

## 共同研究会報告

### 鋼材部会鋼管分科会報告講演 鋼管製造技術の最近の進歩\*

原 田 芳\*\*

#### Recent Technical Development in Tube Making Processes.

Kaoru HARADA

#### I. 緒 言

##### 1. 鋼管分科会の研究経過

終戦後、鉄鋼技術共同研究会が発足し、鋼材部会の中の鋼管分科会は昭和24年2月に第1回の研究会を開催し、その後、回を重ねて昭和29年11月までに前後15回にわたり技術的検討を行なった。この間の成果は、鋼材部会の報告形式として、「鋼材圧延に関する研究」の第3巻第7篇に「鋼管圧延」として集録されている。

ついで昭和30年6月より、研究議題も新たに再発足し、昭和36年11月で14回の分科会を開催した。特に35年5月には鋼管製造技術の総まとめ的な座談会を行ない、最近の技術の進歩と将来への展望とを討議した。

この鋼管分科会のメンバーは7社12工場である。毎年春秋の2回に東京、大阪、時には九州中津、中国地方の光において開催して来た。議題は継目無関係、溶接関係に分けて各製造工程別に技術的調査、研究の報告、また幹事会社よりの特別議題の報告、討議、外国文献および視察などの報告を行って来た。また時には特定事項の小委員会検討事項も取り上げて来た。これらの運営には継目無関係、溶接関係別に各々1社または1工場の幹事会社を定め、議題、議場の斡旋を願うと同時に該工場の工場見学を行ない互に切磋琢磨するチャンスを有効に持つことに努力して来たものである。

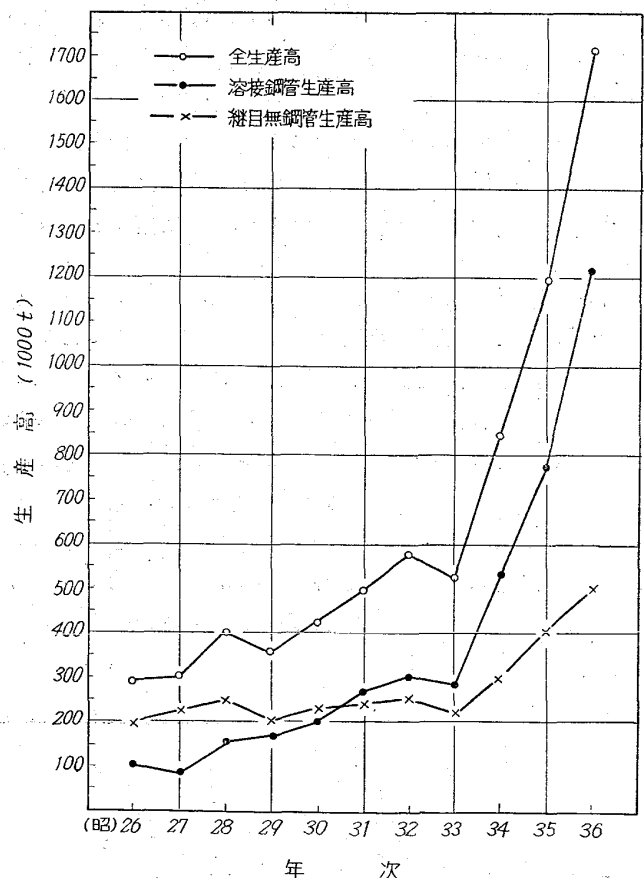
今回は、特に昭和30年以降の議事内容を集め、概括的ではあるが「鋼管製造技術の最近の進歩」という題目にして、製管範囲の拡大、生産性の向上、および新設備の採用などの諸点について報告する。

##### 2. 鋼管生産部門発展の概況

###### 1) 鋼管生産量の推移

日本の鉄鋼生産は最近10年間に飛躍的な進歩を遂げ、

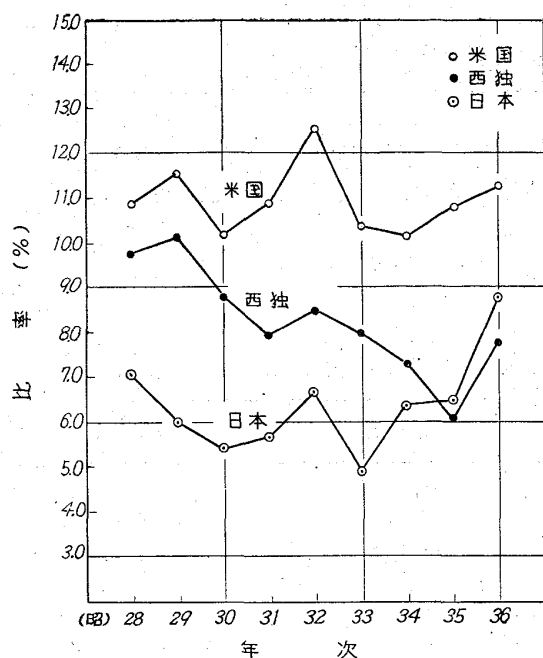
1960年には粗鋼 2200 万トンを超すにいたつたが鋼管の生産量も同様にいちじるしい発展を遂げた。第1図に最近の鋼管生産高として昭和26年以降の分をグラフに示した。すなわち継目無鋼管の生産高は年間量において昭和26年の19万tから昭和36年には55万tと2.9倍とな



第1図 最近の鋼管生産高

\* 昭和37年4月本会講演大会にて講演  
昭和38年7月1日受付

\*\* 住友金属工業株式会社



第2図 鋼材に対する鋼管生産高の比率

り、溶接鋼管においては10万tから115万tと11.5倍となつた。両者合計しても29万tから170万tと5.8倍に達している。

これらを外国の場合と比較してみると1960年の概略生産量では米国800万t、ソ連500万t、西独200万t、英国140万t、フランス110万tとなつており日本も屈指の生産国であることが分る。

第2図に鋼材に対する鋼管生産高の比率を示した。米国の比率は11%~14%でかなり高い比率を示しているが、油井用鋼管ラインパイプ、構造用鋼管などが多いことが特徴であろう。これを西独の場合について見ると11%~9%であつて鋼管の輸出が比較的多いようである。日本においては比率は6%~8%であつて今後輸出または用途の拡大により鋼管の占める割合はさらに多くなることと思われる。

ii) 鋼管製造方式の概況

a. 鋼管製造方式の分類とわが国における採用状況

鋼管を製造するには多くの方法があり、それらがそれぞれの特徴を發揮して来たため方式が非常に多い。製造者は需要や設備資金などを考慮して、最も適するものを採用し發展して来たものであるが、これらの方式を第1表に継目無鋼管、第2表に溶接鋼管の製造方式の分類の一覧を示した。表の中の名称を□で囲つたものが日本国内で採用されているもので、世界で優れた製管機とされているものの代表的なものは殆んど全てが集められている。

溶接鋼管関係の進歩もいちじるしいが、この中のガス溶接法は旧式化して来ており急速に高周波電気溶接法に轉換しつつある。

b. 代表的製管法の生産性の比較

以上のべた各種製管法について日本に設備されているものの生産性を比較して表示したのが第3表である。表

第1表 製管方式の分類

括弧内数字は発明年、□は国内に設置されたもの

A) 継目無鋼管 (鋼塊, 鋼片, 丸鋼より)				
A 1	製管法	名 称	製管範囲 (外径)	
傾斜 圧延 方式	穿孔法	マンネスマン穿孔機	(1885)	
		スティーフェル穿孔機	(1895)	
	圧延法	ピルカーミル	(1891)	34.0~609.6
		プラグミル	(1906)	25.4~406.4
		ドイツァーミル	(1931)	38.1~88.9
アッセルミル		(1936)	57.1~152.4	
コンテナミアスミル	(1949)	25.4~114.3		
A 2 プレス 方式	穿孔法	エルハルト穿孔機	(1891) ~1016	
	鍛圧法	水平タルプレス プッシュパンチ	(1891) 152.4~1142.6 (1922) 12.7~152.4	
A 3 押し 出し 方式	穿孔法	クランクプレス(ジンガープレス)	(1930)	
		ハイドロリックプレス(ユジーンセジュールネ)	(1951)	
圧延法	レデュースミル	(1925)	21.7~76.2	

第2表 溶接鋼管製造方式の分類

括弧内数字は発明年, □ は国内に設置されたもの

B) 溶接鋼管 (鋼板, 帯鋼より)			
	溶 接 法	名 称	製管範囲 (外径)
B 1 鍛 接 法	鍛 接 法	バットウエルド (1842)	12・7~101・6
		□ コンテナスバットウエルド (1923) (フレッツムーン)	12・7~101・6
B 2 ガス溶接法	ガ ス 溶 接 法	□ オキシアセチレンガス溶接 (1901)	12・7~89・1
B 3 電気溶接法	電気抵抗溶接法	□ A.C.(D.C)ウエルド (1920)	12・7~508
	電 弧 溶 接 法	ベンディングロール式 (—)	406・4~1016
		□ U-O プレス方式 (1941)	
		□ スパイラルウエルド方式 (1955)	
	□ タングステンアーク方式 (1930)	12・7~203・2	
高周波電気溶接法	高周波電気溶接法	□ インダクションウエルド方式 (1944)	12・7~152・4
		□ レジスタンスウエルド方式 (1952)	12・7~914・4

