

Fig. 2. Variation of permeability

工率の高いほど $\sigma$ の析出がいちぢるしく導磁率の減少することが確認された。

IV. 結 言

- (i)  $\sigma$ は初期には双晶，結晶粒界などに結節状に析出する。
- (ii) 成長後の結晶粒には転位網が認められない。
- (iii) X線回折によると $\sigma$ のもつとも回折強度の高い面は(410)・(420)・(411)である。
- (iv) 25Cr-4Ni-1.5Mo 鋼の $\sigma$ 析出速度はきわめて大であり，加工率0%・800°C-60sec 保持の試料においてもその存在が認められる。その程度は加工率の高いほど，熱処理時間の長いほど顕著である。

669.15, 24.26-194.56: 669.112, 222

(150) 18-8 鋼中の $\delta$ -フェライトの性質

八幡製鉄所，技術研究所 No. 64312  
牟田 徹・○竹村 右・山本 広紀

On the Nature of  $\delta$ -Ferrite in 18-8 Stainless Steels.

PP1977-1979  
Tohoru MUTA, Susumu TAKEMURA and Hiroki YAMAMOTO

I. 結 言

18-8 鋼には，種々な程度に $\delta$ -フェライトが含まれている。これらの $\delta$ -フェライトは熱間加工性や耐食性を劣化させるので，できるだけ少ない方が望ましいことはもちろんである。近來，この $\delta$ -フェライトと母地のオーステナイトとの間の電気化学的ポテンシャルの差を利用して，母地のみを外電場を与えて溶解させる，いわゆる，電気抽出が可能になった。したがって，われわれは $\delta$ -フェライトの含有量と同時にその化学組成を知るともまた，可能であり，オーステナイト中の $\delta$ -フェライトの挙動を知る上に重要な手掛を得たことになる。一方，オーステナイトの常磁性に対し， $\delta$ -フェライトは強磁性であることは古くから知られた性質である。そし

て，オーステナイト中に含有される $\delta$ -フェライトの量を知るために，導磁率，または飽和磁化などの測定が行なわれている。

$\delta$ -フェライトの抽出は， $\delta$ -フェライトを含むオーステナイト鋼試料を，塩酸アルコール溶液中で陽極として電解を行なうのであるが，試料が熱間圧延ままの場合に限り $\delta$ -フェライトの抽出が可能なのである。すなわち，熱延後焼鈍したりさらに炭化物析出処理をしても， $\delta$ -フェライトの抽出はできない。ゆえに，電解抽出は可能になったが，完全なものとはいえない。

磁性測定による $\delta$ -フェライトの定量は本実験結果にも示めされるように，いろいろな問題がある。本実験は電解抽出による $\delta$ -フェライト量と磁性測定の結果を対比させ考察を加えようとするものである。

II. 実験方法

(1) 電解抽出法

Fig. 1 に示すような電解槽を用いた。電解の条件は次の通り。

電解液: 5% HCl in  $C_2H_5OH$ +36g/l  $ZnCl_2$

電流密度: 10 mA/cm<sup>2</sup>

抽出残渣は磁気分離を行ない，乾燥後秤量した。したがって， $\delta$ -フェライトの含有量は(残渣重量)/(溶解重量)で表わされる。

(2) 磁性測定

坂田製作所製の低透磁率計を用いた。供試鋼は4.0~4.5mm 厚の板であり，測定試片は3mm  $\phi$  × 200mm とし，長さを圧延方向と平行にとつた。また，電解抽出残渣の磁気分離されたもの( $\delta$ -フェライト)を磁気天秤で磁化の強さ測定に用いた。透磁率計の磁場の強さは100 O<sub>e</sub>。磁気天秤のそれは5000~6000 O<sub>e</sub>である。図，その他の表示は計算の簡便化を考慮して，MKS系の比磁化率 $\bar{x}$ を用いた。CGS系の透磁率( $\mu$ )および磁化率( $x$ )との関係は次の通りである。

$$\mu = 1 + \bar{x} = 1 + 4\pi x$$

III. 実験結果と考察

電解によつて $\delta$ -フェライトが抽出された43個の試料の比磁化率を求めた。 $\delta$ -フェライト(%)と比磁化率( $\bar{x}$ )との関係をプロットすると Fig. 2 のようになる。図中の曲線は log  $\delta$  による log  $\bar{x}$  の回帰の推定値を示した

