

Fig. 4. The effect of C content on the  $\delta$  of 12% Cr steel ( $H_B$  200)

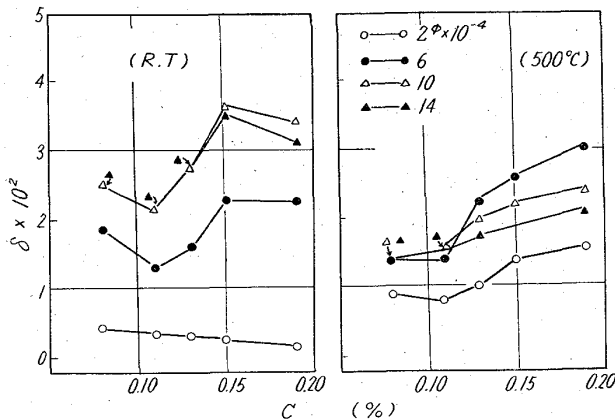


Fig. 5. The effect of C content on the  $\delta$  of 12% Cr steel ( $H_B$  240)

ては、地と析出相との境界の弛緩が主要な部分を占めているものと考えられる。これにより、12% Cr 鋼の  $\delta$  におよぼす C の影響が硬さによって異なることが説明できる。またフェライト+パーライト、またはフェライト+ソルバイト組織よりも、一様に炭化物が地に分布する均一なソルバイト組織の方が  $\delta$  は大きく、またフェライト地が柔らかく、析出相が硬く、両者の弾性的性質の差が大きいほど  $\delta$  は大きいと考えられる。1/2 Mo 鋼について  $950^\circ\text{C}$  から  $50\sim 100^\circ\text{C/hr}$  で冷却したフェライト+パーライト組織のものと、油焼入し  $700\sim 740^\circ\text{C}$  で焼戻して球状炭化物が一様に分布する組織のものとを比べると、後者の  $\delta$  は前者に比べ著しく大きい。

V. 結 言

以上により 12% Cr 鋼の振動減衰率におよぼす C および Cr の影響を明かにした。結果は要約すると次の通りである。

- (1)  $\delta$  は温度によって変化し、小振巾では温度の上昇とともに  $\delta$  は増加し、大振巾ではその逆で、中振巾ではある温度で最大値を示す。
- (2) ブリネル硬さ  $H_B$  200 に調質したものの方が  $H_B$  240 のものより  $\delta$  が大きい。
- (3)  $H_B$  200 の試料では C が  $0.08\sim 0.10\%$  で Cr が

$11.5\%$  附近に  $\delta$  の最大値があり、C 量が高いものほど  $\delta$  は小さい。

(4)  $H_B$  240 の試料では、Cr  $10.5\%$ 、C  $0.20\%$  附近で  $\delta$  の最大値があらわれ、Cr が  $13\%$  をこえると  $\delta$  は小さくなり、C 量の高いものほど  $\delta$  は大きい。

(5) フェライトが出ている組織よりも、均一なソルバイト状組織ないしは球状化組織の方が  $\delta$  は大きい。

文 献

- 1) 小野, 佐々木: 日立評論別冊 第 16 号 (1956) p. 28~35
- 2) O. FÖPPL: J. Iron and Steel Inst. (U. K.), 134 (1936), p. 393~455

669.15'24'26'28-194.3:620.187.22  
1548.5

(149) 25Cr-4Ni-1.5Mo 鋼中の  $\sigma$  相に関する一考察

神戸製鋼所, 長府北工場 No.64311  
工博 高橋 孝吉・大西 忠利・中原 寛治  
浜田 汎史・原野 紀久

A Study of  $\sigma$  Phase in Duplex 25Cr-4Ni-1.5Mo Steel. pp1975~1977

Kokichi TAKAHASHI, Tadatoshi ONISHI,  
Kanji NAKAHARA, Hirofumi HAMADA  
and Norihisa HARANO

I. 緒 言

最近耐腐蝕性が AISI 316 などより優れているとして石油化学工業および合成化学工業などの分野においてその使用用途が伸びている 25Cr-4Ni-1.5Mo 鋼々管について著者らはその試作研究を行ない、製管技術の確立および腐食特性の把握を行なつた点について報告した。

この間著者らは本鋼種はオーステナイト・フェライト 2 相を有し、かつ Mo を合金元素として含有するためには  $\sigma$  相脆性が大きく、特に  $800^\circ\text{C}$  附近でのごく短時間熱処理により冷間加工性が劣化し、製品酸洗性に異常をきたす種々の製管上のトラブルを経験した。

