

---

小径電縫鋼管製造技術の進歩

Development of Manufacturing Techniques of Small Diameter ERW Pipe

渡辺 修三(Shuzo Watanabe) 嘉納 徳彦(Norihiko Kano) 平野 豊(Yutaka Hirano)

大出 文昭(Fumiaki Ode) 横山 栄一(Eiichi Yokoyama)

---

要旨：

最近の小径電縫鋼管の高級化志向は著しく、機械構造用鋼管、缶管、油井缶などの高級品種の占める比率が増加しており、今後ともこの傾向は続くものと考えられる。それゆえ、技術開発もこれら品種の高能率、安全生産化をめざし進めていく必要がある。今回の報告はその1環として開発された溶接時の自動入熱制御技術、低合金鋼管製造技術および細径サイズの製造技術に関するものである。

---

Synopsis：

To cope with on increasing demand for high grade ERW (electric resistance welded) tubes such as mechanical tubings, boiler tubes and O.C.T.G, further development is required of the manufacturing techniques. This report deals with some of the recent production techniques covering an automatic heat input control system in welding, manufacturing techniques for low alloy ERW pipes, and those for small size ones without decreasing mechanical properties.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

# 小径電縫鋼管製造技術の進歩

## Development of Manufacturing Techniques of Small Diameter ERW Pipe

渡辺 修三\*  
Shuzo Watanabe

嘉納 徳彦\*\*  
Norihiro Kano

平野 豊\*\*\*  
Yutaka Hirano

大出 文昭\*\*\*\*  
Fumiaki Ode

横山 栄一\*\*\*\*\*  
Eiichi Yokoyama

### Synopsis:

To cope with on increasing demand for high grade ERW (electric resistance welded) tubes such as mechanical tubings, boiler tubes and O.C.T.G, further development is required of the manufacturing techniques. This report deals with some of the recent production techniques covering an automatic heat input control system in welding, manufacturing techniques for low alloy ERW pipes, and those for small size ones without decreasing mechanical properties.

## 1. 緒言

最近外径6"以下のいわゆる小径電縫鋼管製造技術には、生産能率の向上、製造品種の高級化、厚肉化に対するものが多くみられ、それにともない品種構成にも大きな変化を起こしつつある。

生産能率の向上対策としては造管機の高速化や2ストランド電縫鋼管設備の出現などが挙げられ<sup>1)</sup>、特に造管機の高速化は、主に配管用鋼管、構造用鋼管および電線管などを対象とし、造管速度が最大200m/min前後にまで高速化されている<sup>2)</sup>。

製造品種や使用分野では、機械構造用鋼管、缶管、油井管などを対象とした高級化、厚肉化が図られ、さらに、電縫鋼管の溶接部品質の信頼性の向上にともない寸法精度、外観が優れているなどの優位性を生かし、継目無鋼管の分野にまで積極

的に拡大されつつある。

当社も小径電縫鋼管製造技術の向上を高速化、高級化の方向で進め、製造品種の拡大を図っている。これら高級鋼管の製造には、造管技術の他に品質の優れた素材の製造技術および万全の品質保証体制が要求されるが、今回は高級化対策のために実施した造管技術の一部として

- (1) 自動入熱制御技術
  - (2) 低合金鋼管製造技術
  - (3) 細径サイズの製造技術
- について以下に報告する。

## 2. 最近の製造品種構成

緒言で述べた製造品種の高級化は Fig. 1 にみるように、当社における最近の受注状況にもよく現われており、2"ミルにおいては機械構造用鋼管お

\* 知多製造所第1造管部溶接管技術室主査(掛長待遇)

\*\*\* 知多製造所管理部技術管理室主査(課長待遇)

\*\*\*\*\* 技術研究所知多研究室主任研究員

(昭和55年10月23日原稿受付)

\*\* 知多製造所第1造管部小径管課課長

\*\*\*\* 知多製造所設備部計測課掛長

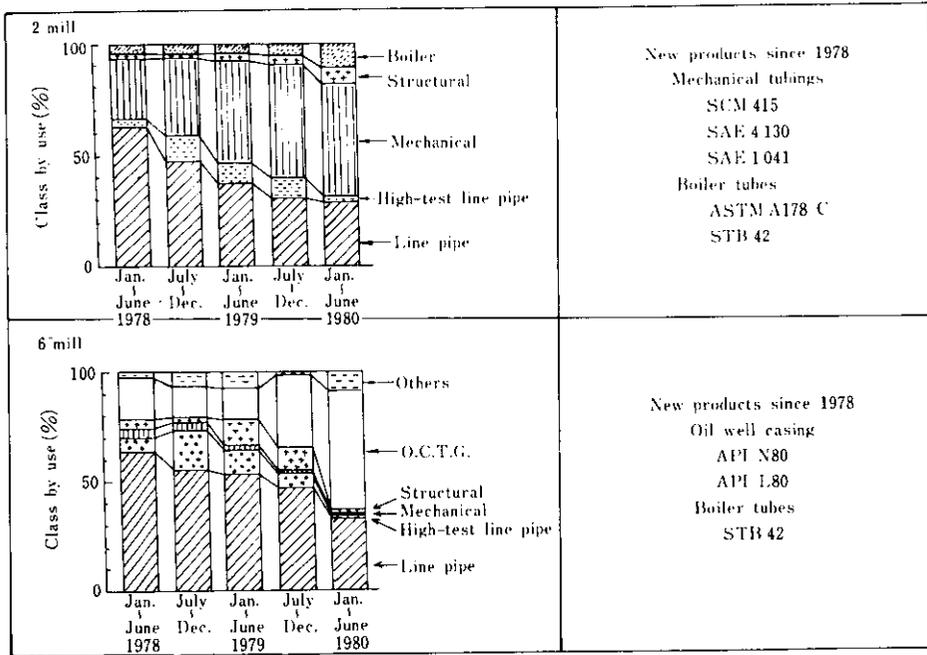


Fig. 1 Recent change in class by use of small diameter ERW pipes

よび缶管が、また6"ミルにおいては油井管の比率が増加しており、1978年以降SAE 1041\*に代表される高C、高Mn材やSCM 415\*\*に代表される低合金鋼管の製造が開始された。