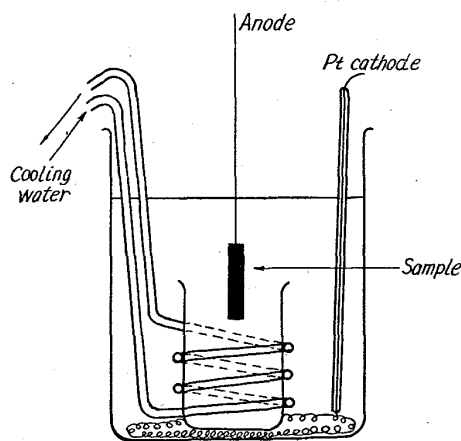


Fig. 1. Apparatus for electrolytical extraction of  $\delta$ -ferrite.

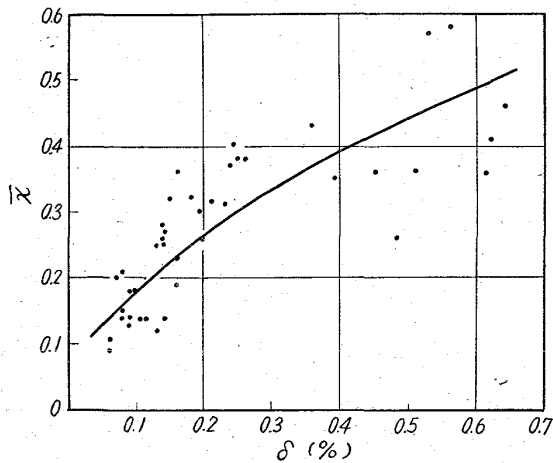


Fig. 2. Correlation between the content of electrolytically extracted  $\delta$ -ferrite and relative susceptibility.

曲線である。  $\log \delta - \log \bar{\chi}$  の線型回帰の分散分析結果は  $F_0 = 103.4$  ( $e = 0.03$ ) で強度に有意であり、  $\log \delta$  の  $\log \bar{\chi}$  の分散への寄与率は 71% である。

すなわち、磁化率は抽出される  $\delta$ -フェライト量が増えるにしたがい直線的に増加しているが、上述のように磁化率の変動の約 30% は  $\delta$ -フェライト量以外の要因によつてひきおこされていると考えられる。抽出された  $\delta$ -フェライトの Fe, Ni および Cr の分析を行なつたところかなりの変化が認められた。43 個の試料の  $\delta$ -フェライト中の Fe, Ni および Cr の組成範囲は次の通りであつた。

Fe: 40.7~72.5%

Ni: 1.7~5.2%

Cr: 14.2~36.5%

実測値の回帰の推定値からの偏りと上記の 3 成分含有量との重回帰分散分析を行ない、危険率 1% で重回帰が有意であるとの結果を得た。3 成分の偏回帰係数は、それぞれ次の通りである。

Fe: 0.03

Ni: -0.11

Cr: 0.48

$\delta$ -フェライト中の Ni 濃度が増えると、ある磁化率に対し抽出される  $\delta$ -フェライトの量が多くなることを示している。逆にいえば、Ni 濃度の高い  $\delta$ -フェライトは磁化率が小さいことを示している。 $\delta$ -フェライト中の Cr は Ni と全く逆の挙動を示し、その作用力は Ni の約 5 倍といえる。Fe はかなり広範な変動を示しているが、測定値のバラツキの原因にはほとんどならない。

今、磁化率の測定値が絶対的なものとすれば、抽出される  $\delta$ -フェライトの量の多寡は、母地と  $\delta$ -フェライトの電気化学的挙動の差の大小および、抽出後の  $\delta$ -フェライトの電解溶液中での溶解の大小によつて決まると考えられる。 $\delta$ -フェライト中の Ni 濃度が増え、Cr 濃度が減ることが、一定の磁化率に対し抽出される  $\delta$ -フェライトの量を増大させることになり、これは先述の  $\delta$ -フェライトの組成から考えて、母地の組成に接近することになるにもかかわらず、抽出が容易に行なわれること

