

Table 3. Comparison of X-ray diffraction intensity of A parts in Fig. 1.

Specimen	Dia. of specimen (mm)		
	3.9	2.8	2.0
0.8% C steel, patented	2	4	8
0.6% C steel, patented	2	3	7
0.4% C steel, patented	2	3	5
0.8% C steel, as rolled	2	2	4
0.6% C steel, as rolled	1	2	5
0.4% C steel, as rolled	2	2	4

起こるのに対し、熱延のままのものでは転位の集積の起こる近傍のみが強い回転を受け、全体としてはパテント処理材に比べ弱い集合組織が得られることが一因として考えられる。

4. 結 言

フェライト、セメンタイトとも結晶粒（またはラメラの間隔）が小さいほど加工性が良いと考えられる。また遊離のフェライトは強加工されると熱延のままのものとパテント処理材とで異なつた構造を示し、これがフェライトの靱性に関係があると思われる。

文 献

- 1) 岡本, 江口, 富永: 鉄と鋼, 50 (1964), 10, p. 2034.
- 2) 成田, 高橋, 鈴木: 神戸製鋼研究報告, 神 1422 号.
- 3) John R. Low: Progress in Materials Science, 12 (1963), p. 1.
- 4) A. S. KEB: Acta Met., 11 (1963), 9, p. 1101.
- 5) L. S. DARKEN, R. M. FISHER: Decomposition of Austenite, (1962), p. 249, [Interscience Publish.].

(144) 低炭素 Cr-Mo 小径厚肉鋼管の機械的性質について

住友金属工業, 東京支社 落 合 治
 " 製鋼所 浜 田 耕一郎
 ○島 田 捷彦

On the Mechanical Properties of Thick Wall, Small Low Carbon Chromium Molybdenum Steel Pipe.

Osamu OCHIAI, Kōichiro HAMADA and Katsuhiko SHIMADA.

1. 結 言

近年配管用鋼管とくに高温用の合金鋼鋼管では、径が比較的小さいにもかかわらずその使用条件の苛酷化に應ずるべく肉厚を増大せしめる傾向があり、径が 200mm 前後以下で肉厚と径の比が 0.2 以上という小径厚肉鋼管の需要が比較的多い。

さて従来これら小径厚肉鋼管の機械的性質に関する報告は少なく、なかんずく扁平試験は JIS の規定をそのまま適用すると疵が発生しやすい。すなわち薄肉鋼管の扁平試験では疵が発生する場合の疵の位置は荷重に直交

Table 1. Chemical composition of specimens.

Ch. No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo
1	0.06	0.42	0.44	0.011	0.012	0.14	2.17	0.98
2	0.06	0.41	0.46	0.013	0.009	0.14	2.14	0.98

する位置の管の外表面であるのに対して、上記のごとき厚肉鋼管の扁平試験では荷重方向の管の内面に極めて大きな変形が現われここに疵が発生しやすくなる。

本報では低炭素 Cr-Mo 鋼の小径厚肉鋼管の機械的性質すなわち引張り試験および扁平試験の成績におよぼす諸因子の影響を明らかにするとともに扁平試験よりも簡単な操作でしかも同等の検出能力を有すると考えられる曲げ試験をも行ない扁平試験との関連性を試験した。

2. 試 験 結 果

2.1 熱処理と非金属介在物が管の機械的性質におよぼす影響

塩基性電気炉で溶解した Table 1 に示す通りの低炭素 Cr-Mo 鋼 (JIS, STPA 24) を 1.6~2.1 t の鋼塊に鑄込み、これに第 2 表に示すごとく鍛造比 5.0~5.3 の鍛造を与えたのち軸心部をくり抜いて合計 6 本の小径厚肉鋼管を製造した。熱処理後これらの顕微鏡組織を観察した結果はそれぞれ、わずかのフェライトを含むベイナイト組織および全部がベイナイト組織であつた。またこれらの鋼管の内径近傍から切出した試験片について非金