なおTable 1に2"と6"ミルの設備概要を記す。

3. 自動入熱制御技術

造管時の溶接入熱は、帯鋼板厚、速度の変動および成形時の帯鋼の形状変化などに応じて適切に調整しなければならないが、最近の高速化、高級化に対処するには、従来のようなオペレータ目視判定による入熱調整では、より安定した溶接部の品質を確保することは困難となっており、自動入熱制御技術の導入が不可欠である<sup>3)</sup>。

3.1 概要

入熱制御システムの概略をFig. 2に示す。帯鋼板厚や速度などの変動に応じて印荷される入熱量ΔEは、次式で算出される。

一般に、入熱と変動要因の関係は  

$$E = k t^A v^B p^C \theta^D \dots\dots\dots (1)$$
 で表わされる。

ここで初期設定値  $t_s, v_s, p_s, \theta_s$  を  
 $t_s \rightarrow t_s + \Delta t, v_s \rightarrow v_s + \Delta v,$   
 $p_s \rightarrow p_s + \Delta p, \theta_s \rightarrow \theta_s + \Delta \theta,$   
 に微小変化させると

$$E_s + \Delta E = k (t_s + \Delta t)^A \cdot (v_s + \Delta v)^B \times (p_s + \Delta p)^C \cdot (\theta_s + \Delta \theta)^D$$

ゆえに

$$E_s \left( 1 + \frac{\Delta E}{E_s} \right) = k t_s^A \cdot v_s^B \cdot p_s^C \cdot \theta_s^D \left( 1 + \frac{\Delta t}{t_s} \right)^A \times \left( 1 + \frac{\Delta v}{v_s} \right)^B \cdot \left( 1 + \frac{\Delta p}{p_s} \right)^C \times \left( 1 + \frac{\Delta \theta}{\theta_s} \right)^D$$

となり、ΔEは(2)式で表わされる。

$$\Delta E = \left( A \cdot \frac{t - t_s}{t_s} + B \cdot \frac{v - v_s}{v_s} + C \cdot \frac{p - p_s}{p_s} \right)$$

\* SAE: Society of Automotive Engineers 規格  
 \*\* SCM: JIS G 4 105 (クロムモリブデン鋼鋼材)

Table 1 Specifications of 2' and 6' mill

		2' mill	6' mill
<b>Production status</b>			
Available size range			
Outside diameter	(mm)	21.3~63.5	50.8~168.3
Wall thickness	(mm)	1~7	2~11
Length	(m)	3.5~14	4~14
Output capacity	(t/month)	3 000	10 000
Maximum mill speed	(m/min)	70	60
<b>Equipment</b>			
Forming section			
Break down section			
Number of stands		H6 + V5	H 5 + V 5
Motor power	(kW)	DC 90×1	DC90×1 DC60×1
Fin pass section			
Number of stands		H4	H 4
Motor power	(kW)	DC110×1	DC60×4
Welding section			
Type		Induction	Induction
Power	(kW)	500	450
Frequency	(kHz)	250	200
Seam annealer			
Power	(kW)	—	1 050
Frequency	(kHz)	—	1
Sizing section			
Number of stands		H4 + V4	H5 + V4
Motor power	(kW)	DC150×1	DC60×5
Flying cut-off		Disc type	Disc type

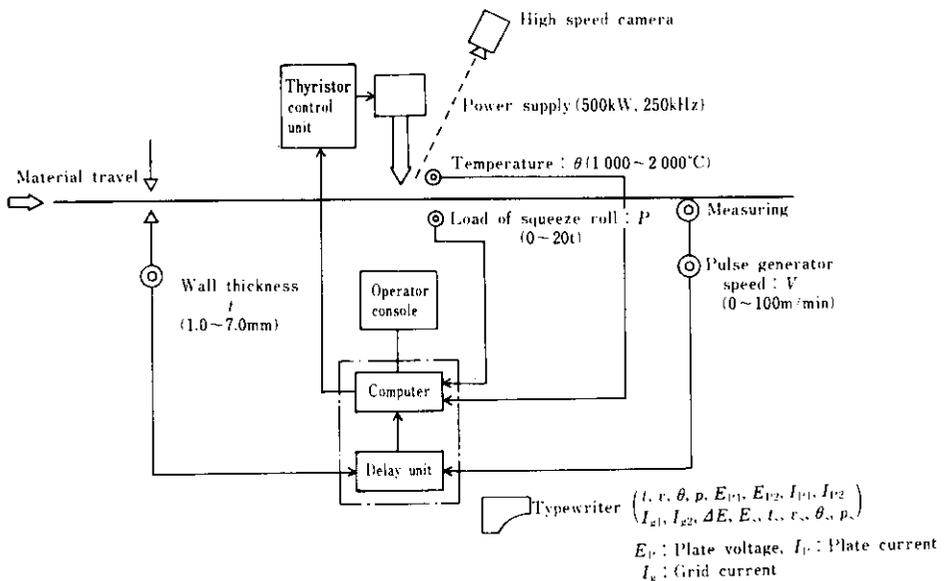


Fig. 2 Automatic control system in 2'ERW mill

$$+ D \cdot \frac{\theta - \theta_s}{\theta_s} \cdot E_s \dots\dots\dots (2)$$

ここで

- $t$  : 帯鋼板厚
- $v$  : 溶接速度
- $p$  : スクイズ圧力
- $\theta$  : 溶接温度
- $E$  : 入熱量
- $k, A, B, C, D$  : 定数

そこで、(2)式を基本関数とし Fig. 2 に示す制御システムを用いて、従来オペレータの目視判定にまかせていた入熱操作に代って自動化を図ろうとするものである。

### 3・2 入熱制御について

健全な溶接品質を得るためには、適切な圧接力と溶接温度が必要である。

圧接力については直接測定することができないので、スクイズロール前後の周長差を巻尺で測定してアプセット量を求め、その値を用いて圧接力を管理していた。しかし測定環境が悪いうえに、アプセット量の値が小さいために測定誤差が生じやすく、品質にバラツキので一因となっていた。

