

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

Table 3. Ratio of the content of alloying elements in  $\delta$ -ferrite to those in austenite or martensite.

Sol. treatm. temperature	Ni	Cu	Mn	Cr	Mo	Al	Ti
1100°C	0.63	0.76	0.89	1.25	1.79	1.06	1.14
1250°C	0.76	0.87	0.96	1.16	1.43	1.09	1.23

Table 4. Analysis of  $\delta$ -phase formed from  $\delta$ -ferrite.

	Heat treatment	Ni		Cr		Alloying element	
M13	1100°C × 1 h → W. Q. 750°C × 500 h → W. Q.	6.6	26.5	Mo	12.1		
T24	1100°C × 1 h → W. Q. 750°C × 1000 h → W. Q.	4.9	28.2	Ti	6.2		
A 8	1100°C × 1 h → W. Q. 750°C × 1000 h → W. Q.	6.2	37.3	Al	2.9		
S 2	1200°C × 1 h → W. Q. 750°C × 1000 h → W. Q.	1.9	34.7	—	—		
Mn2	1200°C × 1 h → W. Q. 750°C × 1000 h → W. Q.	1.8	34.2	Mn	5.1		
Mn3	1150°C × 1 h → W. Q. 750°C × 1000 h → W. Q.	1.8	31.5		8.4		

18Cr-4Ni 系では一部の試料は  $\delta$  フェライト、マルテンサイト、オーステナイトの混在組織であるが、マルテンサイトは拡散なしの変態であるのでオーステナイトと組成の違いはないと考えられる。

X線マイクロアナライザーによる測定値と化学分析値との間にはかなりの相違が見られる。Ni, Mo は約 10% 以上低い値を示すが、Cr, Mn などは逆にかなり高い値を示している。その他の Cu, Al, Ti などの元素については元素量の多少また溶体化処理温度の違いによって異なった傾向を示すので一概に言いきれない。この測定値は発生した特性 X 線の吸収によつて一般に実際より低い値を示すものと考えられ、各種の補正方式が発表されている。Castaing の方式により補正を行なつたところではある種の試料について Cr が負の補正值をとる他は大部分正であり、したがつて Ni, Mo, Cu の如く分析値より低い値を示す元素では補正により正しい値に近付きうるが逆の場合はますます差が大きくなる。これは質量吸収係数の不正確さを含めて補正方式の不備によることも考えられるが X 線マイクロアナライザーによる定量については今後なお問題が残されていると考えられる。つぎに各合金元素の各相中への分配については Table 2 に見られる如くオーステナイト生成元素はフェライト中よりオーステナイトあるいはマルテンサイト中に多く含有されるがフェライト生成元素はフェライト中に多く含有されていることが観察される。これを定量的に表わすため各元素の  $\delta$  フェライト中とオーステナイトあるいはマルテンサイト中との比率を示したのが Table 3 である。オーステナイト生成元素については Ni, Cu, Mn の順に値が小さく、オーステナイト生成能の強いものほどオーステナイトあるいはマルテンサイト中に多く分配されることを示している。また溶体化処理温度の高い方がその比が大きくなり、両相の間の分配の差

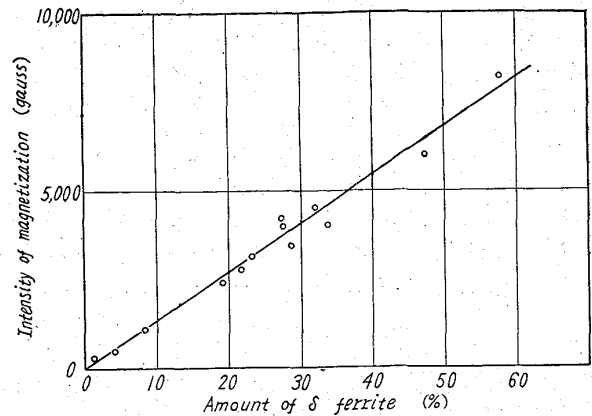


Fig. 1. Relation between the amount of  $\delta$ -ferrite and intensity of magnetization in 1000 Oersted with 18Cr-4Ni stainless steels.