第3表 代表的な製管法の生産性の比較 (日本)

製 管 方 式	製管寸法	能力換算 t/h	直接作業 人 員	生 産 性 t/h/Man	最大製管(吐出) 速度 ft/mn
プラグミル方式	小径 2"	21	30~35	0・7	700
	大径 9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> "	45		1・5	150
ピルガーミル方式	小径 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	15	30~40	0・5	150
	大径 13"	17		0・57	150
押出方式 メカニカル ハイドロプレス	小径 1"	4・5	7~9	0・57	550(195本/h)
	大径 2"	5・5	10~12	0・55	1400(65本/h)
フレッツ・ムーン方式	小径 1/2B	26・4	13~16	2・0	1100
	中径 4B	47・0		3・6	160
レジスタンスウエルド方式	小径 1/2B	4・0	7~10	0・5	170
	大径 14B	63・0		8・0	70
レジスタンスウエルド +ストレッッチレデューサー	小径 1/2B 小径 2B	18	11~14	1・6	800 600

示されている製管方法はこの方式の中の代表的方法を取り上げ、それについての生産性を比較して見た。すなわち、継目無鋼管関係ではプラグミル方式はピルガー方式に比し t/h/man が大きい。押出方式は t/h は小さいが、合金鋼特にステンレス鋼などの加工性の劣るものに優れた性能を持っている。

溶接鋼管についてみるとスタンダード・パイプにはフレッツ・ムーン方式が最も能率的であり 6", 以上の大きさの鋼管ではレジスタンスウエルド方式が有利である。また、近く日本でも採用される予定のレジスタンスウエルド+ストレッッチレデューサー方式は検討の価値が

充分にあるといえる。

## II. 継目無鋼管製造技術の進歩

### 1. 継目無鋼管製造方式の最近の進歩

i) 大径管製造における double piercing の採用  
マンネスマン方式においてのピアサーはロール周速も 230m/mn 程度から 350m/mn 程度までスピードアップされ効率も向上して来たが、特に二重穿孔方式が採用されて大径管製造の場合の能率、品質を向上させた。すなわち第1ピアサーで厚肉穿孔を行ない、ついで第2ピアサーを elongator として使用する形式であつて、

5 $\frac{1}{2}$ "  $\phi$  以上の鋼管の製造に使用され最大 14"~16" まで実用化されている。管としては疵の発生も少なく、偏肉も良好となり効果的である。また、ピアサーが加工度を折半して分担するよう配置されているため製鋼管本数が向上し t/h も増加している。

ii) 小径管製造における stretch reducing の採用  
小径管は内面にマンドレルやプラグを入れて圧延加工することが困難であるため全て reducer で絞り圧延を行なつて製造されるが、従来の固定回転式の reducer に対し speed 変換ができ、強度の大きな stretch reducer が設置されるにおよんで大きな進歩を来した。すなわち、stretch reducer では大きい dia. reduction を加えることができるので、母管の寸法の大きなものを使用でき、したがって t/h が向上する。また大径母管から絞つて長尺製管となるため crop loss の割合が減少し歩留が向上した。stretch をかけるために母管より肉厚がかなり薄く仕上げることが可能で薄肉製管の限度も向上した。

### iii) Extrusion process の採用と拡大

押し出しによる製管法で圧縮応力による加工を行なうために素材に対する要求がさほど苛酷でないため有効に稼働する分野があつたが、最近では Ugine-Sejournet 法としてガラス潤滑方式が成功するにおよび stainless, highalloy の製管がいちじるしく容易となつた。方法的にもダイスとマンドレルを変えるだけで厚肉、薄肉の製管が比較的容易であると同時に段取替も早い。また reducer を併用すれば小径管の t/h も上り、炭素鋼々管の表面グレードも改善され経済的に製管される機運にある。工程が簡素で建設費は比較的少なくてすむといえる。

### iv) Cold drawing における Multi-drawing と Cold reducing の実用拡大

冷間引抜技術も大いに進歩した。従来の chain bench で1本引きであつたものが、ドラム・タイプまたはシーソータイプ方式でつぎの引抜パイプの準備作業を完了するようにしかつ2~3本引きという multi-drawing になり抽伸長さも増し生産性がいちじるしく向上した。

引抜の場合の加工度は引抜に際し使用する lubricant と管の表面処理が重要であるが、ステアリン酸石鹼、磷酸および磷酸被膜の採用で重加工 (heavy reduction) を得られるようになった。加工の形式として引抜方式以外の cold pilger 方式である所の cold reducing 機械が発達した。これは圧延方式であり1回の reduction が大きく管の頭絞り不要、焼鈍回数減少を初めとして工数が少なくステンレス鋼や高合金鋼の加工に大きな利点と

特徴をもつていたつた。

### v) Continuous mill の検討

Plug mill 方式は多種多様の鋼管を最も生産性よく製造する方式として世界でも一番多く採用されているものの一つであるが、内面筋の発生を防止するために高度の技術を必要としかつ作業が往復動を行ない smooth でない。この点を改善した方式として continuous mill 方式がある。すなわち中空素材を一工程で仕上寸法に圧延する方法として考えだしたもので素管に芯金を挿入し、芯金と共に連続したロール溝を通して外径と肉厚を一気に仕上げるもので mandrel mill と称せられる。その性質上単一寸法に対して非常に生産能率のよいものとなる。

これに組合せる穿孔方式として、マンネスマン式以外に疵発生が少ない Ehrhardt 式を使い、ついで elongater で偏肉修正を行なつて mandrel mill にかける方式もある。小径についてはこれに stretch reducer を組み合わせて寸法に variety を持たせることが考えられる。世界では5~6台の本方式が稼働しているようであるが、検討事項として技術的価値の高いものである。

## 2. 鋼片加熱に対する改良

### i) 鋼片加熱の影響

鋼片を圧延温度まで加熱する時にその加熱履歴と加熱温度は穿孔に際しての難易にいちじるしく影響する。したがつてこの点について鋼片の外径、材質にしたがつて種々研究されている。また加熱の均一性も必要で 40°C 程度以上の温度差が生ずると偏肉にも悪い結果をおよぼすので均熱が必要である。また炉内での丸鋼の scale loss を防ぐために炉内圧も正圧操業にして induced air を減少させ滞炉時間も少なくする必要がある。

以上のような点を勘案しながら加熱炉は mill の t/h の増加に対応して手持ちの炉を逐次改良を行い、時には根本的に rotary hearth furnace の採用に踏切つている。

改造の経過の一例としては先づ石炭燃料を重油に代えて 7 t/h から 10 t/h の capacity に上げ、つぎの時期に燃焼室の拡大、soaking zone の設置を行つて 16 t/h 程度に引き上げ、ついで炉床の拡大のための炉長延長を行つたり、また計器操業を本格的に取り入れて 30 t/h に増量できた。これに併行して断熱耐火煉瓦の研究活用も行はれて loss をさけると共に修理費も減少している。

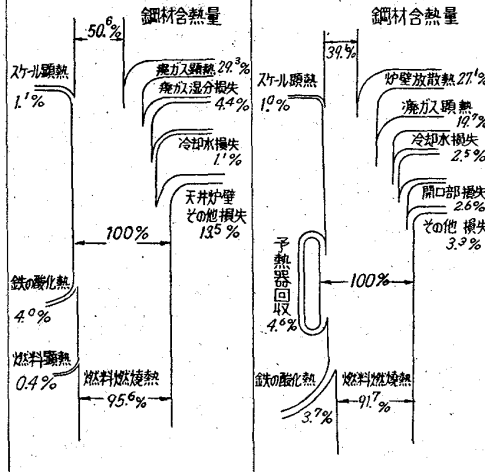
### ii) 鋼片加熱炉の改良例

従来は roll down type が普通であつたが、作業人員も多くを必要とするので rotary hearth furnace, walking beam furnace が出現している。第4表に

第4表 鋼片加熱炉の改良例

炉別	Roll down type	Rotary hearth type
公稱加熱能力	30 t/hr	65 t/hr
燃料	C 重油	C-gas oil
丸鋼寸法	93φ~135φ×4300 <sup>l</sup> max	89φ~230φ×4810 <sup>l</sup> max
炉床負荷	259kg/m <sup>2</sup> -hr	586kg/m <sup>2</sup> -hr
熱交換器	なし	4.6%
熱効率	52.7%	42.7%
作業人員	15人	13人

熱  
精  
算  
図  
表



比較を示す。

すなわち、roll down type は熱効率がよいが rotary 式は廃ガス温度が高く recuperator は必ず必要であり設備費も嵩む。而し roll down type では作業人員がいちじるしく多く induced air も防止が仲々困難であろう。それぞれ一長一短を持つが、場所があれば rotary 式設置が趨勢である。

iii) 鋼片加熱に induction heater の採用

Extrusion process においては鋼片加熱時に発生する丸鋼表面の scale を極度に嫌うため、salt bath を使用する場合もある程であるが、さらに induction 加熱方式を使用することが多い。第3図がその構造と加熱状況を示すものである。