そこで Fig. 3 に示すようにアプセット量とスクイズ圧力の間に相関があることから、スクイズ圧力を使用しても圧接力の初期設定値として十分有

	Size (mm) and Grade	Amount of upset $I_m$ (mm)
○	34.0φ×3.4t STPG 38	1.0→1.5→2.0
●	34.0φ×4.5t STPG 38	0.8→1.2→1.7
△	42.7φ×3.6t STPG 38	0.9→1.4→1.9
▲	42.7φ×4.9t STPG 38	0.7→1.2→1.7
×	60.3φ×4.83t J 55	0.9→1.5→2.1
□	60.3φ×7.0t STB 33	0.7→1.2→1.7

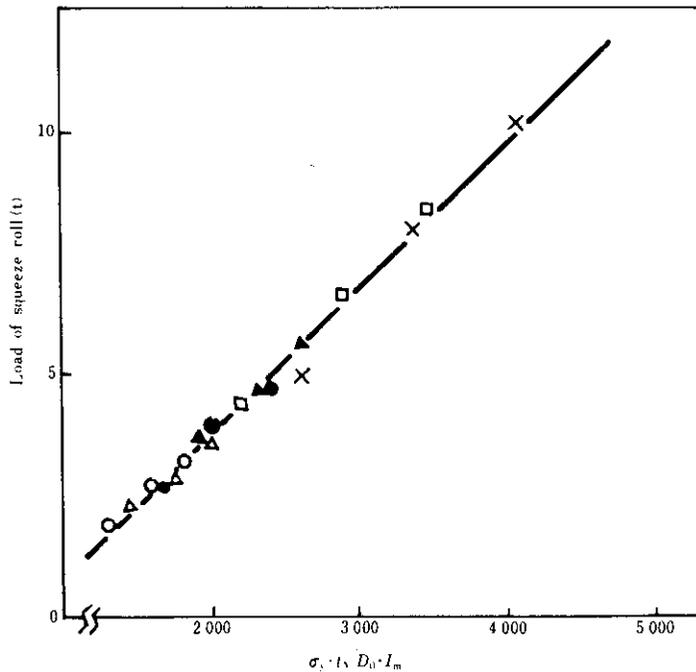
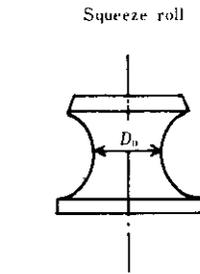


Fig. 3 Effect of the parameter of  $\sigma_y \cdot t \cdot \sqrt{D_0 \cdot I_m}$  on the forging load

効であることがわかる。

溶接温度については、Fig. 2 の自動入熱制御システムを使用することにより、Fig. 4 に示すようにオペレータ目視による制御に比べて、溶接温度のバラツキを  $\frac{1}{3}$  以内に収めることが可能である<sup>4)</sup>。

### 3.3 製造品種の拡大

自動入熱制御システムを採用することにより溶接品質がさらに安定し、成形技術や内面ビード切削技術などの向上と相まって、ハイグレード材の生産を容易とし機械構造用鋼管、缶管および油井管などの高級品の製造比率を一段と増加させている。

実施例としてQT タイプのAPI 5A N80 ケーシングをFig. 5 に示すが、品質特性はいずれも規格値を十分満足しており良好な成績を示している。

## 4. Cr 添加低合金鋼管の製造技術

Cr 添加材は耐摩耗性、耐食性および耐候性などに優れた効果をもっており、また近年ボイラ・熱交換器用合金鋼管 STBA 22 の電縫鋼管も JIS 規格化され、Cr 添加低合金鋼管は機械構造用鋼管、缶管などの主用途として、今後生産量が

ますます増加することが期待される。

しかし Cr 添加材を大気中で溶接すると高融点の Cr 系酸化物ができるので、ペネトレータ欠陥が発生しやすく Cr 系低合金電縫鋼管製造の大きな障害となっている<sup>3,6)</sup>。そこで製造技術の確立を図るため素材および溶接技術の面から検討を行った。

### 4.1 Cr 添加材溶接時に発生するペネトレータについて

Table 2 に Cr 添加材を大気中で電縫溶接したときに生ずるペネトレータ組成を示す。いずれも  $\text{FeO-MnO-SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$  系酸化物である。

電縫鋼管製造において、生成した酸化物が溶接の際、ビードとともに系外に排出されやすいか否かは、酸化物の溶融温度のみならず、粘性、界面張力などによっても影響を受けるが、溶融温度が低いものほど、小型で分散されやすく溶接面に残存しにくく、また残存したとしても大きな欠陥とはなりにくいとされる<sup>7)</sup>。

そこで、ペネトレータ ( $\text{FeO-MnO-SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$  系酸化物) の融点は極力低くすることが望ましいが、 $\text{FeO-MnO-SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$  4 元系の状態図がないので、実験的にこれら合成酸化物の融点を測定