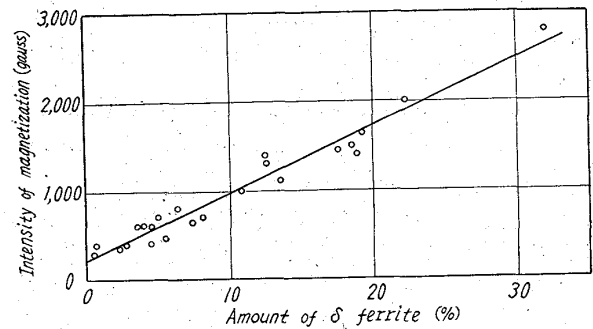


Fig. 2. Relation between the amount of  $\delta$ -ferrite and intensity of magnetization in 1000 Oersted for 18Cr-12Ni stainless steels.

が小さくなることが観察される。この傾向は Cu, Mo についても観察されるが Al, Ti については判然しない。フェライト生成能と分配比についてオーステナイト生成元素の場合と逆の関係が認められないことは Table 3 より明らかであるがこれはフェライト生成元素に 2 つの型があるためではないかと考えられる。すなわちオーステナイトに固溶する場合 Cr より固溶する傾向が強い元素と弱い元素が存在し、Mo のように弱い元素ではフェライト生成元素が過剰の場合にはフェライト中に含有される割合が高くなるためであろう。

(b) 時効による  $\delta$  フェライトの組織変化

750°C での時効により  $\delta$  フェライトから生成した  $\sigma$  相の組成を Table 4 に示す。 $\sigma$  相の生成を促進する傾向は Mo, Ti, Mn が強く、Al は比較的弱い。Mo, Ti を添加した試料では  $\sigma$  相中の Cr 濃度は比較的 low, Mo, Ti が Cr の役割を果していることすなわち  $\sigma$  相の生成限界を低 Cr 側に移すことを意味している。Al を添加した試料では  $\sigma$  相中の Cr 濃度が前者にくらべて高いことから Al は  $\sigma$  相の生成限界をほとんど低 Cr 側に移さないと考えられる。本来オーステナイト生成元素である Mn が  $\sigma$  相の生成を促進することはすでに報告もあり、本実験でも認められたことであるが、 $\delta$  フェライト中、 $\sigma$  相中の Mn 量は全く変化なく、ただ Mn 3 の方が  $\sigma$  相の Cr 濃度が幾分低いことから Mn は  $\sigma$  相

の生成限界を低 Cr 側に移す能力は極めて小さく、 $\sigma$  相の生成速度を著しく速めることに特徴がある。

(c)  $\delta$  フェライト量と磁性との関係

磁性を表わす数値としては磁場の強さ 1000 エルステッドにおける磁化の強さを用いた。装置は Cioffi 型電子管式自記磁束計を用い、磁気履歴曲線から  $B-H=4\pi I$  を求めた。計算の便利のため飽和磁化の強さとして  $4\pi I$  を使用する。18Cr-4Ni 系および 18Cr-12Ni 系について飽和磁化の強さと  $\delta$  フェライト量との関係を各々 Fig. 1, 2 に示す。18Cr-4Ni 系については組織的に調べてマルテンサイトの存在しない試料のみから両者の関係を決定した。図からも分かるように  $\delta$  フェライト量と飽和磁化の強さは直線関係を有する。しかし 18Cr-4Ni 系と 18Cr-12Ni 系ではその勾配は異なっており最小自乗法により求めた関係式は各々 (1) (2) 式の如くなる。

$$y = 135.6x - 30.6 \dots\dots\dots(1)$$

$$y = 75.1x + 225.3 \dots\dots\dots(2)$$

y: 飽和磁化の強さ, x:  $\delta$  フェライト量

しかし最小自乗法で求めた式すなわち直線のあてはめに意味があるかどうか疑問があつたので回帰分析により検定したところ、95% の信頼度で意味のあることが判明した。またマルテンサイトの混在する場合も sub zero 処理のデータと式 (1) を用いてそのマルテンサイト量を推定することも可能であり、その結果溶体化処理温度の高い程マルテンサイト量が減少し、オーステナイト量が増加することがわかつた。

文 献

- 1) T. P. HOER & K. W. J. BOWEN: Trans. Amer. Soc. Metals, 45 (1953), p.443/475.
- 2) H. T. SHIRLEY: J. Iron. & Steel Inst. (U. K), 174 (1953), p. 242/249.
- 3) 内山: 鉄と鋼, 47 (1961) 10, p. 286.

