

Fig. 3. Results of Charpy V notch tests on embrittled specimens G, K, L, N and unembrittled specimen H, J, M, O.

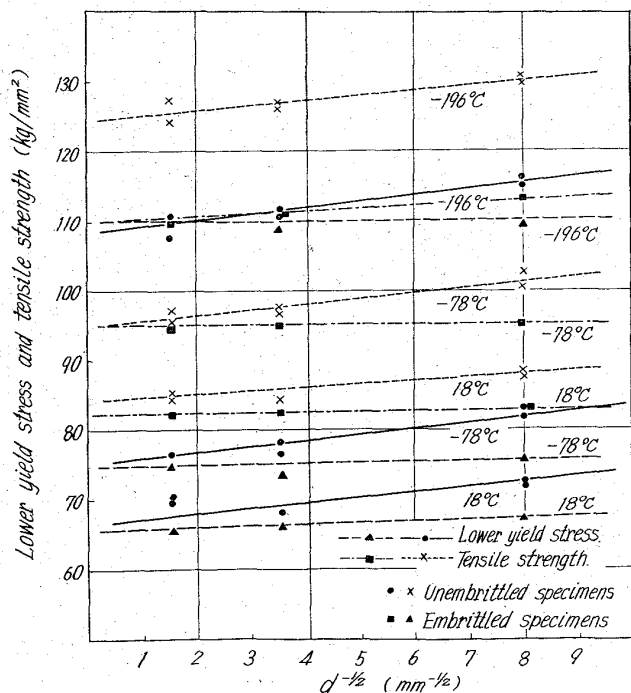
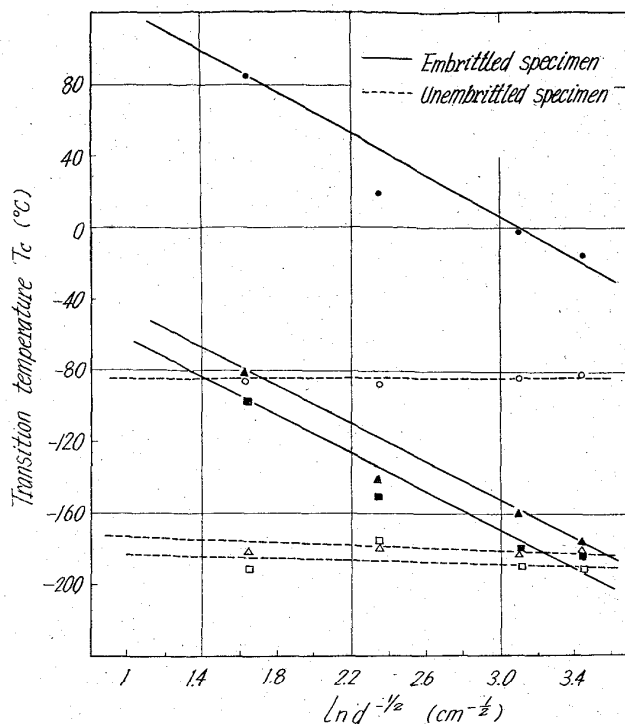


Fig. 4. Relation between lower yield stress, tensile strength and grain diameter in static tension.

実験から求めた遷移温度の結晶粒度依存性を示した。引張試験では延性が完全延性破壊のときの80%に低下する温度を、シャルピー試験では平均のエネルギーに低下する温度を遷移温度とした。いずれの場合も(2)式を満足するが、とくに靱性試料は結晶粒度依存性が小さく、正常のソルバイト鋼の特長を示しているものと思われる。

#### 4. 結 言

Ni-Cr 鋼の結晶粒度のみが異なる焼戻靱性試料、脆化



● and ○ : Charpy, ▲ and △ : impacted at 5 m/sec, ■ and □ : Static test.

Fig. 5. The influence of grain size on the transition temperature.