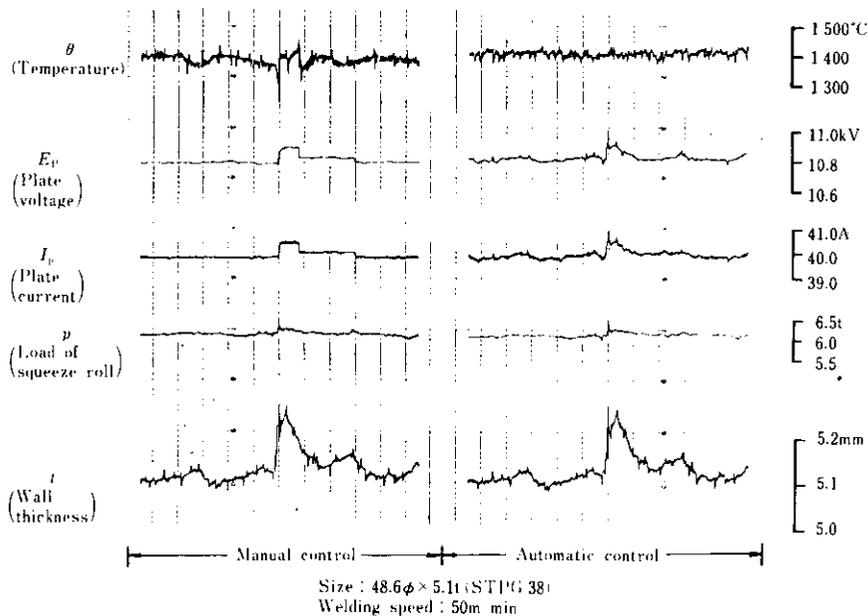


Fig. 4 Comparison of welding conditions between manual and automatic control

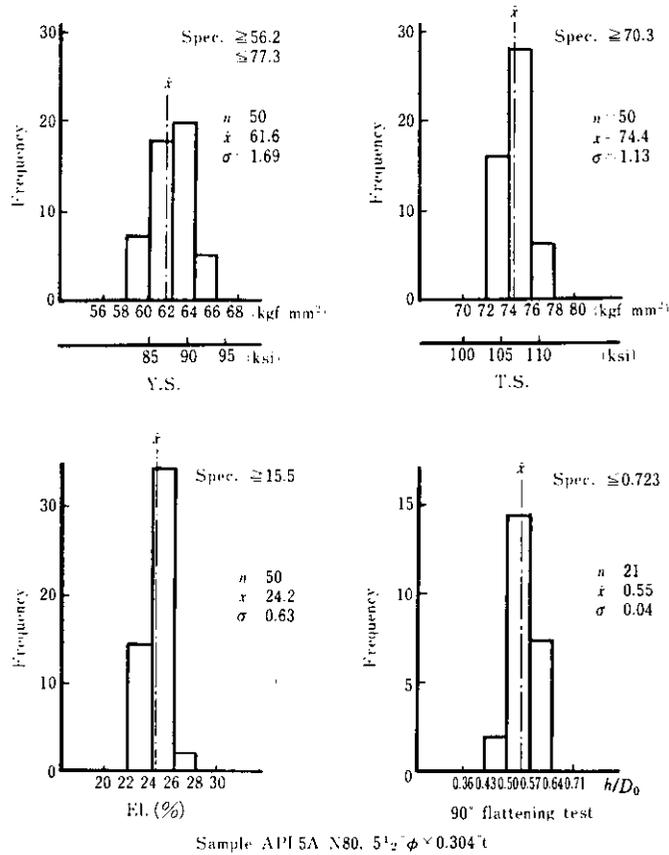


Fig. 5 An example of mechanical properties of small diameter ERW pipes

した。その測定結果を Table 3 に示す。

Fig. 6 に FeO が 20% における 4 元系酸化物の融点と MnO/SiO<sub>2</sub> の関係を示す。一般に、MnO/SiO<sub>2</sub> が增大するにつれ、融点は低下する傾向にあるが、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量が 10%、20%、30% と増加するにつれて、その融点は著しく上昇することがわかる。

#### 4.2 ペネトレータ組成におよぼすコイル成分の影響について

Fig. 7 にペネトレータ組成中の Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 量と (Mn+Cr)/Si の関係を示すが、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は (Mn+Cr)/Si の増加とともに曲線的に増加しており、特に (Mn+Cr)/Si が 6 以上になると急激に増加する傾向が認められる。すなわち、ペネトレータ中の Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 10% 以下にするためには (Mn+Cr)/Si  $\leq 6$  が必要と推察される。Fig. 8 にペネトレータ

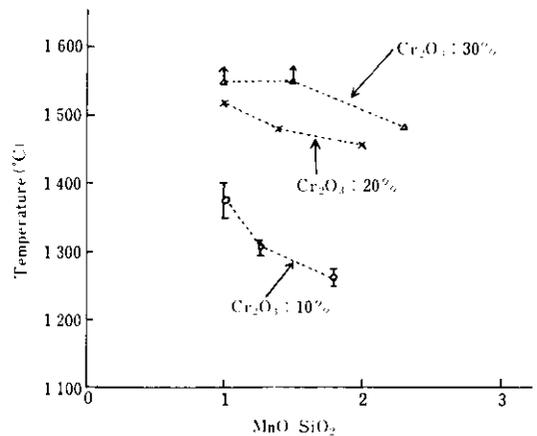


Fig. 6 Effect of MnO/SiO<sub>2</sub> on the melting temperature of FeO-MnO-SiO<sub>2</sub>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oxides

Table 2 Chemical compositions of penetrator in Cr bearing low-alloy ERW steel pipes

Size (mm)	Sample No.	Chemical composition of pipes (wt %)									Chemical composition of penetrator (wt %)					MnO/SiO <sub>2</sub>	Remarks
		C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	Mn/Si	FeO	MnO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
216.3φ×10.7t	1	0.11	0.38	0.87	0.024	0.011	—	0.50	—	2.28	2.10	41.33	53.60	0.16	1.96	0.77	0.5%Cr
	2	"	"	"	"	"	—	"	—	"	1.96	42.53	52.66	0.12	1.58	0.81	
	3	"	"	"	"	"	—	"	—	"	2.50	41.83	53.00	0.10	1.25	0.79	
76.3φ×5.2t	1	0.12	0.12	0.39	0.010	0.009	0.004	0.46	0.04	3.17	33.75	17.93	9.62	2.10	33.73	1.86	0.5%Cr
	2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	27.40	25.26	16.63	1.53	27.41	1.52	
	3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	37.54	20.37	12.60	1.08	26.18	1.62	
508.0φ×7.9t	1	0.10	0.19	0.49	0.010	0.004	0.026	0.49	0.10	2.58	21.40	28.18	40.88	5.73	2.22	0.69	0.5%Cr
	2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	22.80	25.45	33.20	3.54	13.33	0.77	
	3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	17.10	31.81	42.18	4.13	3.50	0.75	
76.3φ×5.2t	1	0.08	0.12	0.48	0.009	0.007	0.019	1.00	0.03	4.00	41.10	17.11	11.38	1.59	26.89	1.50	1.0%Cr
	2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	47.93	12.22	7.60	6.13	24.14	1.61	
	3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	50.43	10.96	3.85	2.55	30.86	2.85	
76.3φ×5.2t	1	0.09	0.11	0.55	0.009	0.007	0.033	1.52	0.01	5.00	42.90	17.66	8.88	2.10	25.76	1.99	1.5%Cr
	2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	43.81	15.33	5.39	1.41	31.87	2.84	
	3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	39.90	13.56	7.40	7.40	34.77	1.83	
508.0φ×7.9t	1	0.10	0.28	0.55	0.013	0.005	0.023	1.49	0.10	1.26	19.44	20.00	29.20	1.92	28.88	0.68	1.5%Cr
	2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	12.27	32.15	40.55	2.36	11.60	0.79	
	3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	26.48	12.50	19.33	1.47	39.16	0.65	