この方式では N<sub>2</sub> ガスも併用しているが、加熱時間がいちじるしく短かく scale 発生が実用的に殆んどない。設置場所など取扱いも便利である。効率は寸法と coil の関係で 45~70% と差がいちじるしいが、図に示すごとき均熱度もえられている。

3. 穿孔および圧延工程における研究

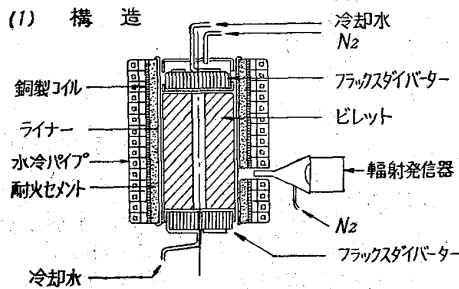
継目無鋼管製造において、鋼片に孔を穿つ所の穿孔工程は最も基本的な加工工程であるが、材料はこの加工で極めて苛酷な変形を加えられることになる。

しかし生産性を向上することも、鋼管の品質を良好にすることもこの穿孔工程および次の圧延工程が最も重要な意義をもつものであり、したがって各種の研究に多くの努力が払われて来た部門である。

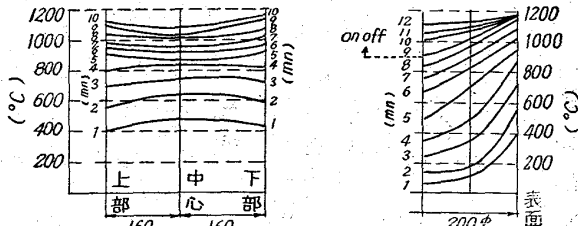
i) 穿孔工程における問題点

最も一般的な穿孔工程である所の傾斜ロール穿孔方式について考えて見たい。この piercing mill における問題点は数多くあるが、一口にいうと「疵、偏肉などの発生を防止し、薄肉に穿孔し而も穿孔速度を早くするこ

(1) 構造



高炭素鋼

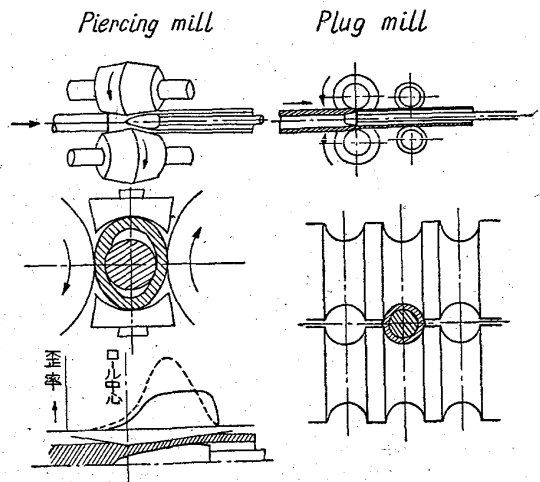


(2) 各種諸元 (例)

- 加熱時間 ST. Steel (5.5~6分) (600 700°C ~ 1200°C)
- (200φ × 400 l) C Steel (4~5分) (600 700°C ~ 1100°C)
- 容量 392 kW
- 電力原単位 300kWh/T (600~700°C → 押出温度)
- 効率 45~70%

第3図 Induction Heating  
140φ ~ 240φ × 330 ~ 700 l

roll down type と rotary hearth type との実例の



第4図 穿孔および圧延工程説明図

と」につける。これを実現するためのいろいろの要因をあげると次のごとくである。

Roll の傾斜角 ( $Q$ )

Roll の面角 ( $L$ )

Roll の間隔 ( $r$ )

Roll の円周速度(直径, 回転数)  $v$

穿孔の前進効率 ( $\eta$ )

Plug の形状とセットする位置 ( $p$ )

Guide shoe の形状と間隔 ( $gi$ )

これらの値を適正に定めることが **keypoint** である。第6表参照。

#### a) 疵の発生の防止

Billet が roll に噛み込まれて plug と roll の間で穿孔され圧延される過程での **pass design** は材料が **geometrical pass** にしたがって加工されるように歪率を適正にし、これに合った roll 開きと plug の形状を設計するようになった。

#### b) 偏肉の防止

Mill center に対し **pass center** を安定させ、roll の面と上下の **guide shoe** で均正のとれた **closed pass** を構成させ **uniform** な肉厚 **reduction** が得られるようになった。勿論これには磨耗の少なくかつ材料に疵を与えない良質の **guide shoe** 材質が研究されている。

#### c) 中筋防止

中筋は **plug mill** で発生するから **plug mill** での加工を少なくするため **piercer** で薄肉穿孔するようにすべきである。これには良質の **piercer plug** が必要であるし、穿孔 **speed** も早くしないと頭部の材料温度が下る。

#### d) 穿孔速度の向上

品質向上のためにも  $t/h$  を上げるためにも穿孔 **speed** は早くする必要がある。

まづ roll の円周速度を増大するために roll の直径をできるだけ大きくし、roll の回転数も可能な限り早くしたい。次ぎには **feed efficiency** の向上を期するために roll の **slip** を少なくする目的で roll の性質が吟味され、表面にナーリングをほどこすこともある。合理的な **pass design** は勿論必要で不適な時には 10% 以上も **efficiency** は下る。

#### ii) 圧延工程における問題点

**Plug mill** 方式の最も関心が払われ、常に努力されているのが中筋防止と能率向上、労働力の減少であろう。

#### a. 中筋の防止

**Plug mill plug** との摩擦を軽減さすために **piercer** で薄肉穿孔を行わせる。すなわち **piercer** での加工度を 60% から 70% 台に上げ **plug mill** での **reduction**

を 50% から 40% 台またはそれ以下にするようになった。

また、大径管を製作するにあたっては **double piercing** 法を採用し **plug mill** での加工を 30% 台にしている。

この加工に当っては **plug** の材質とその潤滑剤は常に重要で熱処理の研究やグラファイト、木炭、食塩などの使用法に絶えざる努力が払われている。

#### b) 能率の向上

能率を向上させるために **swedish mill** の形式は漸次廃止されパス回数は殆んど 2-pass となった。また **speed up** と作業員の労力を軽減するために **plug** の自動抜取設備が使用され、大径の時の **pulg** 吊り具も改良された。

#### iii) 穿孔および圧延能率の向上

#### a) 穿孔能率の向上

第5表に従来と現状の比較を示した。表に示すごとくに roll の周速は直径、回転数の増大により 1.5~1.8 倍となつている。feed efficiency も 1.3~1.5 倍となり穿孔速度も roll の傾斜角を大きくとることができるようになり、1.5~2.0 倍となつた。

#### b) Double piercing の特徴

**Double piercing** の特徴を第6表に 8B のガス管の場合について比較して示した。いわゆる二重穿孔を行うと疵の発生状況が1/3以下になり偏肉は No.2 piercer の効果でいちじるしく改善され製管  $t$  数は 1.5 倍以上となつている。

#### c) 穿孔断面の改良

第5図に穿孔断面の形状が改良された状況を示している。穿孔過程での断面を示しているが **closed pass** や **geometrical pass** の採用で断面の上下の対称性が保たれ、一時点での過度の加工もならされているのが分る。

第5表 穿孔能率の向上比較

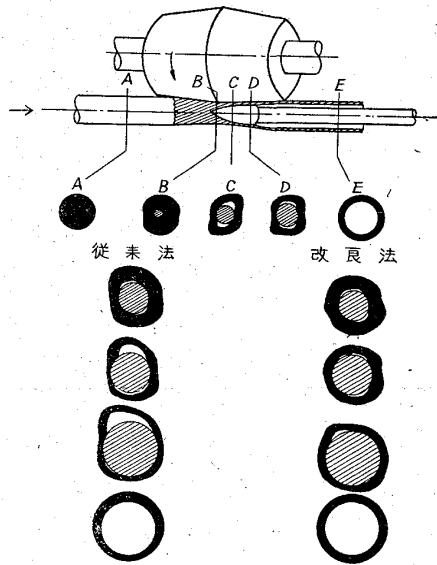
項目	従 来	現 状
ロール直径	400~970 $\phi$	~1070 $\phi$
ロール回転数	60~90 rpm	90~200 rpm
ロール周速度	2.2~3.8 m/s	~5.7 m/s
前進効率	60~90%	90~100%
穿孔速度	200~300mm/s	~600mm/s
電動機馬力	~2,000HP	~3,000HP
出口テーブル	~8,000mm	~11,000mm

d) 高温振り試験の応用

Piercing は苛酷な加工法であり、適性を欠くと疵が

第6表 Single piercing と Double piercing の比較

項 目		Single piercing	Double piercing
製管寸法		8B (216 <sup>・8</sup> ×5 <sup>・8</sup> )	8 B
使用材料径		215 ϕ	178 ϕ
第一穿孔機	外径×肉厚	225×11 <sup>・0</sup>	192×29 <sup>・0</sup>
	減面率	79 <sup>・6</sup> %	40 <sup>・1</sup>
第二穿孔機	外径×肉厚	—	230×8 <sup>・5</sup>
	減面率	—	40 <sup>・2</sup>
合 計	減面率	79 <sup>・6</sup> %	76 <sup>・1</sup> %
	圧延比	4 <sup>・91</sup>	4 <sup>・19</sup>
Plug mill	外径×肉厚	213 ϕ×5 <sup>・8</sup>	219 ϕ×5 <sup>・8</sup>
	圧延比	2 <sup>・0</sup>	1 <sup>・5</sup>
製管本数/h		70	120