試料を用いて、耐衝撃性質を調べて大要次の結果を得た。

(1) 結晶粒度は焼戻し脆性に敏感であり、脆性試料は靱性試料に較らべて脆性破壊強度が低い。

(2) 降伏強度および引張強さの結晶粒度依存性は結晶粒の平均直径の平方根の逆数に比例して変化するが、脆性試料の依存性は著しく低く、とくに破壊強さは結晶粒度にほとんど依存しない。

(3) この実験のすべての試験方法によつて求めた靱脆破壊遷移温度は結晶粒平均直径の平方根の対数に比例するが、靱性試料の粒度依存性は著しく小である。

#### 文 献

- 1) 作井, 中村, 大森: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 544.
- 2) N. J. PETCH: Phil. Mag., 1 (1956), p. 866.  
J. HESLOP & N. J. PETCH: Phil. Mag., 3 (1958), p. 1128.

### (143) 高炭素鋼線材の冷間伸線性加工組織について

神戸製鋼所, 中央研究所

平野 坦・○高橋 栄治・山崎 龍雄

Study on the Structure of Cold-drawn High Carbon Steel.

Hiroshi HIRANO, Eiji TAKAHASHI and Tatsuo YAMAZAKI.

#### 1. 緒 言

高炭素鋼線の伸線作業は、現在パテンティングおよび

Table 1. Chemical composition of steels (in wt.%).

Steel	C	Si	Mn	P	S
0.4% C steel	0.40	0.28	0.51	0.016	0.03
0.6% C steel	0.62	0.22	0.45	0.013	0.02
0.8% C steel	0.82	0.23	0.46	0.014	0.02

熱延のままの線について行なわれている。周知のごとく、パテンティング処理材は熱延のままの線材に比べて伸線加工性が優れている。しかしながら炭化物の分布状態と伸線加工性については議論されているが、それと共存するフェライト相についてはまだほとんど研究されておらず、高炭素鋼線の伸線加工性と組織との関係が十分に把握されているとはいえない。

したがって上記の処理材を伸線し、おのおのの試料について電子顕微鏡による組織の直接観察およびX線による集合組織などを調べ、その相異を明らかにした。機械的性質の測定、光学顕微鏡観察も同時に行なつた。

2. 実験方法

Table 1. の化学成分の直径 5.5mm の鋼線を、1部は熱延のまま、1部はパテンティング処理(0.4% 炭素鋼: 940°C × 1min → 空冷, 0.6%, 0.8% 炭素鋼: 930°C × 3min → 555°C × 1min → 空冷) を施して使用した。

これらの線を酸洗し、燐酸塩被膜をつけた後、単頭伸線機(伸線速度 49.7m/min)により各回の減面率約 20% で直径 5.5mm から直径 2.0mm まで10回にわたり伸線した。各伸線の段階で試料を採取し、引張試験および光学顕微鏡観察を行なつた。直径 5.5mm の原線および直径 3.9, 2.8, 2.0mm に伸線された線については電子顕微鏡による薄膜の直接観察および集合組織を調べた。

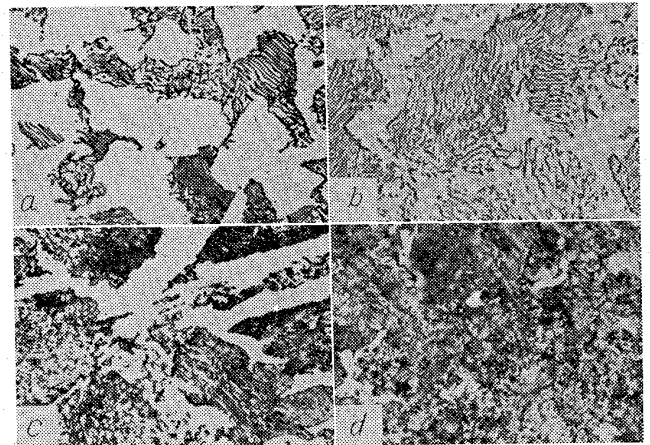
電子顕微鏡観察用薄膜試料は機械的方法により厚さ 0.1mm の板を作り、その後改良型有孔隔壁法<sup>2)</sup>により電解を行なつたものである。X線による集合組織測定用試料は上記の試料から厚さ 0.1mm の板を作り、これ