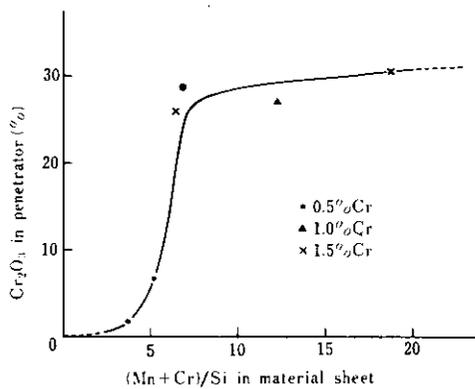


Fig. 7 Effect of (Mn+Cr)/Si on the amount of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in penetrator

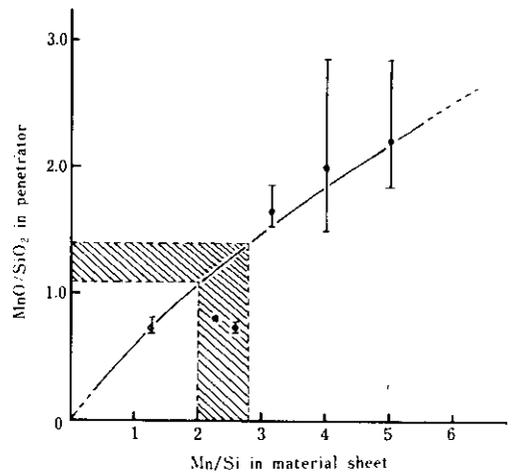


Fig. 8 Effect of Mn/Si on the MnO/SiO<sub>2</sub> in penetrators

中の MnO/SiO<sub>2</sub> と Mn/Si の関係を示すが、Mn/Si の増加にともない MnO/SiO<sub>2</sub> も次第に増加する傾向にある。すなわち、ペネトレータ中の MnO、SiO<sub>2</sub> はコイル中の Mn、Si に依存しており最適

MnO/SiO<sub>2</sub> を得るべきコイルの Mn/Si を推定することができる<sup>8)</sup>。

いま、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  を含まない  $\text{FeO-MnO-SiO}_2$  系状態図を、Fig. 9 に示すが Fig. 9(b) の谷底部分、すなわち最低液相温度は Fig. 9(a) の太線で表わされる。図から各種 FeO% における最低液相温度

Table 3 Measured melting temperature of various  $\text{FeO-MnO-SiO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$  oxides

Sample No.	Oxide compositions(%)				Melting temperature (%)	MnO/SiO <sub>2</sub>
	FeO	MnO	SiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
1	20	35	35	10	1350~1400	1.00
2	20	40	30	10	1300~1310	1.33
3	20	45	25	10	1250~1270	1.80
4	20	30	30	20	1520	1.00
5	20	35	25	20	1480	1.40
6	20	40	20	20	1450~1455	2.00
7	20	25	25	30	>1550	1.00
8	20	30	20	30	>1550	1.50
9	20	35	15	30	1470	2.33
10	40	25	25	10	1455~1490	1.00
11	40	30	20	10	1450~1455	1.50
12	40	35	15	10	1470~1520	2.33
13	40	20	20	20	>1550	1.00
14	40	25	15	20	>1550	1.67
15	40	30	10	20	>1550	3.00
16	40	15	15	30	>1550	1.00
17	40	20	10	30	>1550	2.00
18	40	25	5	30	>1550	5.00

域の  $\text{MnO/SiO}_2$  およびその温度を求め Fig. 10 に示す。FeO の増加につれて最低溶融温度および  $\text{MnO/SiO}_2$  は減少する傾向にある。これより FeO が 10~20% の範囲では  $1.1 \leq \text{MnO/SiO}_2 \leq 1.4$  のところで液相温度がもっとも低くなり、この谷底部分の成分範囲に  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  の析出を図ればペネトレータの排出も容易になることが期待できる。

最適組成範囲としては  
 $(\text{Mn}+\text{Cr})/\text{Si} \leq 6$   
 $2.0 \leq \text{Mn}/\text{Si} \leq 2.8$

となる。

しかし、このような範囲内に成分系を押えることは、規格上困難なことが多く、また  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  量も Fig. 6 に示したように  $(\text{Mn}+\text{Cr})/\text{Si}$  値が、6 近傍で急激に変化するため、安定生産を行ううえからも不活性ガス雰囲気中で溶接し  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  の生成を極力防止することが必要である。

#### 4.3 シールド溶接について

Table 4 に寸法 34mmφ×3.2mmt、規格 SCM415 の電縫鋼管を当社が独自に開発したシールド装置を使用して溶接した場合と大気溶接した場合の溶接部の品質比較を示す。適切なシールド溶接の実施により Cr-Mo 鋼でもペネトレータの発生のない良好な溶接品質が得られることがわかる。Photo. 1 (a)~(c) に実用試験の外観を、Fig. 11 にヘン平および押し広げ試験成績のヒストグラムを示すが、溶接部から割れたサンプルは一つもなく良好な加工性を有することを示している。

