

Table 6. Results of bending test.  
Bending radius 16mm R

Test No.	Faults at bending angle 110°	Faults at bending angle 180°
1	Very fine*	Very fine
2	None	Very fine
3	Very fine*	Very fine
4	None	None
5	Visible	Visible
6	Visible	Visible

\* The faults found by dye-check test.

一方曲げ試験の曲げ半径を 10~25mm に変え、おのこの最大の変形を測定したところ Fig. 4 に示すごとくであった。これから本試験における扁平試験に現われる最大変形を曲げ試験で再現するためには、曲げ半径を 16mm とし曲げ角度 110° および 180° までにしたところがそれぞれ扁平試験の JIS 規定量および密着まで押した時の最大変形と等しくなることがわかった。

そこで上記の曲げ試験片を曲げ半径 16mm で曲げ、曲げ角度 110° および 180° でそれぞれ疵の発生の有無を観察した。その結果 Table 6 に示す通り扁平試験で疵の発生したものは必ず曲げ試験で疵の発生が確認でき、扁平試験よりも曲げ試験の方がやや厳しい結果を示すことがわかった。したがって製造法の改善にさいしては扁平試験の代りにこれと等しい最大変形の現われる曲げ試験をもつて代用し得ることが明らかである。

### 3. 結 言

配管用小径厚肉合金鋼管の引張りおよび扁平試験の成績におよぼす諸因子の影響を試験するとともに扁平試験と曲げ試験との関連を試験した。その結果熱処理の影響は引張り試験の降伏比を向上せしめるが扁平試験に対しては軸方向に長く伸びた非金属介在物が大きな影響をおよぼす。この軸方向の非金属介在物の伸びを防止するために鍛造比を下げた場合鍛造比 2 でも充分所定の引張り試験成績を具備せしめることができ、もちろん扁平試験も合格せしめ得ることがわかった。また製造法の改善試験に当つてはより簡便な曲げ試験をもつて扁平試験の代替とし得ることを明らかにした。

## (145) 鋼管の扁平曲げについて

住友金属工業, 鋼管製造所

○八木 基雄・大谷 英明

### Cold Press Bending of Steel Tubes.

Motoo YAGI and Hideaki OTANI.

#### 1. 緒 言

構造用鋼管あるいは機械構造用鋼管の使用範囲は最近多岐にわたっているが、その場合鋼管に加工をして使用する場合が多い。ここでは扁平曲げ加工をした場合、加工の条件、および材料の機械的性質が曲げ加工の結果におよぼす影響を試験をした。鋼管の扁平曲げ加工限度および扁平曲げ加工後の強度を問題とし、この種の問題の解決策として、曲げ加工時の変形および変形による加工

Table 1. Test specimens.

Specimens	Reduction (%)	Dimensions (mm)	Note
A	0	28.0 $\phi$ $\times$ 2.8 t	650°C $\times$ 10min. A.C.
B	2.2	27.4 $\phi$ $\times$ 2.8 t	
C	3.9	26.9 $\phi$ $\times$ 2.8 t	
D	6.7	25.9 $\phi$ $\times$ 2.9 t	
E	8.5	25.4 $\phi$ $\times$ 2.9 t	

硬化性を調査した。

## 2. 試験内容の概要

### 2.1 供 試 材

供試管は Table 1 に示すように引抜加工度の異なる 5 種類の冷間仕上鋼管を用いた。

供試管には曲げ加工時の管の変形状態を調べるために網目状のケガキ線を入れ、さらに、管の中央部にはヒズミ測定用標点<sup>1)</sup>を打刻した。

### 2.2 曲げ加工方法

供試管を 2 点のロール<sup>2)</sup>で支えておき、管の中央部をポンチでプレスして押曲げる。(Fig. 1) なお曲げ加工機は、15 t アムスラー万能試験機で曲げ治具として、支持形とポンチを取付けた。

### 2.3 曲げ条件

曲げ条件はいずれの供試管とも Table 2 に示すように一定ロール間距離を 2 種のポンチで押し曲げ、ストローク (押し曲げ深さ) は 55, 40 および 25mm の 3 種とした。

## 3. 供試材確性試験結果

曲げ試験に供した管の化学成分は、Table 3 に示すようにいずれも低炭素キルド鋼鋼管である。また機械的性質を Table 4 に示した。さらに供試管の顕微鏡組織を観察した。A 材は低炭素キルド鋼鋼管としては普通の標準焼なまし組織であり、引抜加工度が大きくなるにつれて長手方向に若干歪んだ組織を呈してくるが、ミクロ的異常は認められない。