669, 14, 018, 8 = 669, 15/24/26-196, 56

539.4 = 620, 193.01

(163) オーステナイト+フェライト系ステンレス鋼の機械的性質および耐食性におよぼす成分および組織の影響 62343

(Cr, Ni, Mo, Mn, Si の影響)  
大平金属工業 1506~1508  
工博 井上繁弘・土屋 隆

Effects of Chemical Compositions and Structural Conditions on Mechanical Properties and Corrosion Resistance of Austenitic and Ferritic Cast Stainless Steels.

(Effects of Cr, Ni, Mo, Mn, Si)  
Dr. Shigehiro INOUE and Takashi TSUCHIYA.

I. 緒 言

オーステナイト系ステンレス鋼中のフェライト相については、耐食性、機械的性質の点から種々問題になつ

ているが、そのフェライト相の役割については定量的な関係がはつきりしていない。本実験では、20Cr-9Ni ステンレス鋼を中心として Cr, Ni, Mn, Si, Mo を変化させて、そのフェライト相の量を測定し、それと、引張強さ、耐力、弾性限 (0.02%) 硬度、5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> に対する耐食性の関係を調べた。

II. 供試材および実験方法

供試材は 100 kg 高周波炉で溶製し、順次変動成分を添加していつて Keel Type Block に铸造した。その化学成分を Table 1 に示す。全試料について 1100°C × 2h → 水冷処理を行つた。フェライト量は組織中のフェライト相の多少に応じて適当な視野になるような倍率にし、線分析によつて求めた。引張試験片は JIS 4 号試験片を用い、腐食試験は JIS 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 沸騰 6 時間で行つた。

Table 1. Chemical compositions of specimens. (%)

Elements No.	Elements					
	C	Ni	Cr	Mn	Si	Mo
11	0.04	5.17	14.75	0.79	0.88	—
12	0.04	5.43	19.88	0.89	0.83	—
13	0.04	5.50	24.72	0.81	0.83	—
21	0.04	9.00	19.67	0.84	0.98	—
22	0.05	9.28	24.32	0.82	0.95	—
23	0.05	9.37	29.79	0.83	0.93	—
31	0.04	14.80	24.93	0.86	1.05	—
32	0.04	15.09	29.02	0.86	0.97	—
33	0.04	14.78	34.10	0.84	0.98	—
41	0.05	8.98	20.67	0.83	0.88	2.56
42	0.05	8.91	20.78	0.83	0.85	3.90
43	0.05	9.36	20.64	0.74	0.84	5.60
44	0.06	8.99	20.82	0.80	0.83	7.80
51	0.04	8.95	19.99	1.87	0.98	—
52	0.05	9.03	19.87	3.09	0.93	—
53	0.04	9.22	19.86	4.18	0.93	—
54	0.05	8.81	19.61	5.50	0.86	—
61	0.04	8.97	19.86	1.02	2.00	—
62	0.05	8.91	19.75	0.98	3.36	—
63	0.04	9.01	19.63	1.00	4.53	—
64	0.04	8.62	19.25	0.98	5.84	—

III. 実 験 結 果

a. 機械的性質

Ni 量 5% では Cr が増加すると引張強さは直線的に低下し、伸びは反対に大きくなるが、耐力、弾性限は、Cr 量 20% で最も小さい。Ni 量 9, 15% では Cr が増加すると機械的強度が大きくなり、また伸びは反対に低下する。20Cr-9Ni に Mo または Si を添加すると、その量の増加につれて機械的強度は大きくなるが、伸びは反対に低下する。Mn は機械的性質にほとんど影響しない。

b. 顕微鏡組織とフェライト量

No. 11, 12 ではマルテンサイトが全面的または一部に認められるが、その他では同一 Ni 量で Cr 量の多い程、また 20Cr-9Ni では Mo, Si の添加量の多い程、フェライト相が多くなる。しかし Mn は約 3% 附近にフェライト量の最小値があるように思われる。

Table 2 に各成分のフェライト実測値とシェフラー組織図より求めたフェライト推定量を示した。Ni, Cr