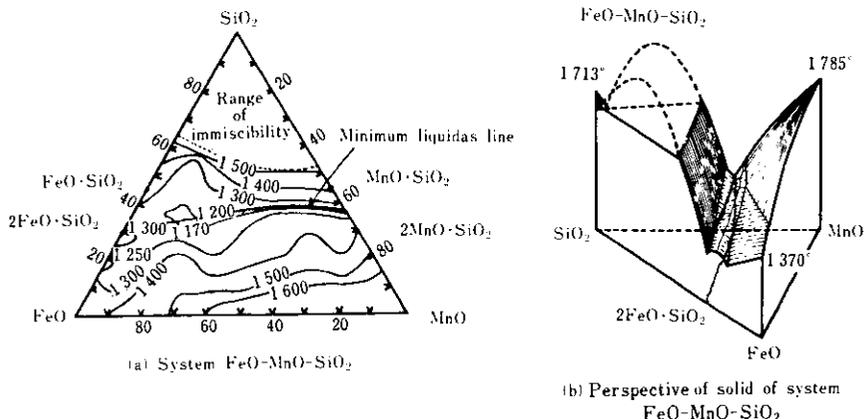


Fig. 9 Phase diagram of system  $\text{FeO-MnO-SiO}_2$

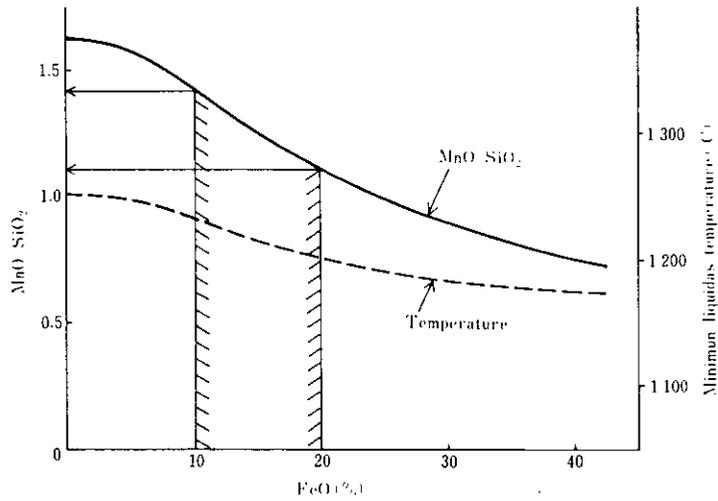
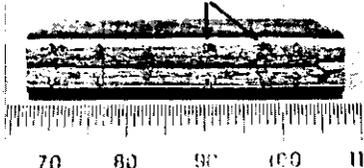


Fig. 10 Relation between MnO/SiO<sub>2</sub> and FeO percentage in the minimum liquidus-temperature range

Table 4 Effect of welding atmosphere on the weld quality

	In the non-oxidized gas	In the air atmosphere								
1. Fracture surface	 <p>Ideal surface</p>	 <p>Penetrators defected on surface (36 penetrators per unit length (m<sup>-1</sup>))</p>								
2. Mg inspection (JIS A30/100)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Defect ratio (%) (Number of defective pipes) (Number of inspected pipes)</th> <th>Defect amount per unit pipe length (m<sup>-1</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 (0/900)</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Defect ratio (%) (Number of defective pipes) (Number of inspected pipes)	Defect amount per unit pipe length (m <sup>-1</sup> )	0 (0/900)	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Defect ratio (%) (Number of defective pipes) (Number of inspected pipes)</th> <th>Defect amount per unit pipe length (m<sup>-1</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100 (55/55)</td> <td>17.0</td> </tr> </tbody> </table>	Defect ratio (%) (Number of defective pipes) (Number of inspected pipes)	Defect amount per unit pipe length (m <sup>-1</sup> )	100 (55/55)	17.0
Defect ratio (%) (Number of defective pipes) (Number of inspected pipes)	Defect amount per unit pipe length (m <sup>-1</sup> )									
0 (0/900)	0									
Defect ratio (%) (Number of defective pipes) (Number of inspected pipes)	Defect amount per unit pipe length (m <sup>-1</sup> )									
100 (55/55)	17.0									

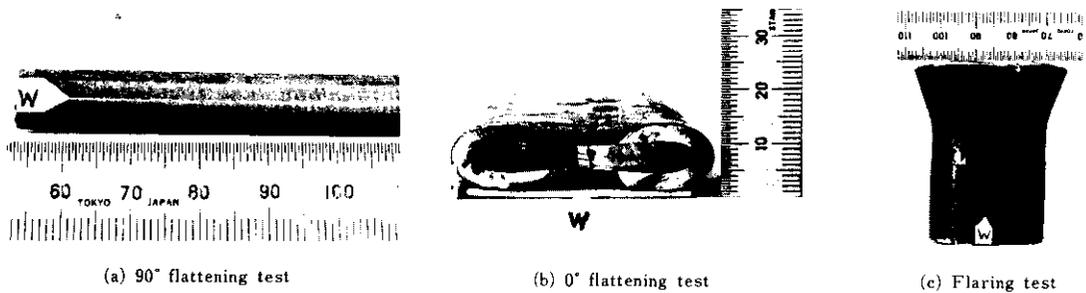


Photo. 1 Appearance of the weld toughness test

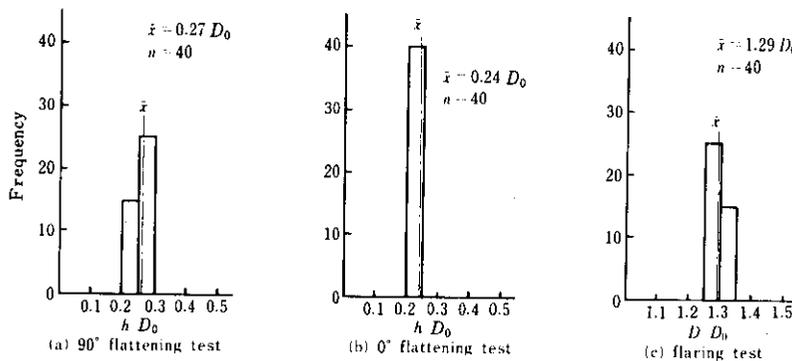


Fig. 11 Weld toughness test

## 5. 細径サイズの製造技術

15A (21.7mm $\phi$ ) および 20A (27.2mm $\phi$ ) に代表される細径サイズの電縫鋼管は単重が小さいので生産性をあげるにはミルの高速化が必要となる。しかし、造管条件によっては造管後の機械的性質を調査すると、降伏強度が上昇するにつれて伸び値が劣化し問題となることがある<sup>9)</sup>。