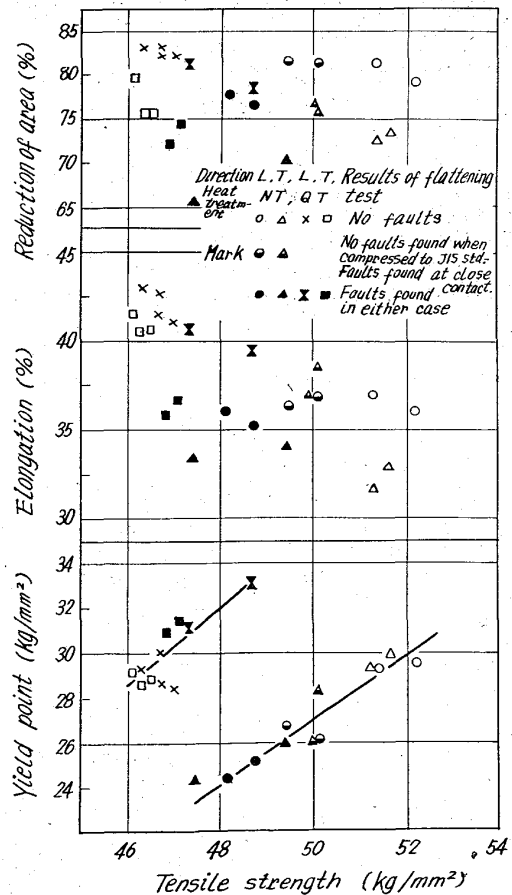


Fig. 1. The results of tensile and flattening test.

Table 2. Manufacturing condition and non-metallic inclusion of specimens.

Test No.	Ch. No.	Forging Ratio	Dimensions of pipes			Heat treatment*	Non-metallic inclusions	
			A. Outside dia. (mm)	B. Thickness of walls (mm)	A/B		Point counting method (30/×400)	Large inclusions over 80 μ (Number)
1	1	5.0	165.2	38.0	0.230	NT	0.09	2
2						QT	0.07	1
3						NT	0.09	2
4	2	5.3	139.3	33.3	0.236	QT	0.08	3
5						NT	0.09	7
6						QT	0.08	6

* NT: Normalizing-Tempering. 930°C→air cool 730°C→air cool.
 QT: Quenching-Tempering. 920°C→oil cool 730°C→air cool.

属介在物を観察した結果は同じく Table 2 に示す通り点算法で 0.07~0.09 の範囲であり、軸方向に並んだやや大型の非金属介在物はいずれも SiO₂ 系 Al₂O₃ 系または両者の複合したものである。

さてこれらの管の内径近傍から管の軸方向および軸に直角な方向の引張り試験をおのおの 4 本ずつ切出して引張り試験を行なった。またおのおの 2 ケずつの扁平試験片を切出し JIS に規定された高さおよび密着まで押し、疵の発生の有無を試験した。疵の検出は通常肉眼観察とさらに観察の精度を上げるためにダイチェックによっても行なった。

この結果は Fig. 1 に示す通りである。すなわちまず引張り試験の値はいずれも JIS 規格を十分に満足する値を有しているが、これに対する熱処理の影響について見ると焼入—焼戻を行なったものは焼準—焼戻を行なったものよりも降伏比が約 10% 高い。抗張力と伸びおよび絞りとの関連は両者の間にほとんど差がない。またいずれの場合にも管の軸に直角な方向の値は軸方向の値に較べて伸びおよび絞りがほぼ数%低い抗張力および降伏点は変わらず比較的均一な値を有している。

一方扁平試験においては一部荷重方向の内面に疵の発生するものがあり、これに対しては熱処理の影響はとくになく、むしろ Table 3 に示すように管の軸方向、いかえれば扁平試験の負荷時の伸びと直角の方向に長く並んだ比較的大型の非金属介在物の含有量の多いもの

ずれも疵が発生している。これは扁平試験において現われた疵の起点にはいずれも非金属介在物が存在することによつても明らかのように、扁平試験に対しては試験片の伸びと直角な方向に存在する大型の介在物が疵の発生に著しい影響をおよぼすことがわかった。

2.2 鍛造比が管の機械的性質におよぼす影響

上述の実験において小径厚肉鋼管の試験で極めて厳しい条件で行なわれる扁平試験に対しては軸方向に伸びた非金属介在物が少ないことが望ましいことがわかった。そこで軸方向の鍛造比を減少せしめることが有利であることが予測されるが、この場合引張り試験に対してはどこまで鍛造比を減少せしめ得るかを明らかにするために鍛造比が管の機械的性質におよぼす影響について実験を行なった。