らをセロハンテープ上に並べて貼り付けて直径 35mm 厚さ 0.1mm の円板にしたものである。

3. 実験結果

前述の実験条件で伸線した結果、0.8% 炭素鋼線で熱延のままのものは直径 3.15mm のダイスで伸線したさいに断線が起こり、これ以後伸線できなかつた。その他の5種類は目標の直径 2.00mm まで伸線することができた。伸線各段階における試料の抗張力および絞りを Table 2 に示す。

3鋼種ともパテンティング処理材が熱延のままのものに比べ高い抗張力を示し、絞りについては各鋼種とも熱延のままのものはパテンティング処理材に比べ低い値を示す。しかも総減面率が高くなるにしたがつて絞りの減少が見られる。これに対してパテンティング処理材はこの実験の範囲内ではほとんど絞りの減少が見られない。この点は、従来からいわれているように、パテンティング処理材が熱延のままのものに比べ伸線加工性が良いとい



×1500 (1/2)  
a: 0.4% C steel, as rolled, b: 0.6% C steel, as rolled  
c: 0.4% C steel, patented, d: 0.6% C steel, patented  
Photo. 1. Microstructures of 5.5mmφ specimens.

Table 2. Mechanical properties of cold-drawn specimens.

Specimen	D	5.50	4.90	4.40	3.95	3.52	3.15	2.80	2.50	2.23	2.00
0.4% C steel patented	T.S.	67.1	88.4	94.7	99.9	105.3	108.4	113.0	117.0	122.2	128.8
	R.	58.1	50.7	49.6	50.2	50.3	49.2	49.3	46.1	45.6	50.5
0.6% C steel patented	T.S.	95.6	117.5	123.2	128.2	135.3	141.1	148.4	153.6	163.2	171.6
	R.	49.2	49.2	47.8	55.1	53.9	54.1	56.3	52.3	53.1	49.3
0.8% C steel patented	T.S.	127.0	141.2	149.8	155.9	167.7	171.1	181.8	191.8	201.1	218.6
	R.	38.6	41.0	44.7	47.0	49.8	48.7	49.0	49.9	49.5	45.8
0.4% C steel as rolled	T.S.	62.7	77.7	83.1	91.1	97.9	100.3	105.7	115.1	116.4	123.8
	R.	57.2	44.2	37.8	34.5	34.5	33.5	28.1	28.1	25.1	24.5
0.6% C steel as rolled	T.S.	71.9	95.9	104.9	111.0	116.1	120.7	128.0	133.3	138.4	144.6
	R.	40.9	31.5	18.7	29.7	16.7	14.3	17.4	16.9	8.6	17.4
0.8% C steel as rolled	T.S.	94.4	124.6	132.7	139.9	146.4					
	R.	19.9	14.8	10.0	12.1	13.3					

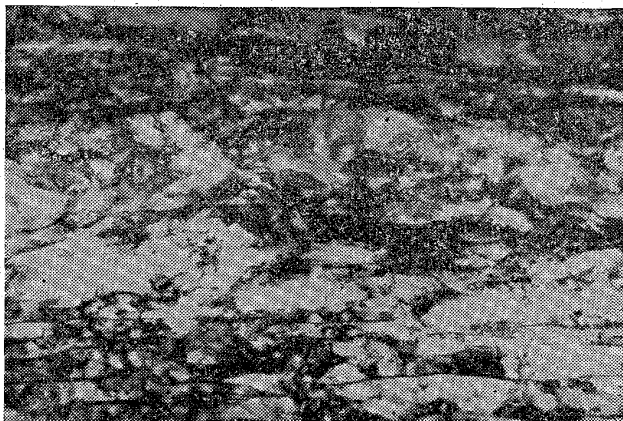
D: Dia. of specimen (mm). T.S.: Tensile strength (kg/mm<sup>2</sup>). R: Reduction of area (%).