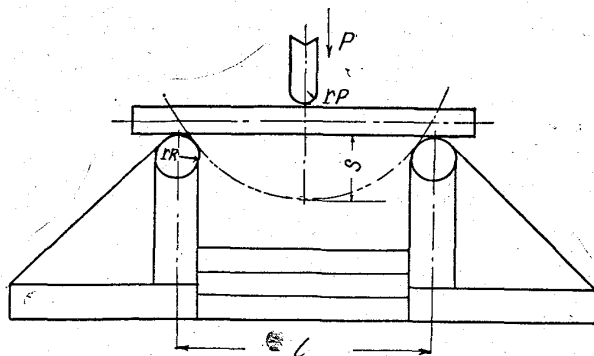


Fig. 1. Press bending machine.

Table 2. Bending condition.

Distance between rolls : $l$ (mm)	Radius of punch : $r_P$ (mm)	Radius of roll : $r_R$ (mm)	Stroke : $S$ (mm)
100	10, 15	15	25, 40, 55

Table 3. Chemical composition of test specimen (%).

Specimens	C	Si	Mn	P	S	Cu
A~E	0.11	0.33	0.41	0.012	0.019	0.09

Table 4. Mechanical properties of test specimens.

Specimens	Y. S. (kg/mm <sup>2</sup> )	T. S. (kg/mm <sup>2</sup> )	Elong. (%)	Hardness (Hv)	H (%)	Bending test ( $\alpha=180^\circ$ , R=2 t)
A	26.3	39.7	55	124	74.0	Good
B	31.4	44.8	41	153	63.2	//
C	37.2	48.6	36	170	59.8	//
D	39.2	50.2	31	176	42.4	//
E	45.1	52.3	25	184	21.3	//

Table 5. Relation between maximum load and stroke.

S	R		L	
	P (kg)	S (mm)	P (kg)	S (mm)
A	1450	10	1450	15
B	1900	12	1900	14
C	2050	9	2050	12
D	2150	8	2150	9
E	2220	7	2200	7

R: Radius of punch. L: Load-strokes.  
S: Specimens.

#### 4. 試験結果と考察

##### 4.1 加工荷重とストロークの関係

5種の供試管について加工荷重とストロークの関係を、試験機にダイヤルゲージを取付けて求め、最大加工荷重に対するストロークの関係を Table 5 に示した。

原管加工度が大きくなると、加工荷重は増大する。ポンチ形状による差異は、ポンチ半径  $r_p$  が小さいほうが、最大加工荷重に早く達する。

##### 4.2 外観状況と内面状況

各種条件で扁平曲げ加工した管の外観状況はいずれも良好であり、割れの発生は認められなかった。外観状況の一例として、ポンチ半径=10mm で C 材を曲げ加工した場合を Photo. 1 に示した。S=50mm の場合は扁平曲管部の内側にかなり鋭いへこみが観察されるが、割れ発生には至っていない。いずれの条件とも C 材の扁平曲管部と大差ない外観状況を呈している。また曲管部を縦方向に切断して、内面状況を観察したが、肉眼で観察される割れは認められない。

##### 4.3 加工時の変形状態

###### 4.3.1 外表面の伸び

曲げ加工した管の中央部についてあらかじめ打刺した伸び測定用標点を長手方向と円周方向の外表面伸び<sup>2)</sup>について測定した。一例として供試材 C の測定結果を Fig. 2 に示した。外表面の変形状態より、円周方向の伸び

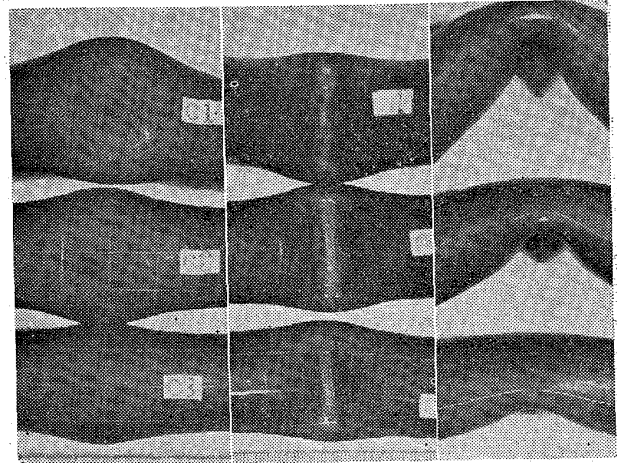


Photo. 1. Appearance (Specimen C)