すなわち塩基性電気炉で溶解した Table 4 に示す通りの低炭素 Cr-Mo 鋼 (JIS, STPA 23) を 1.6 t 鋼塊に鑄込み、これを Table 5 に示すごとく鍛造比 2~6 の鍛造を与えたのち軸心部をくり抜いて合計 5 本の小径厚肉鋼管を製造した。鋼管の内径近傍から試料を切出し非金属介在物を観察した。結果は Table 5 に示す通り鍛造比の減少とともに管の軸方向に並んだ比較的大型の非金属介在物は減少している。

さてこれらの管の内径近傍から管の軸方向および軸に直角な方向の引張り試験片をおのおの 2 本ずつ切出して引張り試験を行なった。またおのおの 1 ケずつの扁平試験片を切出し JIS に規定された高さおよび密着まで押し、疵の発生の有無を試験した。

この結果は Fig. 2 に示す通りである。すなわち引張り試験の値は管の軸方向では鍛造比の増加とともにわずかに向上する傾向を示すが、管の軸に直角な方向では逆に鍛造比の増加とともに絞りが減少する傾向を示す。しかしながらこれらの値はいずれも JIS 規格を十分に満足する成績である。つぎに扁平試験においてはいずれも疵は発生しなかつた。すなわちこの種の小径厚肉鋼管は鍛造比を 2 程度まで下げて製造した場合いずれも引張り

Table 3. Results of flattening tests.

Test No.	Compression is made till the distance between walls reaches JIS std.		When compressed till walls contact	
	Hight (mm)*	Faults	Hight (mm)	Faults
1	132	None	76	** Very fine
2	132	None	76	None
3	113	None	66	None
4	113	None	66	None
5	113	Visible	66	Visible
6	113	Visible	66	Visible

* Hight $H = (1+e)t / (e+t/D)$.

t : Wall Thickness of pipe (mm).

D : Outside dia. (mm). e : 0.08.

** The faults found by dye-check test.

Table 4. Chemical composition of specimens.

Ch. No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo
3	0.10	0.76	0.37	0.009	0.013	0.12	0.11	0.51

Table 5. Manufacturing condition and non-metallic inclusion of specimens.

Test No.	Ch. No.	Forging Ratio	Dimensions of pipes			Heat treatment	Non-metallic inclusions	
			A. Outside dia. (mm)	B. Thickness of walls (mm)	A/B		Point counting method (30/×400)	Large inclusions over 80 μ (Number)
7		2	250	138	0.224		0.06	0
8		3	200	108	0.230	*	0.07	0
9	3	4	170	78	0.229		0.07	0
10		5	150	69	0.230		0.08	1
11		6	135	62	0.230		0.08	1

* Normalizing-Tempering 930°C→air cool, 730°C→air cool.

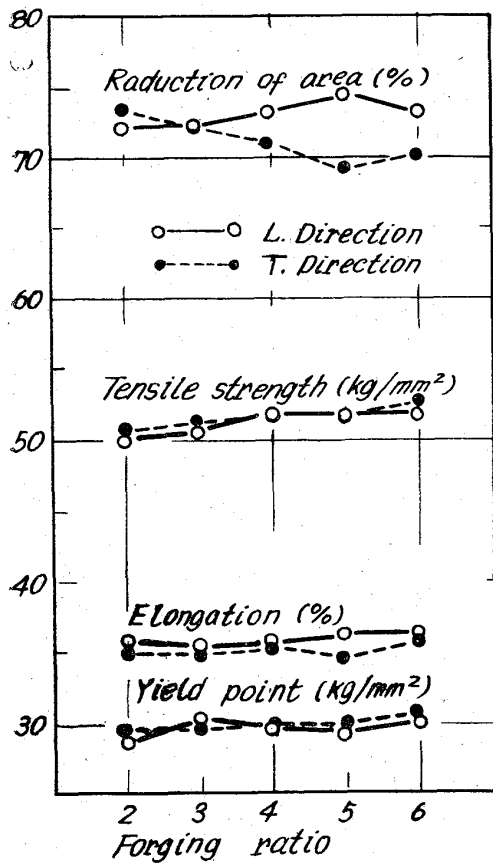


Fig. 2. The effect of forging ratio on tensile test.

