

また、抗張力  $140 \text{ kg/mm}^2$  の強度は、焼戻温度  $400^\circ\text{C}$  程度で得られ、伸び、絞りともに優れている。

(2) 水中遅れ破壊試験は、実用条件よりも、かなり、severe な条件で行なつたが、比較材として選んだ、Mn-Cr 鋼よりも優れており、高応力負荷で使用する高張力鋼棒としても、十分、実用化され得る。

(3) 両端ネジの形状で行なつた、部分片振り疲労試験結果は、母材部強度を同程度とした。Mn-Cr 鋼と比較して、振巾応力の高い範囲では、破断繰返数は、低 Mn 鋼のほうが低いが、 $2 \times 10^6$  回疲労限は、いずれも等しい値となつた。

これらの試験結果より、低 Mn 鋼は、高張力鋼棒用として、低合金鋼に代り、十分実用に供せられよう。

#### 文 献

- 1) 山本, 藤田: 鉄と鋼, 51 (1965) 11, p. 2098
- 2) C. S. YEN, S. L. PENBLEBERRY: Trans. Amer. Soc. Metals, 55 (1962), p. 214
- 3) P. KÖVESI, J. V. LEAVERLAND: Iron & Steel Inst., Spec. Rep., 76 (1962), p. 63

## (132) 連続冷却変態曲線と陽極分極特性曲線

(Zr 系標準鋼に関する研究—II)

日新製鋼, 周南製鋼所 工博○藤田 春彦  
東京大学, 工学部 工博 荒木 透  
金属材料技術研究所 中島 宏興

On the Continuous Cooling Transformation Curves and the Potentiostatic Polarization Curves.

(Study of the standard steel contained zirconium—II)

Dr. Haruhiko FUJITA, Dr. Toru ARAKI and Hirooki NAKAJIMA.

### 1. 緒 言

前報<sup>1)</sup>において無作為実験により試作溶接用高張力鋼におよぼす各種特殊元素の成分効果を定量的に算出、標準鋼の材質を決定した。さらに、これら Zr 系鋼の一連の材質特性につき試験研究を行なつた結果を報告し、標準鋼および Cu-P-Cr-Zr 系鋼種の連続冷却変態曲線図を作製して、変態組織と生成過程について説明を行なつた。ひき続いて本報ではオーステナイト化温度が変態開始線、終了線など連続冷却変態曲線図におよぼす影響を調べた。さらに変態組織についても若干の考察を行なつた。また、このような特殊鋼準耐食材の腐食試験結果と腐食特性の検討として試みた定電位電解装置による陽極分極特性試験結果について報告する。

### 2. 実験方法

Zr 系鋼種の変態点を測定し、オーステナイト化温度の影響を求めるためにオーステナイト化温度  $950^\circ\text{C}$  での連続冷却変態曲線と  $1340^\circ\text{C}$  での連続冷却変態曲線とを求め、変態開始と終了線におよぼす影響を示した。さらに変態組織について電子顕微鏡により検討し考察を加えた。

この系鋼種の耐食性を検討するために、全国的規模で

長期間にわたり大気暴露試験を行なつているが、その腐食生成物の性状を X 線回折により調査した自社で考案した回転式浸漬試験装置で実験した。海水中における腐食試験を行なつた。さらに特殊鋼準耐食材の耐食性能の定量的判定試験法として腐食媒質を海水にとり定電位電解装置で測定を行ない得られた陽極分極特性曲線図による陽極分極特性について腐食性能の評価を行なつた。

この場合測定試料は  $1 \text{ cm}^2$  を残し、他の部分を合成樹脂で被覆し、600# に研磨したものをただちに溶液中に浸漬し、5 min 後に自然電極電位を読みとり電位を貴の方向に  $0.10 \text{ V/2 min}$  で上昇させて試験した。なお照合電極には飽和甘汞電極を、分極測定にはつきのごとき性能の真空管式定電位電解装置を使用した。設定電位:  $0 \sim \pm 3 \text{ V}$ , 電位精度:  $\pm 1 \text{ mV}$  以内, 電解電流:  $\pm 150 \text{ mA}$ , 応答速度:  $0.1 \sim 0.01/\text{sec}$  である。さらに種々の速度の連続冷却を行なつてえられた異なる組織について同様な陽極分極特性曲線図を作製し、変態組織の差による鋼質の耐食性について検討を行なつている。