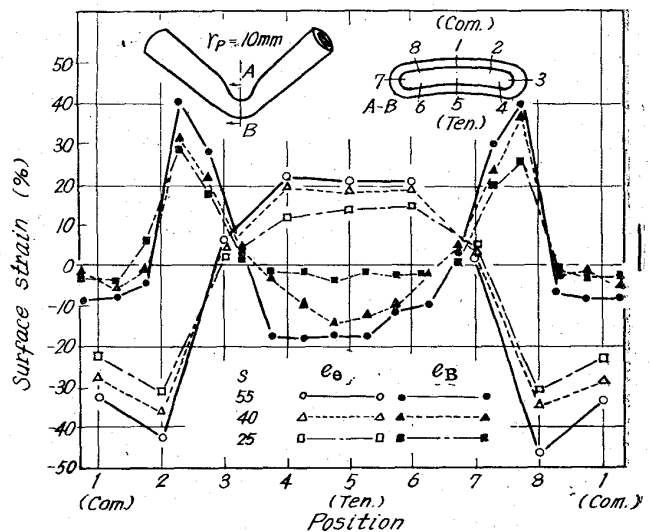


Fig. 2. Distribution of surface strain in A-B section of bent tubes.

( $e_B$ )は、中立軸付近で局部的に延伸され、管の外側で圧縮され、また長手方向の伸び( $e_\theta$ )は管の外側で伸ばされ内側で圧縮されることが解る。中立軸附近の  $e_B$  は S=25mm を除いて単軸引張の一般伸びを超えて局部伸びが始まっており、安全な扁平曲げ加工限度を超えていることが解る。いずれの条件とも C 材の変形状態とほとんど差異はなく、加工限度をこえているものは S=55mm の B~E 材, S=40mm の D~E 材である。

###### 4.3.2 外形の変化

曲げ加工した管の中央部について、長径および短径凸部(Dr<sub>1</sub>)と短径凹部(Dr<sub>2</sub>)をそれぞれ測定した。その結果を Fig. 3 に示した。

曲げ形状のいかんによらず、原管加工度が大きくなるにつれて、曲げ加工後の外形変化率は若干減少してくるのは原管の加工硬化度の影響をうけたものと考えられる。また原管の割れ発生までの扁平高さ<sup>1)</sup>と短径凸部(Dr<sub>1</sub>)を比較して加工限を定めると、S=55mm の B~E 材, S=40mm の D~E 材, および S=25mm の E 材が加工限度を超えている。さらに短径凹部(Dr<sub>2</sub>)と比較すると S=40mm の A 材, および S=25mm の A, B 材を除いて加工限を超えている。

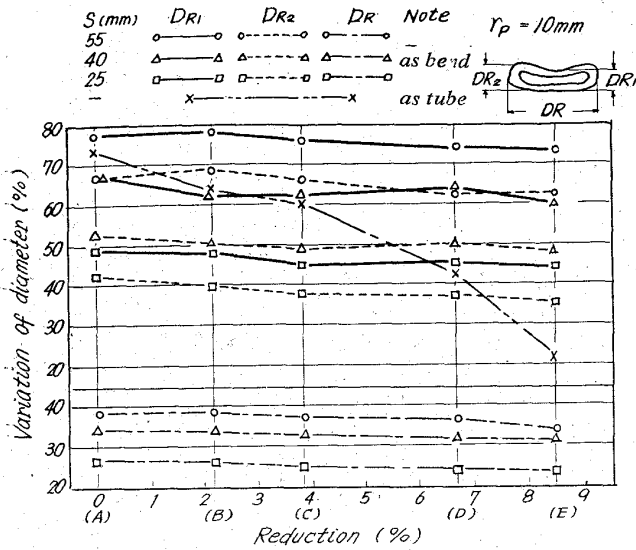


Fig. 3. Relation between variation of diameter and reduction of test specimens.