以下その原因および対策について報告する。

### 5.1 造管過程での機械的性質の変化

Fig. 12~Fig. 14 に造管過程での機械的性質変化を示す。これより、15A や 20A のような細径サイズは溶接後急激に機械的性質が劣化することがわかる。また、Table 5 に溶接直後の管表面温度測定結果を示す。40A (48.6mm $\phi$ ) の場合は 100 $^{\circ}$ C 以下であるが、15A、20A はそれぞれ約 450 $^{\circ}$ C および 200 $^{\circ}$ C と青熱脆性温度域にある。

そこで、溶接時の加熱の影響を調査するため、

溶接有無時の機械的性質変化を Fig. 15 に示すが、溶接時の加熱影響を大きく受けることがわかる。このことより溶接過程での伸び値の劣化の原因は、溶接時の加熱の影響によるひずみ時効現象と考えられ、細径サイズの伸び値劣化の大きな原因の一つになっている。

### 5.2 造管条件と機械的性質の関係

Fig. 16 よりヒート係数  $k = E_P \cdot I_P / v \cdot t$  ( $E_P$ : プレート電圧 (kV),  $I_P$ : プレート電流 (A),  $v$ : 溶接速度 (m/min),  $t$ : 板厚 (mm)) は、スクイズロールとワークコイル間距離  $l_v$  が長くなると増加する傾向にあり、管全周温度も誘導加熱により上昇することがわかる。管の破断伸び EI はヒート係数  $k$  値により影響を受け  $4.6 \leq k \leq 10$  の範囲で JIS 規格値を下まわる。このことは、パイプ 180 $^{\circ}$  位置で 200~500 $^{\circ}$ C に加熱されるとひずみ時効現象により管の破断伸び EI が劣化するものと考えられる。

したがって有効な対策としては  $l_v$  をなるべく短

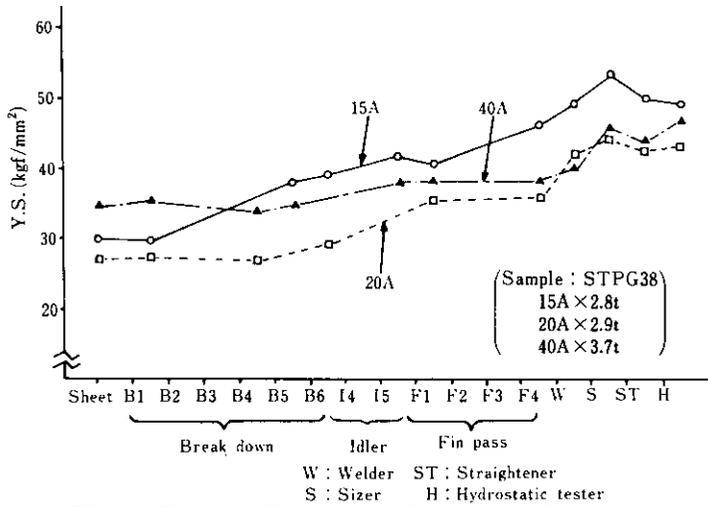


Fig. 12 Variation of yield stress during pipe-making process

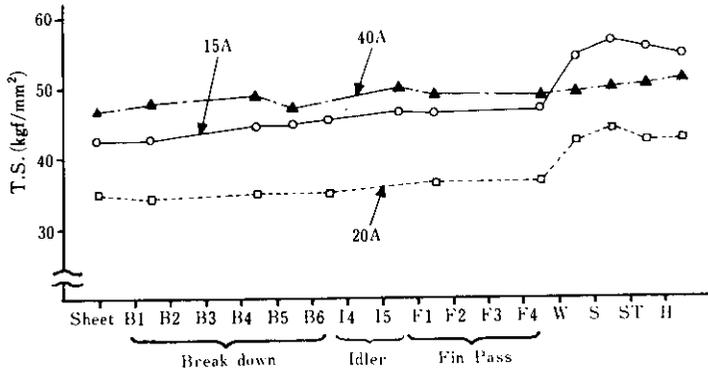


Fig. 13 Variation of tensile stress during pipe-making process

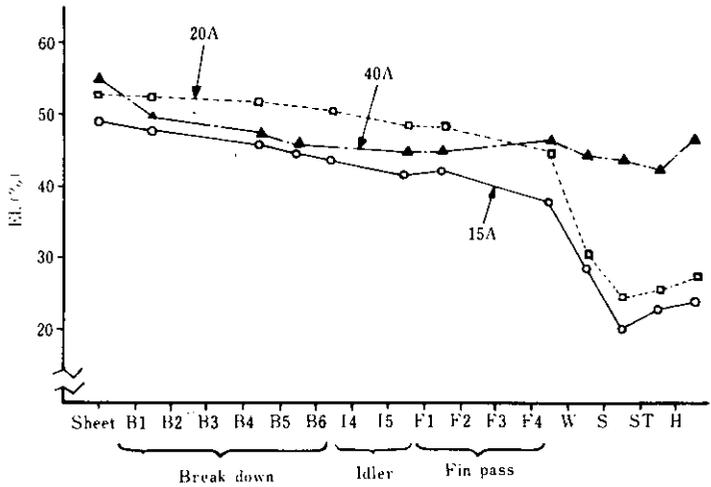
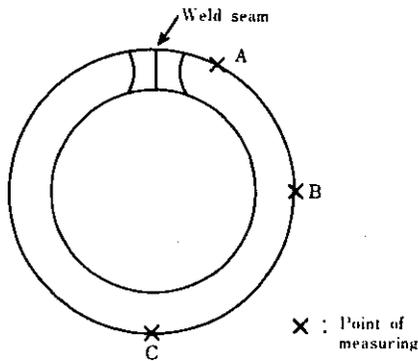


Fig. 14 Variation of elongation during pipe-making process

Table 5 Effect of surface temperature on various pipe sizes

Size (mm)	Point	Surface temperature (°C)
21.7φ×2.8t STPG 38	A	600
	B	450
	C	420
27.2φ×2.9t STPG 38	A	330
	B	240
	C	200
48.6φ×3.7t STPG 38	A	90
	B	80
	C	75