### 3. 実験結果と考察

3.1 オーステナイト化温度の連続冷却変態図におよぼす影響および組織について

Fig. 1 に示すように、Cu-P-Cr-Zr 系鋼 (N2 鋼) をオーステナイト化温度  $950^\circ\text{C}$  および  $1340^\circ\text{C}$  から連続冷却した熱処理用および溶接用連続冷却変態曲線図を作製し、オーステナイト化温度の影響を検討した。後者は高温からの冷却であり、オーステナイト化温度が高いためにフェライト、 $Z_w$  (中間段階)、パーライト変態の開始線はそれぞれより低温側にずれ、また開始時間は遅れ長時間側に移行しているのがわかる。これはオーステナイト化温度が高いために、オーステナイトの均質化が促進され、変態の核発生が減少することなどによると考えられる。熱処理用の連続冷却変態において、オーステナイト粒界から生成する初析フェライトの開始線と細かい針状のフェライトを主体とする  $Z_w$  組織の開始線との間に、比較的大きい Widmannstätten 状のフェライトが生成する温度範囲がある。この Widmannstätten 状のフェライトをフェライト領域に入れるか、または  $Z_w$  領域に入れるべきか、については疑問があるので、C. C. T 図ではその生成開始線を破線で示した。Photo. 1 は Fig. 1 で  $653^\circ\text{C}$ , 10 sec より水冷して変態を中止させた時



×400 (9/10)

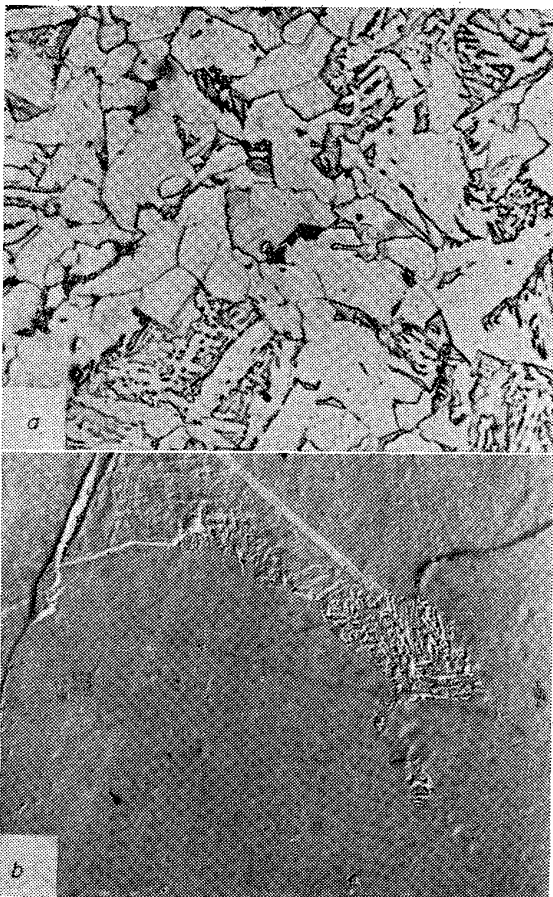
Photo. 1. Microstructure of  $\text{N}_2$  steel which cooled continuously and then quenched rapidly from  $653^\circ\text{C}$ , 10 sec.

の組織で、塊状の初析フェライトに続いて生成し始めた Widmannstätten 状のフェライトを示している。また、パーライト生成域の nose に近い冷却速度で冷却された組織において、フェライト結晶粒の間に炭化物らしい析出がみられたが電子顕微鏡観察によりパーライトであることがわかった (Photo 2)。

### 3.2 耐候性試験結果

この鋼種の耐候性をみるために各種腐食試験および大気暴露試験を全国的規模で行なっている。試験も長時間を要するが、途中1カ年の海岸、工業地帯での発生錆の組成分析をX線回折により試験した結果では、 $\alpha\text{-Fe}_3\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$  (Lepidocrocite),  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$  (Goethite),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Gagnetite) を生成し、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  (Hematite) は極少量しか検出されなかつた。N2鋼の海水での耐候性を調べるために自作の回転式浸漬試験装置を用い検討を行なった。Table 1 は試験海水液の分析表である。

表面処理状況の腐食試験結果への影響をみるために、試験片を黒皮のまま、60#, 220#, 400#, 表面研磨材, 50°Cの10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  による酸洗材, スケール処理後、濃



a:  $\times 600$  b:  $\times 5000$  (4/5)

Photo. 2. Microstructure of continuously cooled N<sub>2</sub> steel.

Table 1. Chemical analysis of examined sea water.