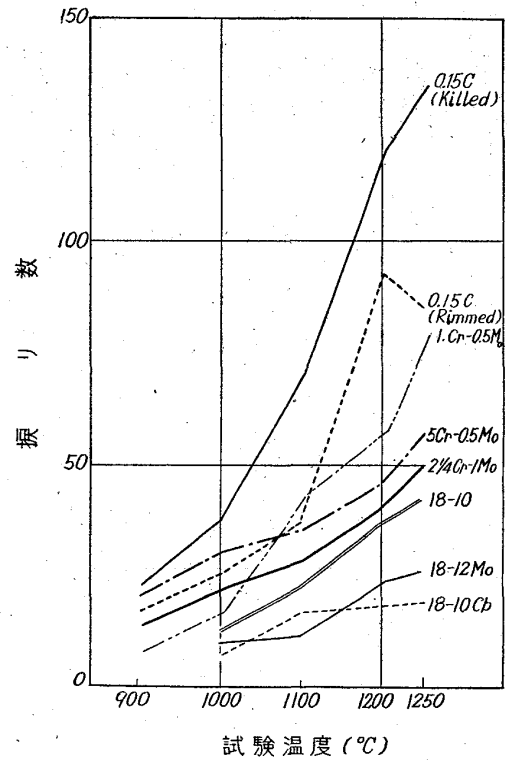


第5図 穿孔断面形状の改良説明図

発生しやすい。穿孔するに適当な材料であるかないかは判定し難いが、この加工性を見る目安として高温振り試験を利用するようになった。とくに high alloy やステンレス鋼などの材料の加工性を前もって調査し対処している。第6図に高温振り数を示しているが、350rpm、20 ϕ 試験片のこのテストによると、18~20以下の振り数のものは piercing 加工は実用的には困難であろう。

e) 穿孔および圧延加工度の配分

前述したように中筋防止、効率向上のために piercing と plug mill での area reduction の配分が piercer の方に重点が移り plug mill には荷をかけない方式になつて来た。第7表に中径管と大径管の製造の場合について表示している。

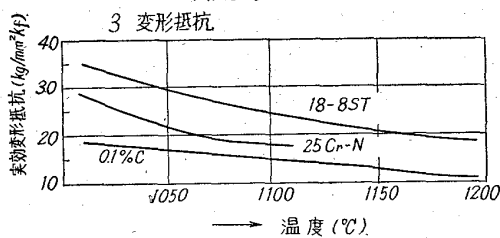
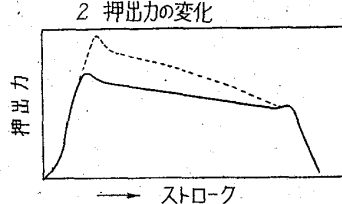
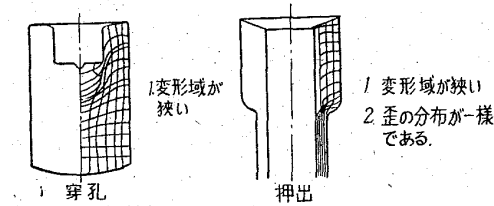


第6図 高温振り試験値

第7表 穿孔および圧延加工の配分の向上

	中 径 管 (4 1/2")		大 径 管 (8 B)	
	従 来 法	現 在	従 来 法	現 在
製管寸法 ピレット径	114 <sup>・8</sup> ϕ×4 <sup>・5</sup> t 113 ϕ	114 <sup>・8</sup> ϕ×4 <sup>・5</sup> t 113 ϕ	216 <sup>・8</sup> ϕ×5 <sup>・8</sup> t 215 ϕ	216 <sup>・8</sup> ϕ×5 <sup>・8</sup> t 178 ϕ
No. 1 ピアサー 断面減少率	121 ϕ×9 <sup>・5</sup> t 66 <sup>・9</sup> %	119 ϕ×8 <sup>・0</sup> t 72 <sup>・2</sup> %	225 ϕ×11 <sup>・0</sup> t 79 <sup>・6</sup> %	192 ϕ×29 <sup>・0</sup> t 60 <sup>・3</sup> %
No. 2 ピアサー 断面減少率	—	—	—	230 ϕ×8 <sup>・5</sup> t 60 <sup>・2</sup> %
プラグミル 断面減少率	112 ϕ×4 <sup>・5</sup> t 54 <sup>・4</sup> %	112 ϕ×4 <sup>・5</sup> t 45 <sup>・5</sup> %	213 ϕ×5 <sup>・8</sup> t 49 <sup>・0</sup> %	219 ϕ×5 <sup>・8</sup> t 34 <sup>・2</sup> %

1 穿孔押出の Metal flow



第7図 押出加工説明図

iv) 押出穿孔法の特徴

Press piercing の場合は、傾斜ロール穿孔法と異り、metal flow がより容易で加工も困難が少ない。現在は特種な製品を作るためにかなり使われているが、今後発展する方式でもある。

a) Extrusion における穿孔、押出し

Metal flow は第7図に示すごとく穿孔の場合でも押出しの場合でも苛酷な tension は少なく歪の分布が一樣で変形域も狭い。使用される潤滑油はグラファイト、ガラス、重油などがあるが、工具の形状の改良と相俟つて押出力も少なくてすむしかつ初めと終りで大差のない方式になっている。

変形抵抗は下式から容易に見出され各種の材質のものも図に示すごとくでそれぞれの措置を行いながら high alloy の製管が可能になっている。

$$P = K_f F_0 \ln F_0 / F_1$$

$$K = K_f / \eta$$

P: 押出力

$K_f$ : 変形抵抗

$F_0, F_1$ : 押出前後の断面積

K: 実効変形抵抗

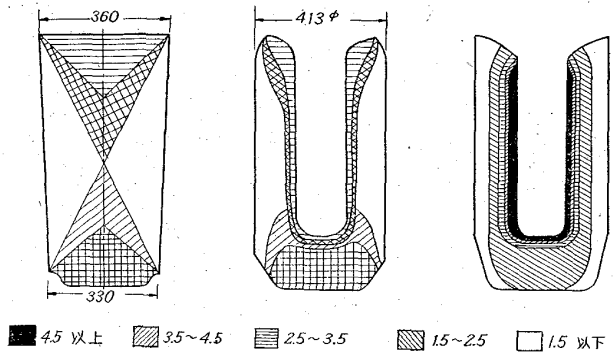
$\eta$ : 効率

また押出し比  $S = F_0 / F_1$  は一定の実用限度があり pipe のときは 10~50、棒のときは 100 までである。

b) Ehrhardt 方式は大径管の製造に使われているが Metal flow から見て ingot の top 部は pipe の内

Metal flow

鍛造比



第8図 エルハルト穿孔方式

面にくるし、bottom 部はそのまま底となるのが第8図から分る。したがってその部分を削り取るか、ingot で十分な処置をしなければならない。また pipe の肉厚部の鍛造比も内面は 4.5 以上になるが、外面では 1.5 以下の部分もあることが分り、ingot 時にそれなりの対策がとられるようになった。

4. 鋼管の絞り圧延工程の進歩

小径管を製造する時は母管を圧延温度に加熱し roll で連続的に外径を空絞りする。この場合 roll 圧延時に材料に tension を加えていわゆる stretch reducing を行い、ある程度肉厚を薄くする方法が進歩した。

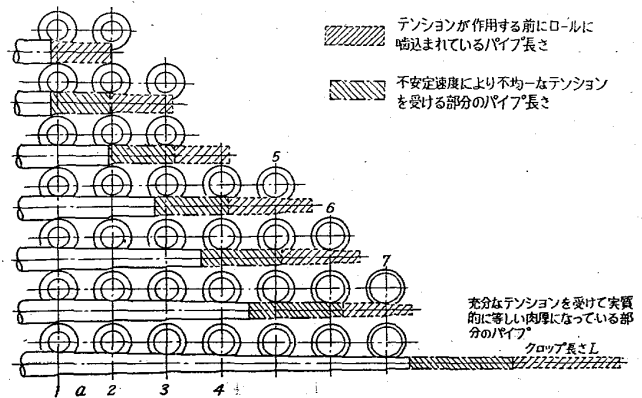
i) 絞り圧延加工における問題点

a) End thickening

Stretch reducer で外径を絞ると母管の両端部は tension が掛からないために中央部に比しいちじるしく肉厚が厚くなる。第9図にこの原理を示す圧延過程図を示す。この管端の肉厚部は切捨てなければならず歩留が下るために種々の処置がとられるがこれについては後述する。第10-1図に管端の肉厚の状況を表示した。