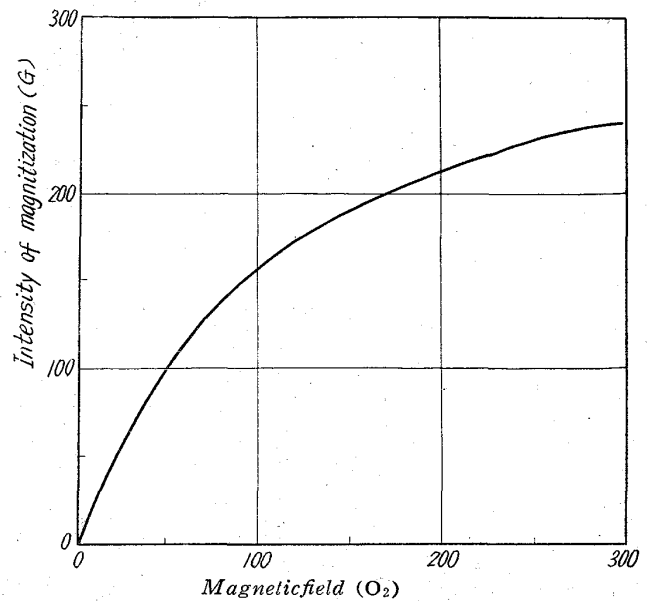


Fig. 3. Magnitization curve of austenitic steel.

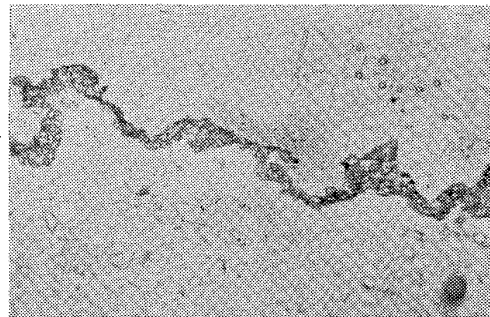


Photo. 1.  $\delta$ -ferrite in austenite. (Rolled Plane)  $\times 500$  (2/3)

を意味するから、Ni 濃度が高く、Cr 濃度が低いと電解液中で抽出された  $\delta$ -フェライトが溶けやすいと考えられる。逆に、抽出された  $\delta$ -フェライト量を中心に考えれば、 $\delta$ -フェライト中の Ni 濃度が高く、Cr 濃度が低いほど、磁化率が小さいことの説明が必要である。Fig. 3 に、0~300 Oe の磁場における磁化曲線の一例を示めよう。このような領域において、磁化率の大小を論じるのは、はなはだ危険であるが、強磁性体の形状にもとづく反磁界の影響と、合金の組成にもとづく磁気モーメントの両者を考えるべきであろうと考えられる。

Photo. 1 は圧延面から見たオーステナイト中の  $\delta$ -フェライトの形状の一例である。断面から見れば、ほぼ線状に見えるからフェライトは概して微小な板状であり多数が密集してリボン状になっている。このような形状の強磁性体が、常磁性のオーステナイト中に存在して磁化されたとき、どのような反磁界を生じるかをわれわれは知らない。したがつて、磁化曲線の形への影響も正確には評価できない。圧延方向と平行および直角に測定した場合次のような結果が得られている。[平行のとき A 試料: 0.16, B 試料: 0.10, 直角のとき A 試料: 0.07, B 試料: 0.04] 磁化が十分飽和するような強磁場での磁気モーメントと、 $\delta$ -フェライトの組成との関係を求める予定である。

Fig. 2 に示されるようにこのような  $\delta$ -フェライトの含有量の範囲において、 $\delta-\bar{x}$  関係は直線ではなく、 $\bar{x}=0.65 \cdot \delta^{0.56}$  で与えられることは、 $\delta$ -フェライトの増加によつて、 $\delta$ -フェライトの数が増えるのであるが、上述の反磁界の影響がかなりあるものと考えられる。しかし、ずつと広範囲の測定によつてこれは結論さるべきであると考えられる。

IV. 結 言

18-8 鋼中の  $\delta$ -フェライト量を電解抽出で定量し、磁性との関係を求めた。その結果  $\delta$ -フェライト量(%) と比磁化率の関係は次式で与えられる。

$$\log \bar{x} = 0.558 (\log \delta \% + 0.731) - 0.594$$

$\delta$ -フェライトの組成は、一般に平均組成 18.5%Cr, 9.0%Ni に比べ Cr が高く Ni が低いが、Cr が低く Ni の高い平均組成に近い  $\delta$ -フェライトは電解で抽出される量が少なくなる。