Composition	Cl <sup>-</sup> g/kg	So <sub>4</sub> <sup>2-</sup> g/kg	Mg <sup>++</sup> g/kg	Ca <sup>++</sup> g/kg	residue g/kg	PH	Specific gravity
Examined solution	13.42	1.88	0.93	0.294	26.74	7.95	1.015

$\text{HNO}_3$  による処理材, 3%  $\text{HNO}_3$  による電酸処理材などについて 30 日間回転式浸漬試験を行なったところ、腐食減量は黒皮のままのもので  $0.002 \text{ kg/m}^2\cdot\text{day}$ , 他の研磨材, 酸洗材などは  $0.006 \text{ kg/m}^2\cdot\text{day}$  であつた。

### 3.3 N2鋼の陽極分極曲線

これら準耐食材の腐食性を検討するために自然電極電位 (腐食電位) を測定した。さらに陽極分極曲線を求めたのが Fig. 2 である。比較のために SUS 24 を比較材として検討を行なった。脱気の場合自然電極電位は N2鋼で  $-0.770 \text{ V}$ , SUS 24 では  $-0.336 \text{ V}$  と当然な電位を示すが、空気開放の場合はそれぞれ  $-0.713 \text{ V}$ ,  $-0.300 \text{ V}$  と溶存酸素の影響でかなり貴の電位を示す。

陽極分極曲線からみると N2鋼では自然電極電位より  $-0.40 \text{ V}$  までは電位の上昇とともに活性の電流密度は急増し易溶解性となり分極が小となる。それ以上の電位においては  $\text{Cl}^-$  イオンにより電流はさらに増加して腐食が増大するのがうかがわれる。

一方 SUS 24 では脱気の場合、自然電極電位より  $+0.05 \text{ V}$  までは電流密度は小であるが、それ以上の電位では急増する。SUS 24 試験材は海水中では孔食を生じており局部腐食が見られた。

SUS 24 では約  $0.05 \text{ V}$  までは脱気試験では電流密度は空気飽和条件より大となり、ここに活性溶解への溶存酸素の影響が顕著に見られる。一方 N2鋼では著しくない。この約  $0.05 \text{ V}$  の電位までは全面腐食型と考えられる。これ以上の電位での電流密度の急上昇については、W. SCHWENK<sup>2)</sup> は水素基準電極電位で約  $250 \text{ mV}$  (S. C. E. で約  $0 \text{ V}$ ) から  $\text{Cl}^-$  イオンが発生し、この  $\text{Cl}^-$  イオンによつて受働態膜が破壊されて孔食が生じ、電流が増加すると述べている。同様に Fig. 2 で約  $0.05 \text{ V}$  以上の領域では海水中の  $\text{Cl}^-$  イオンにより孔食が発生し、そのために電流密度が急上昇したと考えられる。N2鋼でも SUS 24 でも  $0.5 \text{ V}$  付近では、同様な電流密度を海水試験液においては示している。SUS 24 の場合海水中では鉍酸等の試験媒質液における挙動とは異なり、 $\text{Cl}^-$  イオンによる孔食が陽極分極特性に異常な影響を与えることが判つた。

## 4. 結 言

1. Zr 系鋼の連続冷却変態図を作製し、オーステナイト化温度の影響を求めるために、Cu-P-Cr-Zr 鋼のオーステナイト化温度を変えた連続冷却変態曲線について考察を加えた。さらに変態組織について 2, 3 の考察を加えた。

2. 本鋼の海岸、工業地帯での耐候性試験による発生錆の組成を明らかにし、耐海水性を求めるために試験材の表面状況と前処理の影響を求めた。

3. 耐食性を判定する試験法として定電位電解装置を用いて陽極分極曲線図を作り、その考察を述べた。

Chemical composition (%)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Zr
	0.09	0.74	0.71	0.16	0.014	0.51	0.02	0.57	0.048

Austenitizing temp: 950°C (—), 1340°C (---)