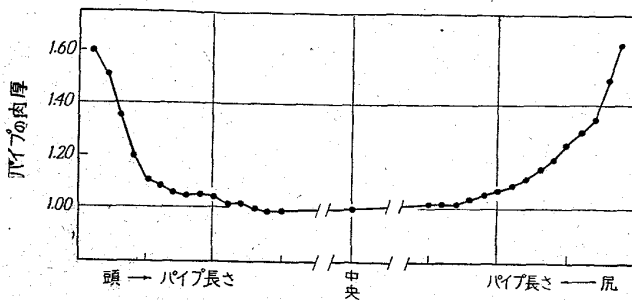
b) 管の厚さ範囲の拡大

小径で肉厚の厚いもの例えば 50mm 以下で  $t/D = 20\%$  を超えるようになると機械の強度や肉厚の変動などが



第9図 ストレッチレデュースの圧延過程図





第10-1図 End thickening 状態図

問題となり特別な措置が必要となってくる。最近では設備も新しくなり caliber design も改良された。

c) 生産性の向上

大径管に比し小径管は生産 t/h が少ない。したがって reducer の stand 数を増し、stand 当りの dia, reduction も増加して絞り量を多くて大径の母管を使って t/h を増すようになってきた。このために reducer の roll の径も大きなものを使うようになってきたが、これでは stand pitch が増して crop loss が増すので機械は極力 compact に設計されるようになった。

ii) End thickening の防止法

Reducer 作業で end thickening による crop loss は設備と作業段取で非常に影響される。この loss を少なくする方法は

1. スタンド間隔の極小化
2. ストレッチの早期構成化
3. 嚙込時の回転数変動の防止
4. ロールの把握力の増大
5. 使用スタンド数の減少
6. 外径落しの適正配分
7. 肉厚減少率の低減
8. 母管の長尺化

などが考えられる。

次いでクロープ長さを算出する試算式は色々あるが代表的な例を2つ次に示す。

$$(式1) \quad L = Ka \left[ v_{total} + v_{total} \sum_{i=2}^n \frac{v_{i-1}}{v_1 v_2 v_3 \dots v_{i-1}} \right]$$

$$(式2) \quad L = K \frac{1}{R} \times v_{total} \times a$$

ここに K: 補正係数

L: クロープ長さ

a: スタンド間距離

n: 使用スタンド数

$v_i$ : スタンドでの伸び

$v_i'$ : スタンドでの伸び ( $\sigma_e = 0$  のとき)

$$R: \frac{1}{1 - \frac{\text{肉厚減少率}(\%)}{100}}$$

$\sigma_e$ : 軸方向応力

iii) Stretch reducing の特徴

普通の reducer に比し stretch reducer は roll の回転数が自由に変ええる。同時にそのために stand pitch を極度に短くしたり強度を増したりしている。これらが総合されて大きな特徴を持つにいたっているがこれを列挙すると次の通りである。

a) Total dia. reduction が従来の 50~60% から 70~75% に増大した。

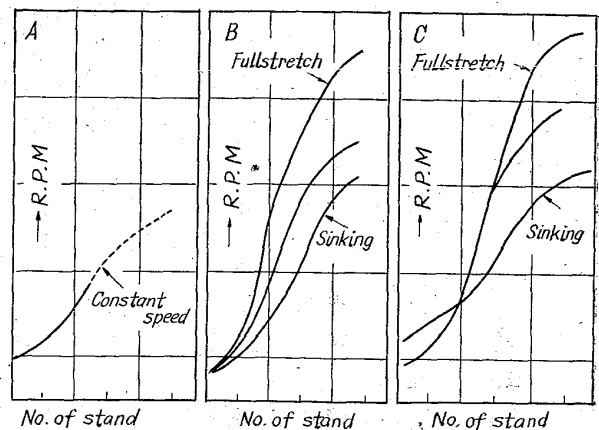
b) 大径母管の使用が可能となった。すなわち dia, reduction 以外に wall reduction も得られるから大径母管を使用しても悪影響がなく従来の 3 1/2" ~ 1 1/2" φ から 5" φ ~ 1 1/2" φ まで拡大された。

c) 絞り量が大きくなったため広範囲の外径成品を大径の単一 billet ですますことが可能になった。

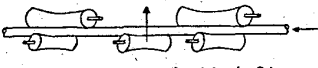
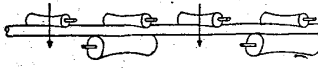
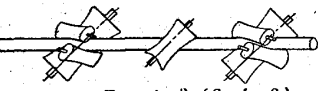
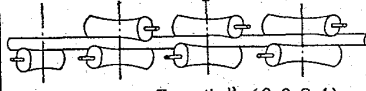
d) 薄肉製管は難しい作業であつたが、wall reduction が 35% 位までえられるため熱間仕上げでより容易になった。

e) 製管能率は単一 billet 寸法、大径母管が使用されるので 12~16 t/h が 18~27 t/h と 1.5 倍に上昇している。

f) 回転数が自由に換えられるから stretch 作業のみならず sinking 段取も作業可能は勿論である。したがって厚肉製管、薄肉製管に応じて wall reduction を control しかつまた crop loss の長さも加減できる。この回転数を変換する方式も色々ありその状況を第10-2図に示す。Aは固定 RPM のものでありBは1番スタンドの回転数はほぼ一定で後続のスタンド RPM を変えるもの、Cは自由に roll schedule にしたがつて RPM を変える形式のものである。



第10-2図 Stretch reducer の回転数変換方式

型 式	特 徴
 <p>5ロール式 (2-1-2)</p>	管端曲り取 困難・旧式
 <p>6ロール式 (2-1-2-1)</p>	改良型 普及型
 <p>7ロール式 (3-1-3)</p>	大径管に適す 7ロール採用
 <p>7ロール式 (2-2-2-1)</p>	小径・中径管 に適す 全ロール駆動

第11図 ストレートナー型式比較

iv) 鋼管曲り矯正機の状態

継目無鋼管製造の場合に限らず、溶接鋼管製造の場合にも曲り矯正機が殆んど全部使用されている。このストレートナーは管の端から端まで曲りが取れることと speed が上の工程の mill 能力に十分見合っている必要がある。また操作が容易であり space も少なくすむようにするために最近では堅形が多く用いられるようになった。第11図にその形式と特徴を示す。5-roll 式は古くからある最も普通のもので管端の曲り矯正が困難である。6-roll 式は出口に bending roll をつけたもので改良型である。7-roll は大径管に適するものでプレスロールを用い管を三方向から掴み十分な動力と若干の ovality とを与えて効果を上げている。2-2-2roll 式は小径、中径いづれにも適している。これは2本ずつの roll が pair で動き全ロール駆動式であり端から端まで小曲りもよく取れる。最近はこの型式が多く採用されている。一般に曲り取り speed は旧来の 60~120 fpm から 100~300 fpm に増加し管の出入口の操作も全自動式になって近代化されている。

5. 冷間引抜加工法の現況

i) 冷間仕上管の特徴

熱間仕上管に対して冷間仕上管があるが、これは熱間仕上管をさらに引抜加工または冷間圧延加工して作られるもので、その特徴を列挙すると

- 1 内外面仕上程度の良好
- 2 寸法公差の縮少
- 3 小径薄肉管、厚肉管の製造可能
- 4 物理的性質の改善可能

5 異形鋼管の製造容易

6 長尺管の製造可能

である。

ii) 冷間引抜加工法の現状

冷間引抜は古くから chain bench で2人の作業員で引抜かれていたが、掴みの自動戻り装置がつけられ1人の作業員で操作されるようになった。しかしこれも chain が1本で引抜も1本であり引抜速度も一定でしかも遅かったが、潤滑油のよいものが作り出され load も大きくかけられるようになると同時に機械はいちじるしく近代化され1~3本引、時には5本引も出現した。mandrel えの管の挿入方法、時期も有効自動的になり、引抜本数もいちじるしく増した。これらの状況を比較して第8表に示す。

引抜方法とは別に冷間圧延機 (cold reducer) も使用されるようになった。これは1回の area reduction が 75% にも達し途中の軟化熱処理や、掴み代が不要で利点が多い。管の送り機構も mechanical feed から smooth な hydraulic feed に発達して来ている。stroke 数も120 から 240 stroke/mn にまで発達している。

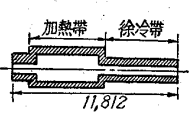
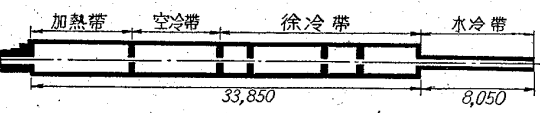
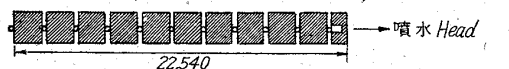
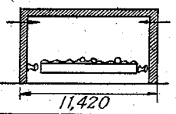
6. 鋼管熱処理炉の現状

鋼管熱処理は重要な工程で最近特に各社とも充実されてきた。熱処理を区別して考えると cold drawing をする途中で加工硬化をのぞく途中軟化と、最終の製品に対し所定の性質を持たすための製品熱処理がある。この