そこで本報では  $\sigma$  相析出温度である  $800^\circ\text{C}$  における加熱時間および加工度による  $\sigma$  相の析出挙動について導磁率の変化、X線回折および電子顕微鏡などによって調査し、実際製造上の参考資料とすることとした。

II. 試 料

500kg 高周波溶解炉により素材の溶解を行ない Table 1 に示すような化学成分の鋼塊を得た。この鋼塊を鍛造して押出製管用ビレット ( $170\text{ } \phi\text{ mm } 1600\text{ mm}$ ) を作成し Ugine-Séjournet 方式による熱間押出加工で製管を行ない、冷間引拔を行なつて  $40\text{ } \phi\text{ mm } \times 3.5\text{ t mm}$  の試験材をえた。これから各種試験片を採取した。

作成した試験片を圧延加工率  $0\sim 60\%$ 、温度  $800^\circ\text{C}$  保持時間  $60\text{ sec (1 min)}\sim 180000\text{ sec (50hr)}$  の条件で熱処理をほどこした。

III. 実 験 結 果

- (1) 電子顕微鏡による  $\sigma$  の直接観察  
 $\sigma$  を電子顕微鏡で直接観察することは経験を要するため、 $\sigma$  を確認するため  $\gamma$  と  $\alpha$  の電子線回折像を先に確認

Table 1. Chemical composition of specimens

Specifications and charge No	chemical composition (%)								
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
T 33	0.078	0.55	0.29	0.017	0.008	4.37	24.97	1.59	0.083
ASTM-A 268 TP 329	≤0.20	≤1.00	≤0.75	≤0.040	≤0.030	2.50~5.00	23.0~28.0	1.0~2.0	—

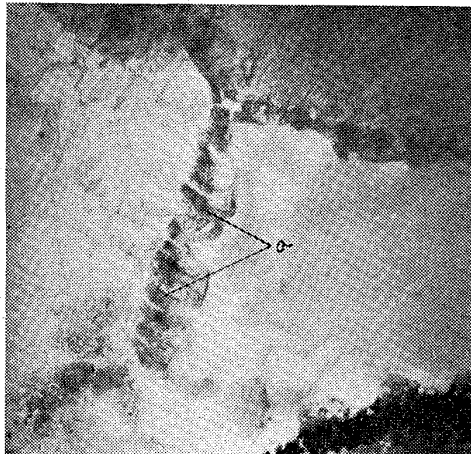


Photo. 1.  $\sigma$ -phase under electron microscopy.  
×20,000 (1/2)

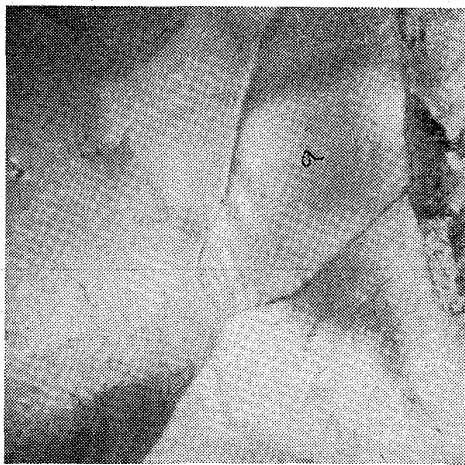


Photo. 2.  $\sigma$ -phase under electron microscopy.  
×10,000 (1/2)

しておき、 $\gamma$ または $\alpha$ と明瞭に異なるパターンが生じたときに電子線回折を解除してその部分および近傍を観察した。直接観察した $\sigma$ の例を Photo. 1, 2 に示す。

この結果 800°C で 60sec (加工率 0%) でも $\sigma$ が析出していることが認められた。 $\sigma$ は結晶粒界、双晶部にあらわれ、結節状をなしている。析出量はきわめて微量であった。50hr 熱処理のものでは $\sigma$ は $\gamma$ 粒内にも析出していた。この長時間処理では $\sigma$ は非常に大きく成長しており $\alpha$ を中に取り囲んでしまったものも見受けられた。このときの $\alpha$ は 800°C ~50hr 処理のものではもとの半分程度に減少していた。また Photo. 1, 2 にみられるように $\sigma$ と $\gamma$ または $\alpha$ との粒界は他の部分にくらべて転位網の密度が高く、 $\sigma$ の内部には転位は認められなかった。これは転位と $\sigma$ との関係を示しているようであ