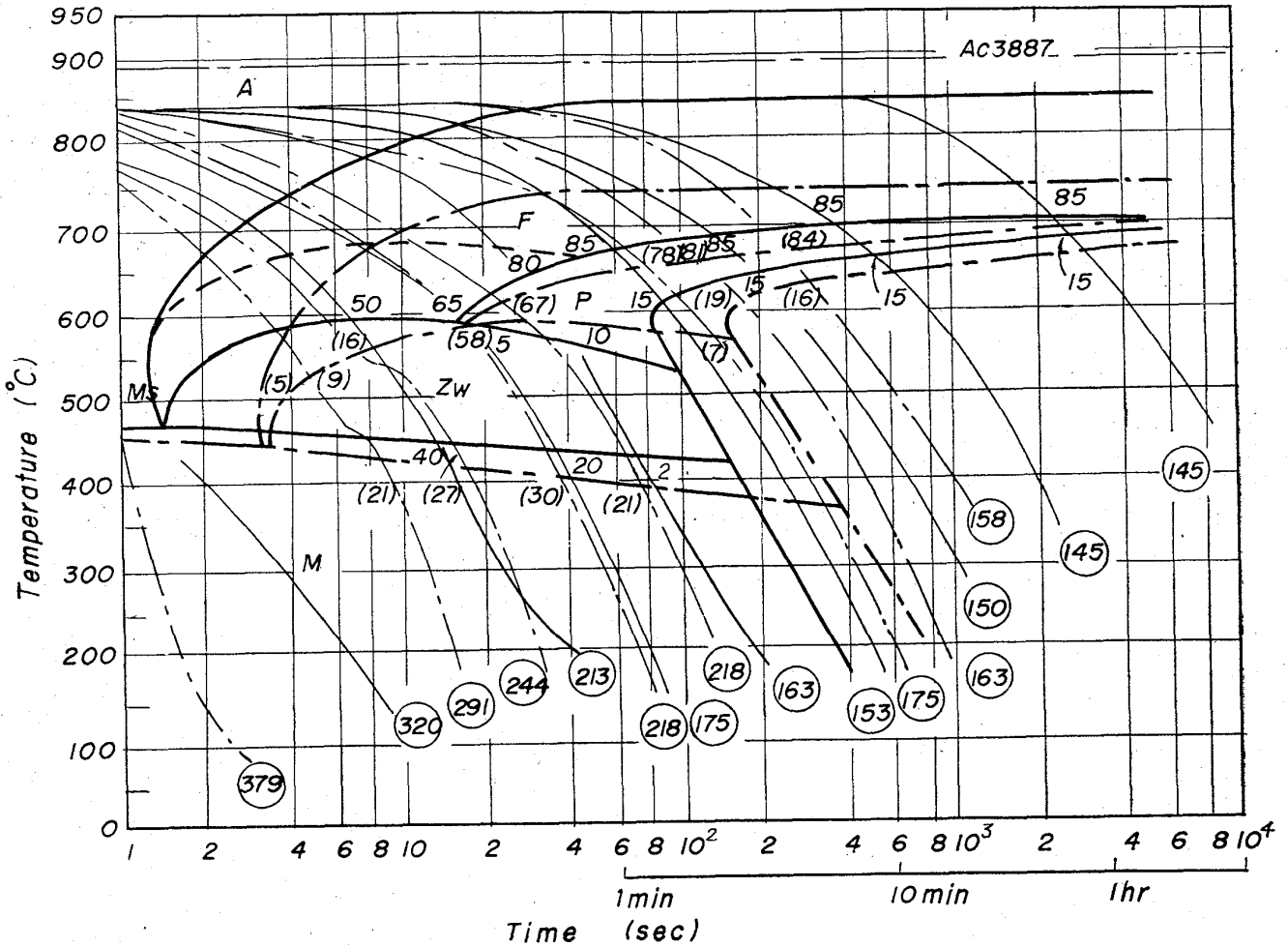


Fig. 1. The comparison of C. C. T diagrams which correspond to two different austenitizing temperatures.

文 献

- 1) 藤田, 荒木, 中島: 鉄と鋼, 51 (1965), p. 2014
- 2) W. SCHWENK: Corrosion, 20 (1964), p. 129

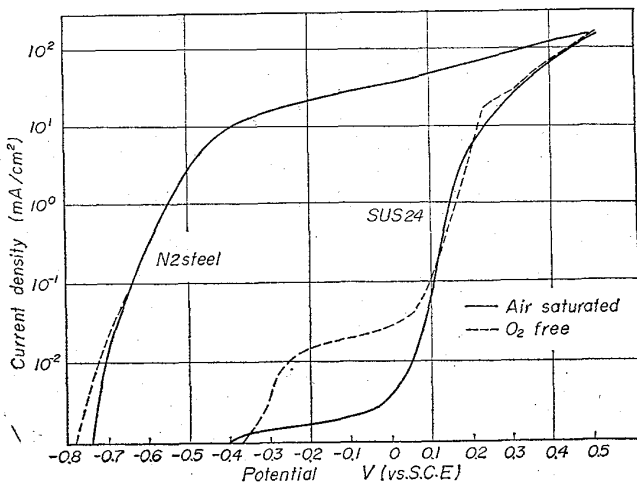


Fig. 2. Potentiostatic polarization curves for N<sub>2</sub> steel and stainless steel in sea water at 25°C.