う事実と一致している。また Photo. 1 に見られるようにパテンティング処理材は熱延のままのものに比べ、パーライト中のセメンタイトおよびフェライトとも細く、しかも遊離のフェライトも小さい組織を示している。

金属材料が靱性破断するさいは破断するための核は結晶粒界または結晶粒内の迂り面上に発生し、これは転位の集積により生ずると考えられている<sup>3)</sup>。結晶粒が小さく、析出物、固溶原子が多いと、転位の移動を阻止する場所が多くなるので、転位は分散され、加工度が同じであればおのおの集積位置における転位の集積度は低くなる。したがって結晶粒度が小さく、固溶原子が多いほど加工性は良いと考えられる。炭素鋼が冷間加工を受けると、フェライトはいうまでもなく、セメンタイト中にも転位などの格子欠陥を生ずるので<sup>4)5)</sup>、結晶粒度の点から考えると、パテンティング処理材のほうが熱延のままのものに比べ伸線加工性が良いと考えられる。

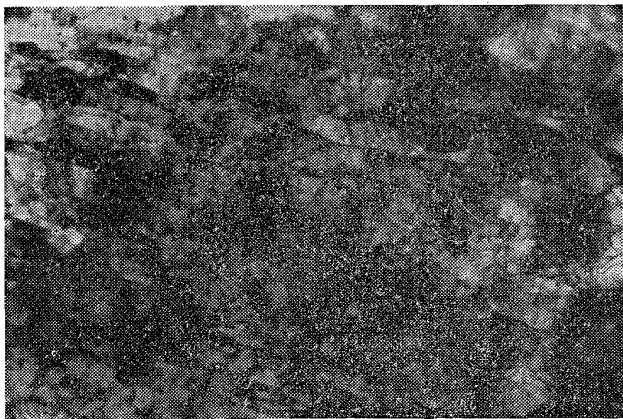
つぎに電子顕微鏡で薄膜を直接観察した結果の例を Photo. 2, 3 に示す。

伸線前の線(直径 5.5mm)では、いずれの試料にも転位はわずかしか存在しないけれども、加工量が増すにしたがって転位密度は増大し、直径 3.9mm(減面率 48.5



×20000 (1/2)

Photo. 2. The electronmicroscopic structure of patented 0.4% carbon steels after 87% cold-drawing.



×20000 (1/2)

Photo. 3. The electronmicroscopic structure of hot-rolled 0.4% carbon steels after 74% cold-drawing.

%) のものでは遊離のフェライト中にセル構造が見られる。しかしながら直径 2.8mm(減面率 74%), 2.0mm(減面率 87%) のものでは、Photo. 2, 3 に示したごとく、熱延のままのものとはパテンティング処理材との間に相異がある。すなわちパテンティング処理材では各鋼種ともなおセル構造を示しているのに対し、熱延のままのものでは各鋼種ともポリゴン化が起り始め、サブグレインが現われ始めるような組織を示す。しかし Table 2 によれば軟化現象は起こっていない。Photo. 1 において 0.6% 炭素鋼の熱延のままのものとは 0.4% 炭素鋼のパテンティング処理材とを比べると、遊離のフェライトの大きさはほぼ同じであるので、結晶粒度の差によりフェライト構造に差が生ずるとはいわれない。このような差異が現われる原因として考えられることは熱処理の違いによりフェライト中に固溶している炭素量に差が生じたことである。パテンティング処理材のほうが熱延のままのものより固溶炭素量が多いため、転位の運動はそれだけより妨げられ、転位の分布がより分散し、Photo. 2, 3 に示したような差が生じたのであろう。転位の集積度の高い熱延のままのほうが靱性破断を起こすための核発生率が高いと考えられるので、フェライト地はより脆化しやすいと思われる。

