Cで溶体化処理した試料はすべて層状に分解している。

まず溶体化処理状態の硬さを Fig. 2 に示す。

20Cr-8Ni系ではMn量とともに $\delta$ フェライト量が増加するので、硬さは上昇する。18Cr-4Ni系ではMn量の増加により地の組織がマルテンサイトからオーステナイトになるので硬さは急激に減少している。17Cr-2Ni系では硬さはあるMn量に対して最大値をとる。

いる。これらの点はX線回折により確認した。すなわち、地がオーステナイトになる組成ではMnはフェライト生成元素として作用し、地がマルテンサイトになる組成ではオーステナイト生成元素として作用する。この機構を究明するため、X線プローブ・マイクロアナライザーにより $\gamma$ 相、 $\delta$ 相中のNi, Cr, Mn量を分析し検討したがなおその機構は明らかでない。

b) 時効硬さ  
時効は上記溶体化処理後、750°Cで500hまで行ない、その間の適当時間ごとに硬さを測定した。

b) 時効硬さ

時効は上記溶体化処理後、750°Cで500hまで行ない、その間の適当時間ごとに硬さを測定した。

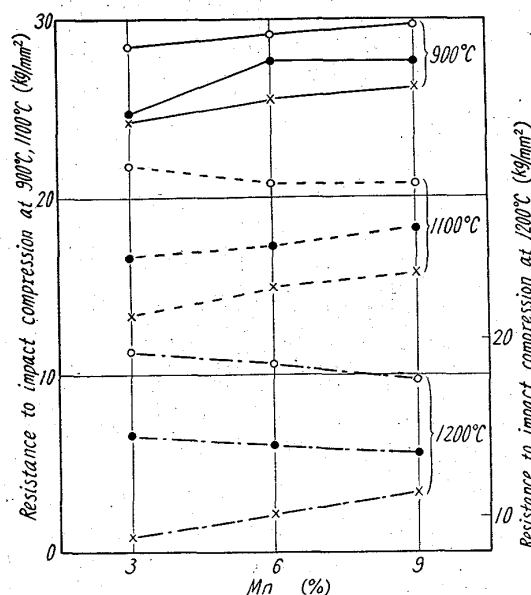


Fig. 4. Relation between the resistance to impact compression and Mn content at various test temperatures.

これはMn量の増加により $\delta$ フェライト量が減少し、マルテンサイト量があるMn量に対して最大値をとるためと思われる。

750°Cでの時効に際しては時効時間とともに硬化している。この硬化は $\delta$ フェライトより $\sigma$ 相への分解によるものである。また17Cr-2Ni系ではオーステナイトが不安定で、二次フェライトが析出しているがこれも硬化に寄与していると考えられる。

c) 衝撃試験

1100°Cで溶体化処理した試料および1100°Cで溶体化処理後750°Cで100h時効処理した試料について常温で衝撃試験を行なった。

Fig. 3に衝撃値とMn量との関係を示す。

20Cr-8Ni系では $\delta$ フェライト量が少し増加しているが、衝撃値はほとんど変わらない。18Cr-4Ni, 17Cr-2Ni系ではMn量の増加により地の組織がマルテンサイトからオーステナイトに変わること、Mn固溶量の増加により衝撃値はいちじるしく向上している。

750°C100h時効処理した試料の衝撃値低下は、 $\delta$ フェライトの $\sigma$ 相への分解による。X7試料は750°C100h時効することにより衝撃値が上昇している。これは750°Cでの平衡組織中のフェライト量の増加によるものと思われる。

d) 熱間加工性試験

変形抵抗の測定は鍛造性試験機により、変形能の測定は高温振り試験機により行なった。

900°C, 1100°C, 1200°Cでの変形抵抗値とMn量との関係を Fig. 4に示す。

900°Cでは合金元素量とともに変形抵抗は増加している。1100°Cでは20Cr-8Ni系のみMn量の増加により変形抵抗は減少する。これは $\delta$ フェライト量の増加によるものと思われる。1200°Cになると18Cr-4Ni系でもMn量の増加により変形抵抗は減少している。その

理由は、上記と同じ理由でないかと考えている。

さらにδフェライト量が高温変形能におよぼす影響を高温振り試験を行なつて調べたので、講演の際、発表する。

669.14.018.8:669.15'24'26  
 194:669.112.222:538.2  
 (162) Cr-Ni ステンレス鋼における各相間の合金元素の分配とδフェライト量と磁性の関係 62342

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

Partition of Alloying Elements between Phases and the Relation between the Amount of δ-Ferrite and Magnetic Properties for Cr-Ni Stainless Steels.