試験は充分な値を有し、もちろん扁平試験においても何ら問題のないことがわかった。

2.3 扁平試験と曲げ試験との関係

厚肉鋼管においては扁平試験片よりも曲げ試験片の方が製作が容易であり、試験片の大きさも小さくて済む。したがって製造法の改善の研究にさいしても扁平試験の代替として曲げ試験を行なう方が都合がよい。そこで両者の関連を比較し、曲げ試験をもつて扁平試験の代替とし得るか否かを明らかにしようとした。

すなわち前述の熱処理と非金属介在物の含有量が管の機械的性質におよぼす影響についての試験で採取した扁平試験片の近傍の管の内面付近から管の軸に直角方向の曲げ試験片をおのおの2本切り出した。

さてこれとは別に扁平試験と曲げ試験とを予備的に

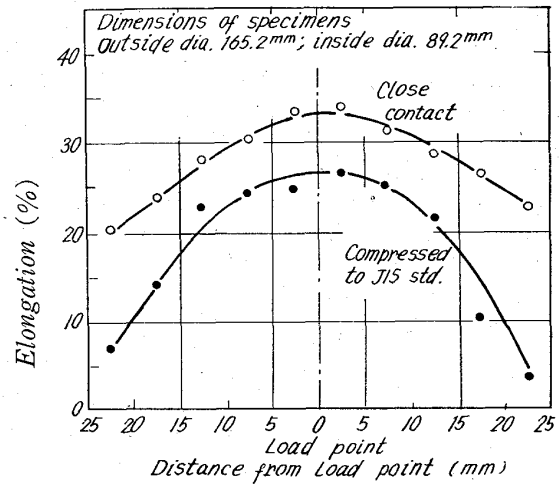


Fig. 3. The relation between elongation and flattening height in flattening test.

ない。両者の最大変形量を測定した。この結果扁平試験においては Fig. 3 に示すごとく荷重方向の内面に最大の変形が現われその値は JIS 規定の高さまで押した時にはほぼ 27%、密着まで押した時はほぼ 33% である。

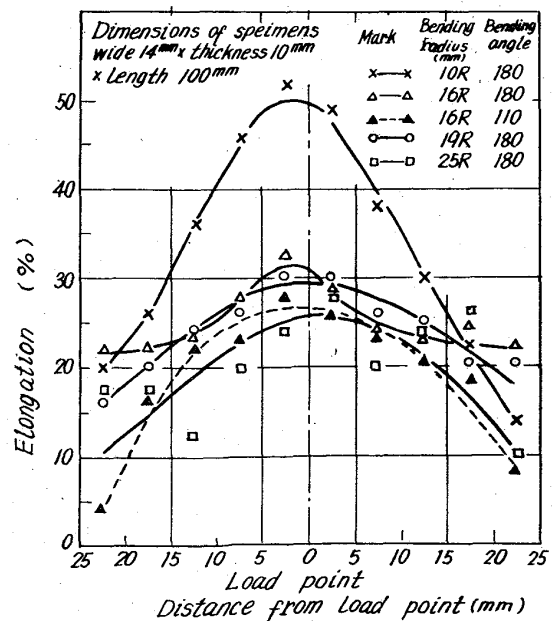


Fig. 4. The relation between elongation and bending radius in bending test.

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機会が多い。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 ϕ \times 2.8 t	650°C \times 10min. A.C.
B	2.2	27.4 ϕ \times 2.8 t	
C	3.9	26.9 ϕ \times 2.8 t	
D	6.7	25.9 ϕ \times 2.9 t	
E	8.5	25.4 ϕ \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¹⁾を打刻した。

2.2 曲げ加工方法

供試管を 2 点のロール²⁾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。

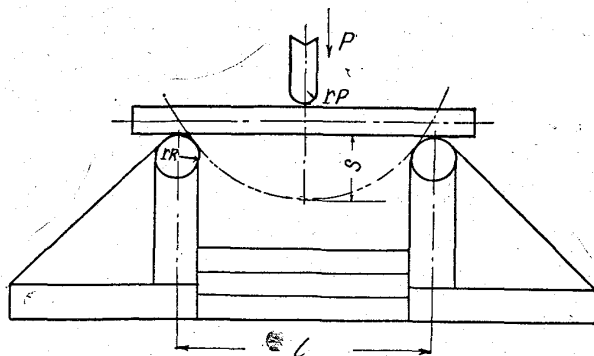


Fig. 1. Press bending machine.

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