る。

(2) X-ray diffractometer による $\sigma$ の検出

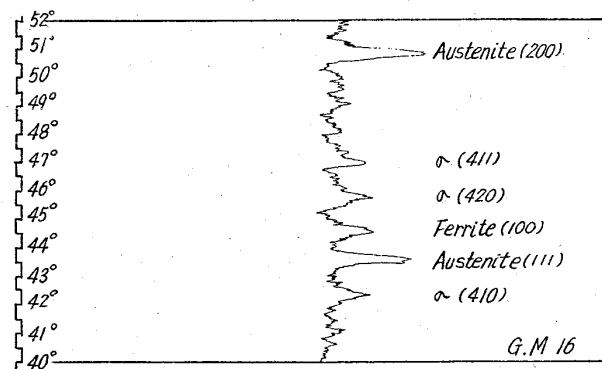
X線回折は(1)と同一処理条件の試料の一部について電解研磨薄膜・粉末・電解抽出残渣の3種の試料を準備し、反射法によりおこなった。ターゲットは Mo および Cu をもちいた。Mo ターゲットによる回折は Mo の波長が短いため回折角が小さく、また $\sigma$ のもつとも回折強度の高い(410)・(112)面が $\gamma$ の(111)、 $\alpha$ の(100)面に近接していることもあつて良好な結果はえられなかった。これに反し、Cu ターゲットによる回折では分離もよく良好な結果を納めた。これらの試料中もつとも好成績がえられたのは電解研磨薄膜であつた。その一例を Fig. 2 に示す。

結果として 60sec 程度の短時間熱処理では $\sigma$ の peak は検出できなかった。これは $\sigma$ の析出が微量であつたためと考えられる。50hr 熱処理試料では $\sigma$ の(410)・(420)・(411)の peak が明瞭にとらえられた。一例を Fig. 1 に示す。

(3) フェライト( $\alpha$ )の分解による導磁率の変化

Ferro-meter を使用して溶体化処理をほどした試料の導磁率を 100 としたときに $\alpha$ の分解による導磁率の変化におよぼす熱処理時間・加工率の影響について検討を行なつた測定結果を Fig. 2 に示す。

この図より判明するごとく 800°C で熱処理時間が 600sec までは加工率の大小にかかわらずほとんど変化が認められないが、これを越えると加工率の影響が急速にあらわれ、加工率が大きくなるほど導磁率の減少がいちじるしい。この結果、熱処理時間が長いほどおよび加



Chat 7. Sample of plate form  
(Treating with electrolytic polish)  
Rolling ratio 0% 800°C/180,000 sec hold  
Target : Cu (Water cooled)

Fig. 1. The peak of  $\sigma$ -phase by X-ray diffraction

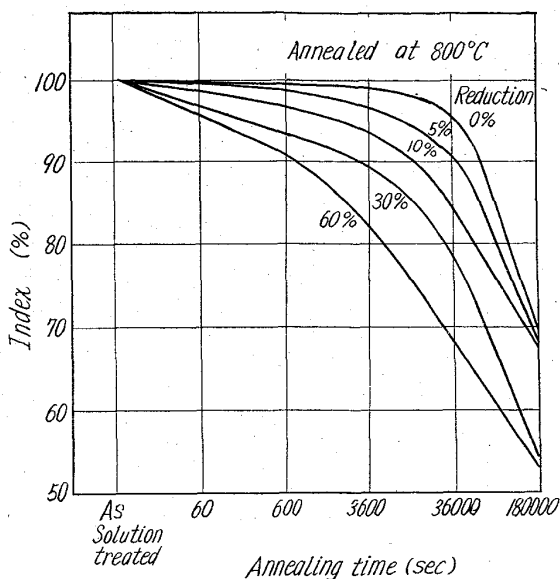


Fig. 2. Variation of permeability

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。近来，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3 mm  $\phi$  × 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

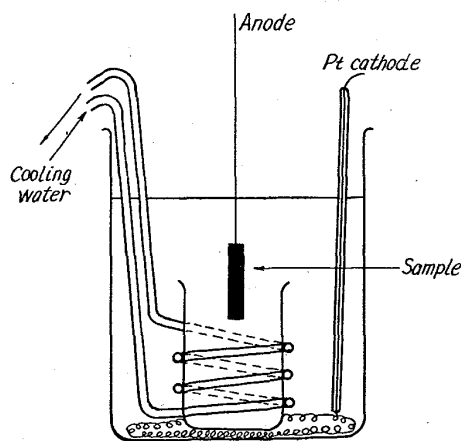


Fig. 1. Apparatus for electrolytical extraction of  $\delta$ -ferrite.