1504~1506  
 Dr. Ryuichi NAKAGAWA, Yasuo OTOGURO and Yoshikuni KAWABE.

I. 緒 言

前報までに Cr-Ni ステンレス鋼の組織特にδフェライト量におよぼす種々の添加元素の影響と機械的性質、耐食性との関係を報告して来た。このδフェライトの性質および焼戻しによる組織変化は添加元素によつて非常に異つてゐるが、これはδフェライトの組成に非常に関係が深い。したがつてこの点を調べることはδフェライトの諸性質への影響を解明するのに極めて重要であると考えられる。HOER<sup>1)</sup>, SHIRLEY<sup>2)</sup>らは 18-8-Mo 鋼について電解抽出法によりδフェライト、σ相、オーステナイトの組成を決定しているが、各相の完全な抽出分離が困難なため正確な値とは考へられない。

本実験においてはこのような用途に非常に適していると考へられる X線マイクロアナライザーによつて各種元素を添加した Cr-Ni ステンレス鋼の各相の組成の定量を行なつた。またδフェライト量測定の方法としてその可能性の検討のためにδフェライト量と磁性との関係を調べた。

II. 試 料

本実験に用いた試料の化学組成の中主要成分のみを Table 1 に示す。フェライト生成元素を添加した鋼種

Table 1. Chemical analysis of main components of specimens tested.

	Ni	Cr	Additive elements	
S 1	4.10	16.55	—	
S 2	5.11	16.11	—	
S 3	5.91	16.94	—	
Mn 1	4.31	17.81	Mn	2.01
Mn 2	4.23	17.26		4.17
Mn 3	4.03	17.85		6.66
C 1	4.02	16.89	Cn	0.83
C 2	4.05	16.88		2.40
C 3	3.94	18.13		3.58
N 5	4.18	16.89	N	0.0699
N 6	3.68	18.33		0.1055
N 8	4.10	18.34		0.2729
M11	11.67	17.76	Mo	4.18
M12	12.20	17.25		5.07
M13	11.95	16.73		6.22
A 7	11.67	17.52	Al	1.49
A 8	11.94	17.46		1.91
A 9	12.03	17.48		2.37
T22	11.83	17.64	Ti	2.20
T23	12.21	17.71		2.72
T24	11.17	17.68		3.01

は Cr 18%, Ni 12% とし、オーステナイト生成元素を添加した鋼種は Cr 18%, Ni 4% とした。その他 Si は 1%, Mn は Mn 系以外では 2% とし、C はできるだけ低く抑えた。試験片は X線マイクロアナライザー用には 6×6×8mm のものを磁性測定用には 6mm φ×30mm のものを使用した。溶体化処理は前報までに述べたように 1100, 1150, 1200, 1250°C の 4 段階で各 1 h 行なつた。またσ相の組成、および磁性におよぼす影響を調べるために上記溶体化処理後長時間時効した 2, 3 の試料について前述の実験を行なつた。

III. 実験結果および考察

(a) 各相組成の定量

この実験に使用した装置はフランスのカマカ社製のものであり、その概要および試料の調整についてはすでに内山<sup>3)</sup>が報告している。各元素の定量の結果および化学分析値との比較についてその一部を Table 2 に示す。

Table 2. Comparison of measured values with chemical analysis.

Elements	Measured value (%)			Chemical analytical value (%)	Ratio of mean value to chemical analysis
	δ fesrite	Aust. or mart.	Mean		
Ni	7.1	11.1	10.92	12.20	0.90
Cu	2.3	3.3	3.27	3.58	0.91
Mn	8.2	9.1	8.90	6.66	1.34
Cr	22.4	18.4	18.59	17.30	1.08
Mo	6.6	4.4	4.50	5.07	0.89
Al	3.2	3.0	3.02	2.37	1.27
Ti	2.7	2.4	2.41	2.20	1.10