第8表 冷間引抜加工法の現況

型 式	Chain bench	Multi-draw bench	Cold reducer
内 容	Single chain Single draw  Single speed	Dual-chain 1~3draw, 2~6 mandrel Variable speed	Pilger式 Continuous feed  Hydraulic feed D.C. drive
Draw speed	~15m/mn	~30m/mn	~6m/mn
引抜力	~40 t	~90 t	~20m
引抜長さ	~10m	普通~16m	約20本/h
引抜本数/h	約30本/h	特~25m	75%
Reduction%	~(20~25)% max(35%)	約150本/h max(40%)	max(85%)
潤滑油	Soluble oil	ステアリン酸 石ケン(固型) 磷酸修酸皮膜 特殊油性潤滑 剤	Soluble oil パーカー処理
備 考	手 動	Automatic	特殊鋼ステン レスに有利

第9表 鋼管熱処理炉の特性

型式	名称	型式	燃料	炉内温度	$\frac{1}{h}$	用法
 加熱帯 徐冷帯 11,812	ローラ パス炉	ローラ 送り 直火式	軽油 ガス	720 $^{\circ}$ C	1.0	焼鈍
 加熱帯 空冷帯 徐冷帯 水冷帯 33,850 8,050	光輝 焼鈍炉	ラジエ ント管 式	軽油 ガス (混合)	920 $^{\circ}$ C	1.5 ~ 6.0	焼鈍 焼戻 焼戻 焼戻 焼戻
 噴水 Head 22,540	ボール 炉	ボール 炉型	C-ガス	1300 $^{\circ}$ C	7.7	焼入 焼戻 アクリ ル溶 融化 処理
 11,420	回転 炉	回転 炉式	C-ガス	1100 $^{\circ}$ C	7.6	焼鈍 焼戻

中には構造用鋼管などのための stress relief のための熱処理も含まれる。また特別の性質を持たすために焼入れ、焼戻しを行うことも多く必要とされるようになりこれらの作業に適した炉が作られてきた。

これらの炉の形式とその特性を表示したのが第9表である。この表にはのせてないが従来から用いられ、今でも最も多く使われているものにパッチ式炉がある。しかしこれも石炭焚から重油焚に改良され同時に材料の装入抽出も迅速機械化されている。

### III. 溶接鋼管製造技術の進歩

#### 1. 溶接鋼管製造方式の発展

##### i) 溶接鋼管生産割合

鋼管の生産量は最近の 10 年間にいちじるしく伸び継目無鋼管は 2.9 倍に溶接鋼管は 11.5 倍になったことは述べたが、その中で溶接鋼管の生産量の鋼管の全生産高に対する比率を見ると第12図に示す通りである。これは米国、西独の場合と比較しているが昭和26年と昭和34年、昭和36年の比率の差を見ると

	昭和26年	昭和34年	昭和36年
U.S.A	62%	68%	65%
西 独	24%	30%	31%
日 本	30%	62%	72%

と日本の溶接鋼管の伸びの大きいことが分ると同時に国内事情にも依るが日本は米国の比率に近づいているようである。

##### ii) 溶接鋼管生産量の推移

溶接鋼管だけの生産量を年次別に第13図に示す。製法別に記してあるが、電縫管が顕著に伸び、特に昭和34年以降に大きく飛躍した。また昭和35年より新に U-O フ

ォーム方法やスパイラル溶接鋼管が導入され電弧溶接管が出現した。

#### iii) 製管寸法の拡大

a) 電気抵抗溶接管の製管可能範囲  
製管可能範囲は電気抵抗溶接の中でもその方式の差により変わってくるので低周波と高周波および AC-DC の三分に分て日本のもとの比較のために世界のものをも表示したのが第10表である。低周波のものについては世界と同程度であるが、高周波関係は最近開発されたもので今後の発展が期待される。

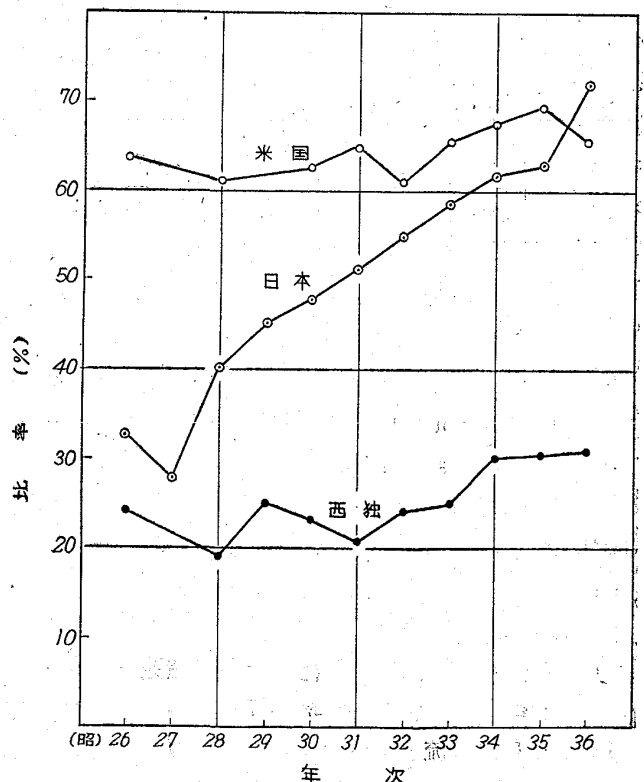
#### b) 電縫鋼管製造設備の進展

製造可能外径と肉厚の限度を年次別に図示したのが第14図である。外径について

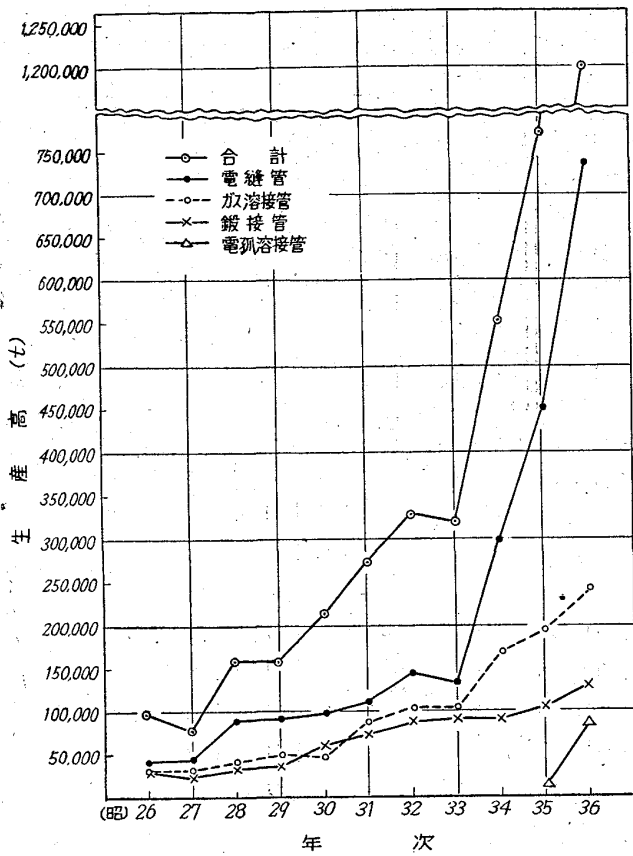
では最小は 20 $\phi$  であるが最大は昭和20年に 76 $\phi$  まで昭和26年には 100 $\phi$  まで、昭和35年には 350 $\phi$  まで拡大されている。肉厚について見れば最小は 1.25mm であるが最大は昭和20年 4mm、昭和25年に 5mm となり、昭和35年には 12.7mm まで外径の拡大と共に厚くなった。

#### iv) 溶接鋼管製造法の最近の進歩

溶接鋼管の製造法は種々あつてそれぞれ特色を持っているが、用途によつてそのいずれもいちじるしく進歩発



第12図 鋼管生産高における溶接鋼管の比率



第13図 溶接鋼管の製法別生産量の推移

第10表 現在における電気抵抗溶接鋼管の製管可能範囲

型式	寸法		最大外径		最小外径	
	世界	日本	世界	日本	世界	日本
低周波 (<360 $\sim$ )	20" $\phi$ 米国	16" $\phi$ 住友	3/4" $\phi$ 各国	3/4" $\phi$ 各社		
高周波 (>400,000 $\sim$ )	36" $\phi$ カナダ	4 B 丸一	3/4" $\phi$ 各国	2 B 丸一		
AC-DC	4" $\phi$ 米国	2 1/2" $\phi$ 東芝	3/8" $\phi$ 米国	1/2" $\phi$ 東芝		