くし、 $k$  値を小さくして造管すれば小容量の入熱で済み、造管機の高速化も図れる。

5・3 機械的性質におよぼす素材成分の影響

Fig. 17 に Al キルド CC 材を用いて造管した時の鋼中の固溶 N 量 (Total N-N as AlN) と機械的性質の関係を示すが、管の破断伸び El. は固溶 N 量が低くなるほどひずみ時効が抑制され上昇する傾向にある。それゆえ、鋼中の固溶 N 量を低く押えることは有効な対策の一つとなる。

6. 結 言

最近の小径電縫鋼管の高級化志向は著しく、機械構造用鋼管、缶管、油井管など的高级品種の占

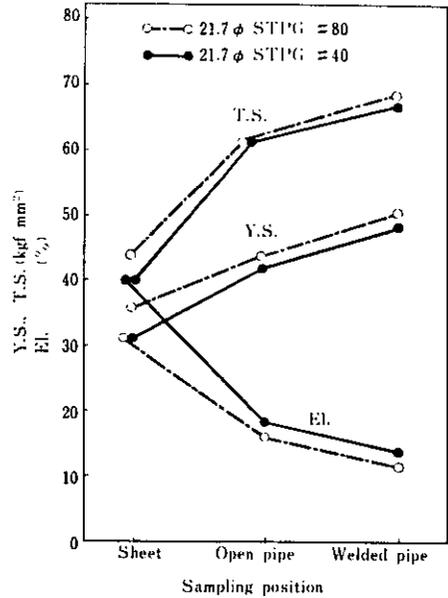


Fig. 15 Change of mechanical properties from sheet to welded pipe

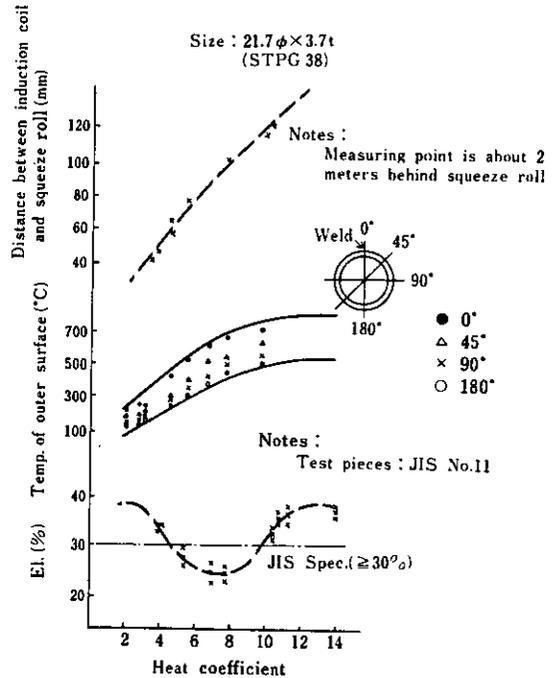
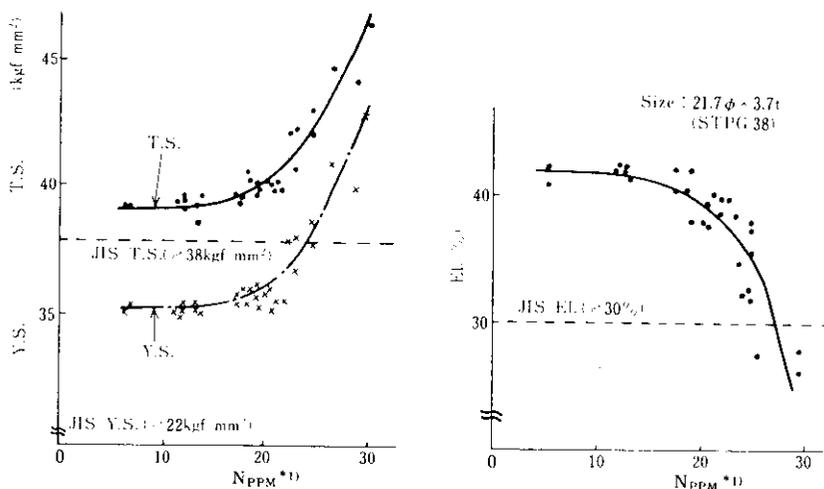


Fig. 16 Effect of heat coefficient on the welding conditions and elongation



\*1) Free  $N_{PPM}$  = Total N · N as AlN

Fig. 17 Effect of free N on the mechanical properties of pipes

める比率が増加しており、この傾向は今後とも続くものと考えられる。したがって、技術開発もこれら品種の高エネルギー、安定生産化を目指し進めていく必要がある。

今回の報告もその一環として開発された技術の

一つであるが、現在さらに厚肉材を対象とした新成形技術の開発や新溶接技術の開発を強力に進めている。なお入熱自動化技術の開発にあたって榊明電舎のご協力に対し深く謝意を表する次第である。

#### 参考文献

- 1) 西村, 広木, 種部: 鉄と鋼, 65 (1979) 5, 75
- 2) 第23回鋼管部会溶接鋼管分科会資料, (1978) No.7
- 3) 杉村, 奥山, 福田, 中杉: 製鉄研究, (1979) 297, 111
- 4) 南谷, 嘉納, 渡辺, 大出, 岡崎, 堀: 鉄と鋼, 66 (1980) 11, S 1 010
- 5) 吉岡, 阿部, 福田, 能方: 火力原子力発電, 28 (1977) 6, 63
- 6) 東, 岡本, 矢村, 置塩, 山内: 鉄と鋼, 63 (1977) 11, S 649
- 7) 伊藤, 星野: 鉄と鋼, 57 (1971) 10, S 428
- 8) 横山, 山岸, 渡辺, 嘉納: 鉄と鋼, 63 (1977) 11, S 650
- 9) 渡辺, 細川, 長谷川, 松尾, 梶田, 横山: 鉄と鋼, 65 (1979) 11, S 809