X線により各試料の(110)極点図を調べた。その代表例を Fig. 1 に示す。いずれの試料も同様な極点図を示しており、フェライトは伸線方向に<110>方向を向けている。Fig. 1 の A の部分の強さで実験結果を比較した。これを Table 3 に示す。同じ加工量で同じ炭素量のもの比べると、パテンティング処理材のほうが熱延のままのものより強い集合組織を示している。これは Photo. 2, 3 を考慮すると、パテンティング処理材では試料全体にわたり転位の移動集積による結晶の回転が

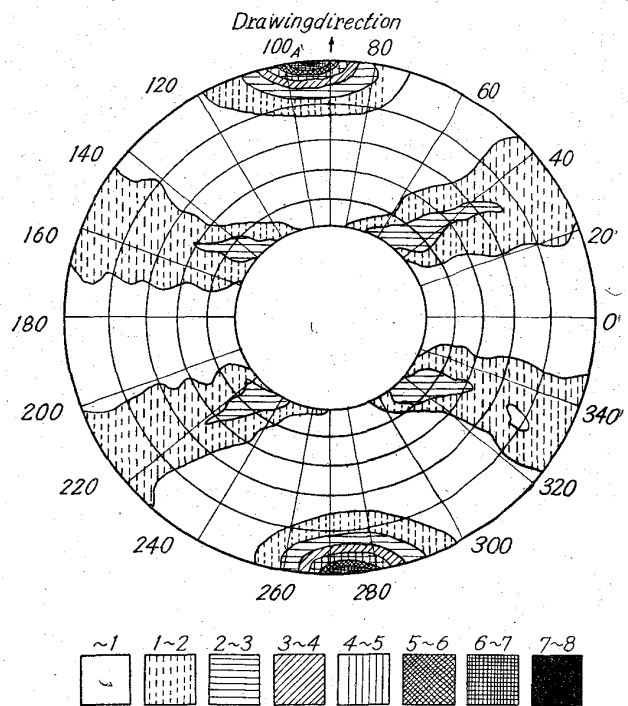


Fig. 1. (110) pole figure of patented 0.6% carbon steel after 87% cold drawing.

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

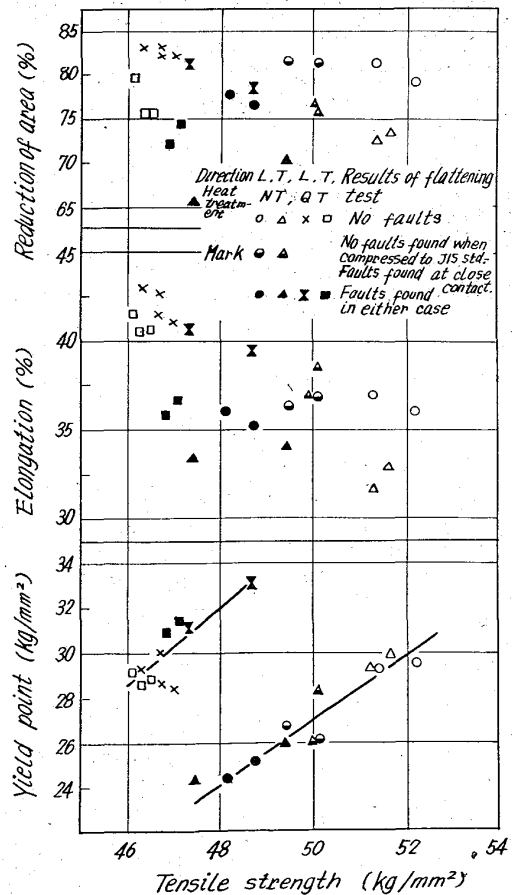


Fig. 1. The results of tensile and flattening test.