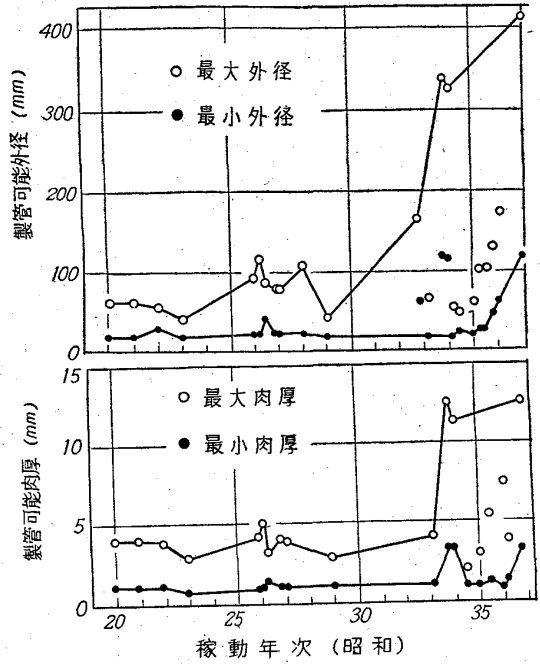
達した。次に代表的事項を述べる。

a) Continuous butt weld の設置

4"  $\phi$  以下の standard pipe の生産にはこの continuous butt weld すなわち fretz-moon がもつとも高効率である。最近は特に rotary saw と stretch reducer の非常な進歩によつて生産能力が 1,200~2,000 fpm にも向上している。

b) 電気抵抗溶接管製造における製造速度の向上

1) transformer が従来の固定式から回転式が開発されてからは電流効率も speed も倍以上に上昇した。またこの trans の冷却方式も空冷式から油冷または



第14図 電弧鋼管製造寸法の推移

vaper cool 方式と開発され speed up に寄与している。

2) 次になされた大きな factor は AC 電流のサイクルの上昇である。60 $\sim$ では stitch のためにいかに容量を増しても 105 fpm が max. であるが、180 $\sim$ にして 200 fpm が可能となっている。

3) 板を円にする forming 方式は管の溶接の良否と表面状況にも関係し combined type の形式が発達改良されて効果を上げた。

c) arc welding による stainless および high alloy 鋼管の製造

低周波の電気抵抗溶接方式では合金鋼を初めとしてステンレス鋼は溶接できない。この目的のために tungsten arc welding 法が採用され、inert gas としてアルゴン類が使われるようになった。電極の調整も自動式で優秀な溶接が得られるようになった。

d) 大径溶接鋼管製造方式の発展

外径の大きな鋼管は bending roll 方式で作られていたが、これには長さも短かく大量生産方式のものではなかつた。しかし最近 U-O forming 方式やスパイラル溶接鋼管方式が取り入れられ、前者では外径 400mm まで、後者では 1600mm までのものが作られるようになった。どちらも sub-marged arc welding である。

e) 高周波電気誘導、抵抗溶接法の検討

低周波溶接では stitch の問題で溶接速度に限度があり、また帯鋼に対する要求事項も色々ある。しかし高周波方式を用いると色々な利点があり、近年急速に進歩し

さらに発展の途上にある。

利点としては

帯鋼の前処理の省略

〃 の side trimming の省略

〃 の公差範囲の拡大

溶接速度の上昇

特殊薄肉管の製造

各種合金鋼の溶接

がある。

2. 帯鋼の前処理の検討

a) 各種の方式

帯鋼の前処理には数種の方式があるが、その特徴を第11表に示す。表には採用しているメーカーの数も記入してあるが、最近では shot blasting が大いに認められて来ている。

b) 改良効果

Scale をのぞく方法として a) 項の形式があるが、酸洗の場合に 5~7 roller leveler を通すと mill scale が取れ易くなる。酸洗時間にして 25% 短縮され、硫酸の原単位も 17% 軽減されている。また硫酸槽に市販の inhibitor の外に水溶性切削油を加えると浸漬時間も 1 時間20分が50分に短縮され、能率が 14 t/h から 22 t/h に上った例も報告されている。

3. Forming mill における進歩

i) Caliber design の改善

Forming roll の材質は大切で焼付を防止するために焼入技術が進歩し、硬度も Hs=80 以上のものがえら

第11表 帯鋼の前処理方式の特徴

前処理方式	設置 メーカー 数	作業員	特 徴
吊下浸漬式	7	7人	(1) ピン差し必要 (2) 前処理必要 (3) 少量生産向
マストタイプ	1	7人	(1) 浸漬式より能率大 (2) 前処理必要 (3) 設備費割高
Rotary cage	2	3人	(1) 前処理不要 (2) 酸洗時間若干長い (3) 品質安定(薄肉可能)
Continuous pickling line	2	1人	(1) Strip mill に直結する 大量生産方式に相当 (2) 品質優秀 (3) 設備費大
Shot blasting	5	1人	(1) Standard pipe に最適 (2) 操業費安価 (3) 設備費安価

第12表 Forming 形式の分類と適用例

A. Forming 形式の分類

分 類	方 式	特 徴
A	Edge bending	帯鋼の両端から最終管に近い曲げ半径で曲げて行く
B	Center bending	帯鋼の中心から最終管に近い曲げ半径で曲げて行く
C	Circular bending	帯鋼を単一円弧状に順次曲げて行く。

B. Forming 形式の適用基数

形式	C	C + A	C + A + B
外 径 $\leq 60.5 \phi$	5 基	17 基	4 基
$\leq 114.3$	3	10	3
$\leq 165.2$	2	4	1
$\leq 216.3$	1	3	—
$> 216.3$	1	2	—

れている。また forming の形式は第12表に示すごとく edge bending, center bending と circular bending の A, B, C の方式が考えられそれぞれに特徴がある。実際に使われている方式はこの3つの方式が組み合わされたものが多く、この使用されている実際の例数を製管外径別に第12表の下段に記した。CとAを併用したものがもつとも多くそれなりに利点があるようである。

ii) 薄肉製管技術の進歩

a) 薄肉製管の困難性と向上対策

薄肉管とは寸法的に定義があるわけではないが一般に肉厚(t)/外径(D)  $\leq 2\%$

または実際肉厚寸法 1.0mm 以下といわれている。

概して薄肉管の溶接は困難な点が多い。その理由は帯鋼の厚みが薄いために break down roll で edge stretch を生じ易い。同時に edge buckling も発生し易い、また welder に来て電極の下で seam lap や collapsing が生じ易く問題が多い、このようなことが重なって困難さを増すわけであるが、各種の対策が取られて薄肉製管が向上した。すなわち

1) Cluster side roll (idle) の使用

水平、垂直の交互配列ロールでは垂直ロールで強く締めなければ水平ロールで疵がつき、強く締めると垂直、

水平ロール間で buckling が出やすい。ここに cluster side roll が採用されるようになった。

2) 下ロール高さの調整

下ロール高さを適宜カーブさせ、成形の初期に edge に tension をかけないようにし成形の中期にかかるようにして buckling を防いでいる。新しい mill は全て下ロール高さの調整ができる。

3) スタンド間隔の短縮

スタンド間隔を狭くすることにより edge の buckling に対する抵抗を大きくする。

4) Finpass の絞り増大

Finpass の絞りを大にして edge に tension を与え buckling を防ぐ。

b) Forming roll の配置例

ロール砥と edge buckling を防ぐために cluster roll の採用が多くなったが、その配置例を第15図に示す。Etna 社も Yoder 社も中径管では同傾向となってきた。

c. 薄肉製造実績の向上

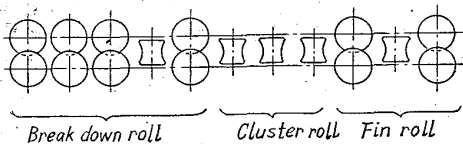
日本における薄肉製管の実績は第16図に示す。稼働年度毎に製管可能の最小肉厚を記してあるが、昭和35年以降の新設備からは 1% が可能になっている。しかし世界では 0.93% が出現しているし DC-Welder の実績は 0.8%, 高周波溶接機では 0.4% の実績がある。

4. 溶接工程における進歩

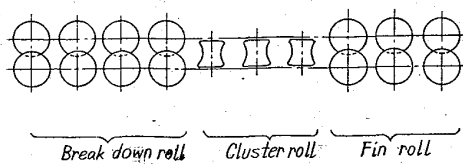
i) 溶接製管速度の向上実績

溶接製管の速度が年々改善向上されているが、低周波溶接の場合の速度の進歩状況を第17図に示す。昭和31年と昭和36年とを比較して図示してあるが、肉厚 3 mm もので 120 fpm から 160 fpm に向上しており、1.5mm もので 150 fpm 10mm もので 50 fpm が可

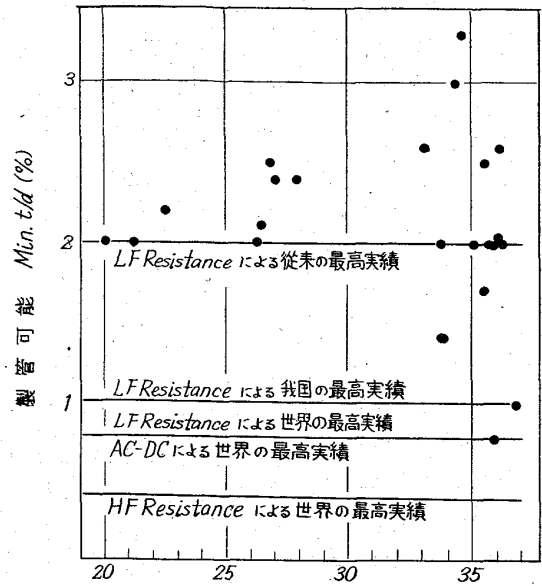
A) ETNA 4KU Mill の例  
(八幡鋼管)