磁性測定では磁場が弱いときに、反磁界の影響を考えなければならないが、明瞭で簡単な説明方法がない。

669.15'24'74-194.3:669.14.018.85  
:620.172.25/22:669.786

(151) 高 Mn 耐熱鋼の高温特性におよぼす N の影響

金属材料技術研究所 No.64313

工博 依田 連平・○吉田 平太郎  
小池喜三郎

Effect of Nitrogen on the High Temperature Properties of the High Manganese Heat Resisting Alloys. pp1979~1982

Dr Renpei YODA, Heitaro YOSHIDA and Kisaburo KOIKE

I. 結 言

N-155 合金中の Ni 20% の中 10%を同量の Mn でおきかえても C, N の適量を添加すれば N-155 合金よ

りクリープ強度がすぐれ、鍛造が容易で経済的な合金が得られること<sup>1)</sup>、その原因は Mn 添加によるすぐれた時効硬化性と変形抵抗の減少にあること<sup>2)</sup>、および Co を全く除き Ni を 6% に減らしても N を約 0.8% 含有すれば、700°C, 26 kg/mm<sup>2</sup> の試験条件下では N-155 合金よりも遥かにすぐれたクリープ破断寿命を有するものが得られること<sup>3)</sup>を前回までに報告した。そこで Co を含まぬ経済的で強力なこの材料を 10M6N 合金と呼称することにし、これは現在特許申請中である。10M6N 合金のすぐれた高温特性は Mn と多量の N を併用したためである。そこでこの合金系に対する N 含量の影響を求め、この元素が高温特性の向上に対してどのような挙動を示すかを求めた。

II. 試料および実験方法

大気中高周波誘導炉で 3~20kg の溶解をマグネシア坩堝とライニング中で行なつた。N は Fe-Cr-N (6.2% N, 43%Cr) あるいは Mn-N (7.02%N) の母合金で添加した。マグネシア坩堝で Fe-Cr-N を用いて約 3 kg 溶製した試料の分析値を Table 1 に示す。得られた鋼塊は 1200°C で鍛造し、この試料は 1200°C × 1hr 加熱水冷の溶体化処理後、700°C で 1000hr までの時効硬化性試験を行なつた。そして  $\delta$  ferrite の認められたものについては線分析法によりその量を測定した。また溶体化処理後、800°C × 4hr 空冷した試料について、700°C で 26 kg/mm<sup>2</sup> と 20 kg/mm<sup>2</sup> のクリープ破断試験を行なつた。なお必要に応じて顕微鏡組織や残渣の X線回折などについて検討した。さらに N 含量の異なる数種の冷加工試料を 550~1000°C で 1hr 加熱しその硬度測定により軟化低抗に対する N の影響を求めた。

III. 実験結果とその考察

(1) 合金の N 含量について

No. 74 合金は N を全く添加しないものであるが、溶解 N (以後, S. N. と略す) 0.0654%, 不溶解 N (以後 I. N. と略す) 0.0187% を含有している。これは N と親和力の強い Cr, Mn などの元素が多量含まれているた

Table 1. Chemical composition of alloys (in wt. %).

Alloy	N		C	Mn	Cr	Ni	Mo	W	Nb	Fe
	S. N I. N	T. N								
74	⑤ 0.0654 ① 0.0187	0.084	0.02	10.23	19.82	6.59	1.96	2.45	0.54	Bal.
75	0.2975 0.0825	0.380	0.23	10.18	19.98	6.03	1.83	2.38	0.74	"
76	0.5096 0.1050	0.615	0.23	10.33	20.44	6.48	2.03	2.15	0.56	"
77	0.5348 0.1204	0.655	0.23	10.48	20.36	5.92	2.21	2.72	0.77	"
78	0.5495 0.1149	0.664	0.22	9.88	20.24	5.98	1.87	2.63	0.66	"
79	0.6013 0.1531	0.754	0.22	10.13	19.87	5.88	1.92	2.24	0.75	"
80	0.8017 0.1230	0.925	0.25	9.68	19.27	6.42	1.89	2.37	0.98	"
89	0.7701 0.1631	0.933	0.25	9.72	20.63	6.04	2.13	2.21	0.84	"
90	⑤ 0.8749 ① 0.1040	0.979	0.23	10.31	19.25	5.87	1.97	2.45	0.78	Bal.