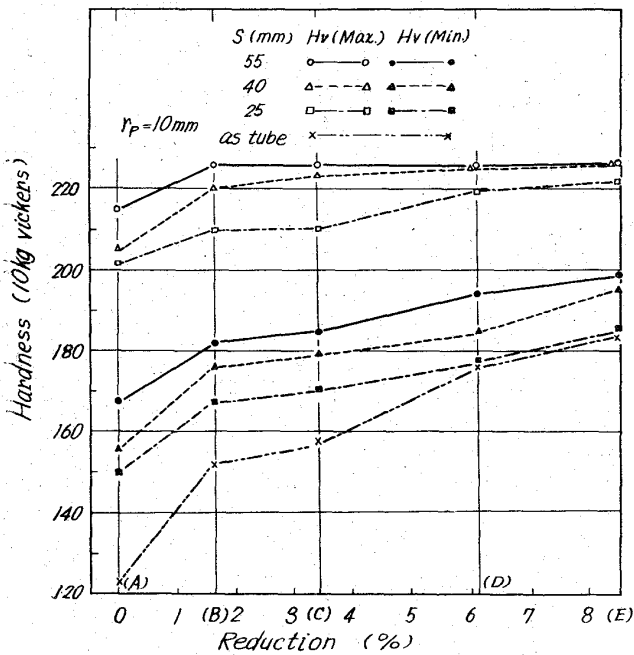


Fig. 4. Relation between hardness and reduction of test specimens.

4.4 変形による加工硬化

曲げ加工した管の中央断面について硬さ<sup>3)</sup>を測定した。変形の大きい中立軸附近の硬さが最も高い。また各種曲げ加工条件と最大および最小硬さの関係を Fig. 4 に示した。S=50mm では原管加工度 2.2% で硬さは最大となる。ストロークによる最高硬さの差異は S=40mm と 50mm ではほとんどない。またポンチ形状による硬さの差異もほとんどない。

4.5 顕微鏡組織

曲げ加工した管の中央部の顕微鏡組織を観察した。その結果は S=25mm を除いたいずれの加工条件とも中立軸附近の管内面に微細な割れが観察された。また加工度 8.5% の F 材では管の内側内面にも鋭い亀裂が観察

された。

5. 結 言

加工時の変形状態より押曲げ深さ(ストローク)40mm を超えると、曲管の中立軸附近は加工限界に近いと考えられ、とくに原管加工度が 3.5% 以上になれば加工限界を超えて局部伸びが生じた。その時管内面にはすでに微細な欠陥が生じており、強度上問題となるであろう。今回の試験では変形状態と内面欠陥の関係を把握することができなかつたが、扁平曲げ加工の材料の選定に当つては原管の加工硬化度を考慮に入れて、原管加工度 2~3% が適当だと考える。

文 献

- 1) 高瀬: 鋼管抜報
- 2) 長谷川編: ステンレス鋼便覧 益田(監修): 薄板の曲げ加工, 誠文堂新光社, 橋本: プレス曲げ加工, 日刊工業
- 3) Dr. Ing. Wolf Dietrich FRANZ: Das Kalt-Biegen von Rohren, Springer-Verlag
- 4) 岡本: 住友金属, 9, No. 1

(146) 軸受鋼管の球状化焼鈍

八幡製鉄, 光製鉄所

小平 博・岡本 一生

工博 中村 貞男・○仕幸 三郎

The Spheroidizing of Bearing Steel Tubes.

Hiroshi KOHIRA, Kazuo OKAMOTO,

Dr. Sadao NAKAMURA and Saburo SHIKO.

1. 結 言

軸受鋼第2種の球状化焼鈍組織は球状炭化物が均一微細に分布することが望まれ、従来から焼鈍組織の調整について焼鈍法が検討されて、時間短縮も兼ねて恒温変態を利用した焼鈍法が提唱されるに至っている。それら球状化焼鈍法および焼鈍前処理の焼鈍組織におよぼす影響について、熱間押し鋼管による調査を行なつた。

2. 球状化焼鈍組織の調整

2.1 球状化焼鈍法の検討

軸受鋼について Connert の提唱した恒温変態による球状化焼鈍曲線<sup>1)</sup>の一例を Fig. 1 に示すが、この焼鈍法を鋼管の場合について検討した。Photo. 1 には、連続铸造ピレットから押し出された鋼管を Fig. 1 にしたがって焼鈍した場合の各段階の組織の変化を示した。熱間押し後の微細なパーライト組織をオーステナイト化温度に加熱後急冷し変態を終了させることにより焼準の効果を与え、以後の焼鈍が均一に行なわれるようにされる。この場合オーステナイト化温度は 830°C と低めにとられるので部分的に球状化組織がみられる。これを焼鈍温度 780°C に 2 hr 程度加熱保持されると組織はすでに球状化している。この温度で 2 hr の以上の保持は 10 hr 程度になつてもほとんど組織に影響を与えない。次に恒温変態温度に保定して変態を終了させるが、この温度を 720°C から 740°C に変えても従来いわれているよ