B) ETNA 16KU Mill の例  
住友金属

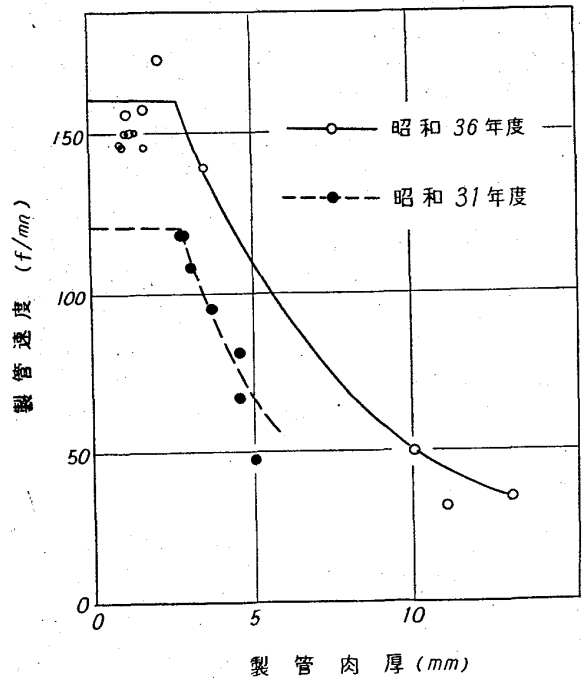


第15図 Forming roll 配置



稼働年度 (昭和)

第16図 我国における薄肉製管の実績の向上



第17図 我国における電縫鋼管製管速度の進歩

能となった。製管速度の向上は前後の工程の速度も上らなければ総体として達成されないが、速度向上ができた理由は

- 1) トランスの容量増強, 2) サイクルの増加
  - 3) cut off machineの進歩, 4) end weld の進歩
  - 5) 帯鋼の長尺化, 6) forming 技術の進歩
- などが考えられる。

ii) Transformer の容量, サイクルと溶接速度

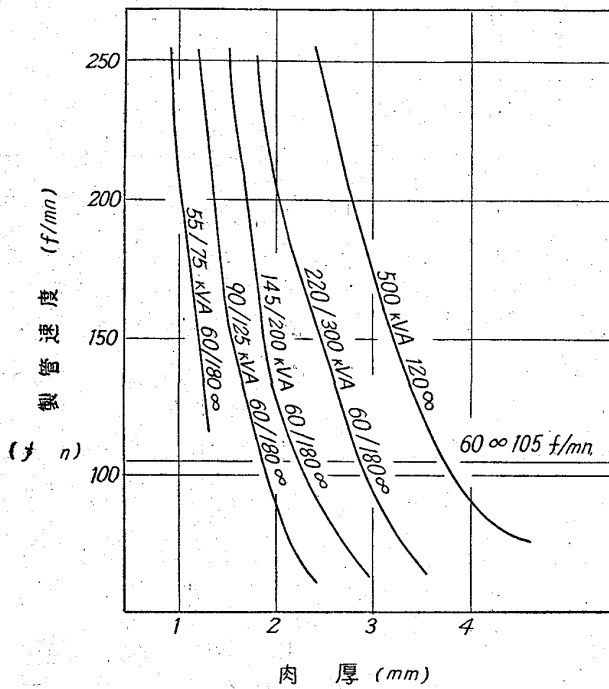
第18図に低周波抵抗溶接の場合の肉厚, trans 容量と製管速度の関係を示した. すなわち transformer の容量の増大により理論的にも溶接速度と肉厚の限度も増大している. また容量の外にサイクルについては60サイクルでは kVA が増しても stitch の関係で速度は増えなくて最大 105 fpm が限度である. したがってサイクルは増大したが, 180 サイクル以上はコストが高くなり

実益が出ない. 180 $\infty$  も 360 $\infty$  も溶接性にはほとんど差がない. したがって日本のこの種の welder 28 基の中, AC-DC 1 基を除いては全て 180 サイクル以下の 1-f-resistance welder である.

iii) Transformer の進歩と溶接速度

a) 固定式と回転式の比較

第13表に示すように回転式の方が速度, 効率共に2倍良好である.



第18図 Low frequency resistance weld における肉厚トランス容量と製管速度との関係

第13表 Transformer の進歩と製管速度

A. 固定式と回転式の比較

種別	項目 国内の 設置台数 基	製管速度 (300kVA)ft/mn		溶接電流 の効率 %
		SGP 1/2B	SGP 2B	
固定式 (60 $\infty$ )	6	80	55	45~50
回転式 (180 $\infty$ )	22	150	115	85~93

B. 冷却方式と製管速度

冷却方式	項目 製管速度 (300 kVA) ft/mn	
	SGP 1/2B	SGP 2B
空 冷 式	80	55
液 冷 式 (水冷, 油冷)	150	115
ガ ス 冷 式	160	130

第14表 電気抵抗溶接における実用的に溶接可能材質

条 件	管 径	溶 接 可 能 材 質		
		炭素当量* (%)	抗 張 力 (kg/mm <sup>2</sup> )	説 明
Post annealing せず as weld で出荷	小 径	0.60	60	溶接部の硬化と強度から見て C.E. = 0.60% が限度, 主として構造用鋼管耐食性鋼管用
	中 径	0.64	65	溶接部の硬化と強度から C.E. = 0.64% が限度, 主として LPX 52用
Seam annealing 実施	小 径	>0.60	>60	米では 0.6% C 低合金鋼まで溶接
	中 径	>0.65	>65	米では J 55 grade まで溶接

\* C.E. = C + 1/7Si + 1/5Mn + 1/7Cu + 1/9Cr

第15表 各種切断機的能力比較

	Rotary disc cutter	バ イ ト 式	丸 鋸 式
切断可能最小長さ (mm/f.p.m)	21~29	46~60	31~43
長さ 誤 差 (mm/f.p.m)	±(0.02~0.03)	±(0.03~0.21)	±(0.10~0.12)

第16表 各種 End welder の比較

方 式	ガス溶接方式	アーク溶接方式	衝合溶接方式	
溶 接 方 法	酸素, アセチレン, 手動	アルゴンアーク, 半自動, 直流 Shear welder TIG 方式	火花, 衝合, 半自動	
国内の設置台数	単独使用 5基 併用使用 1基	5基	単独使用 13基 併用使用 1基(>2t)	
溶接時間 (1.2~4.2 t) End welding 全停機時間 (1.2~4.2 t)	35''~110'' 65''~220''	30''~90'' 60''~200''	10''~15'' 25''~90''	
製管能率 (外径×肉厚)	100mm <sup>2</sup> 200mm <sup>2</sup>	57 f.p.m. 31 "	117 f.p.m. 81 "	140 f.p.m. 106 "

## b) 冷却方式と溶接速度の向上

空冷式から液冷式になり大いに性能が向上したが、最近になって溶接電流の増強と所要電力の節約を狙った新しいガス冷却式も開発されている。

## iii) 抵抗溶接における実用的溶接可能材質

溶接管は普通鋼では溶接効率 100% のものも容易に得られるが、材質的に他の元素が入ると溶接困難となる。この関係を carbon equivalent または抗張力などで溶接可能材質の限度として第14表に示した。

溶接ライン中に post annealing を実施する設備が出て来たが、これを行なうと LPX 52 クラスは勿論 J-55 grade まで可能となつてきた。

## iv) 各種切断機の能力比較

Welder についている切断機もいちじるしく進歩し、切断機そのものと、それを溶接速度に同調して移動さす方式や油圧式も採用されて速度と切断精度が向上している。

切断方式には rotary disc cutter, バイト式, 丸鋸式の3種があり、これらの製管速度に対する数字を第15表に示した。rotary disc 方式が、迅速性もあり切断誤差も少ない。

## 5. End welder の性能

小径管では連続製管を行なうために、帯鋼の端を溶接する必要がある。現在 end welder の方式としては酸素アセチレン溶接, 不活性ガスアーク溶接, 衝合溶接 (フラッシュ・バット) の3種がある。この性能比較を第16表に記した。

それぞれに特徴はあるが、つぎの looping 設備にも関係し迅速なことも必要で、将来の方向としては一部薄肉肉狭巾がアーク溶接で行われ、他はフラッシュ・バットが大勢となるう。

## III. 結 言

昭和30年以降、日本の鉄鋼業はいちじるしく進歩した。鋼管部門も同様に生産量を伸ばすために新しい設備がつつぎと設置されその度毎に技術も一段と進んだ。同時に古い設備はまた可能な範囲で改良され、新しい技術が作り上げられ、また附加されてきた。この間、鋼管分科会々員の間では積極的な相互啓発と討論が行われ、大いに裨益するものがあつたと信ずるものである。

量と品質とコスト面の向上は勿論であるが、製管範囲も大いに拡大され鋼管の用途も次々と開拓されている昨今であるが、本文が鉄鋼関係諸氏の何らかのお役に立てば幸いである。