

Photo. 2. Cracks or voids of specimens H₁(non leaded), H₄(leaded) after twisted at 1150°C.

Pb% の順になつている。

また含鉛鋼は 1000°C 以上の試験では破断部以外に熱間割れが認められるが無鉛鋼にはこれは認められない。その一例を Photo. 1 に示す。

IV. 鉛の影響についての考察

昇温および高温試験共に含鉛によるトルクの低下がみられるがその程度は 250°C 前後および 400°C ~ 500°C の間が大きい。200 rpm の振り速度は普通の引張試験などに比してその変形速度は大きく従つて青熱脆性は昇温衝撃試験程ではないがかなり高温側にずれると考えられ 400°C ~ 500°C でのトルク値の差は青熱脆性の差によるものであろう。250°C 前後のトルク値の差は鉛の溶解現象も関連すると考えられる。高温振り試験は振り速度が更に早く 2880 rpm で含鉛によるトルクの減少に比し振り回数の低下は著しい。一般に鋼が熱間振り加工をうけると剪断応力以外に低温域では 2 次圧縮応力、高温域では 2 次引張応力をうける³⁾。Fig. 3 にオッシログラフによるトルク、2 次圧縮、引張応力の 1 例を示す。

鋼中の金属介在物としての鉛は剪断応力と 2 次引張応力の加わる高温域ではこれが起点となつて口をひらき剪断応力の高い表面にクラックが発生すると考えられる。Photo. 2 は H₁, H₄ の 1150°C での試験後の破断部、平行部縦断面のクラックの状況の 1 例で含鉛の H₄ は平行部表面より少し内部に入った所にもクラックが認められる。

高温域での 2 次引張応力のかかる時間が含鉛鋼は疵発生のため短かくまた引張応力値も低く振り回数の著しい低下と対応している。

剪断応力と 2 次圧縮応力の働く低温側では鉛粒はボイドとして口をひらかず従つて振り回数も無鉛鋼と大差はないのであろう。

文 献

- 1) 荒木, 小柳, 大橋: 鉄と鋼, 42 (1956) 3, p.356
- 2) H. K. IHRIG: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met & Pet. Eng., 167 (1946) p. 749~790

3) 両角: 鉄と鋼, 46 (1960) 3, p. 323~325

669.14-124.2-153-462
 620.172.251-620.178.152
 (121) 341-620.178.7-620.186-669.9

含鉛および無鉛低炭素鋼管の冷牽加工度と衝撃遷移温度について 63311

八幡鋼管研究部 1487~1489
 ○小柳 明
 金属材料技術研究所
 工博 荒木 透
 八幡鋼管研究部
 大島 弘

On the Cold-Draw Reduction and Impact Transition Temperature of Leaded and Non-Leaded Low Carbon Steel Tubes.

Akira KOYANAGI, Dr. Tōru ARAKI and Hiroshi ŌSHIMA.

I. 緒 言

著者の 1 人は先に Si-Mn 系 Al キルド鋼管の冷間加工が低温衝撃特性におよぼす影響について調査した際、ある冷間加工度 (20%前後) で破断遷移温度が最高または飽和値に達することを認めた。本報では S10C の冷牽鋼管について縦方向のみならず横方向でもこの現象が認められるかを確認し同時に含鉛の S10C F 冷牽鋼管についても比較実験を行ない原因の検討を行なつた。

II. 供試材および実験方法

Table 1 のごとき化学成分の φ130mm 管材よりマンネスマンプラグミル方式で外径 139.8mm 肉厚 10mm 長さ約 4m に定型仕上げした鋼管を 900°C で焼準し冷牽素管とした。これを中間焼鈍なしで Table 2 のごとき累積的に冷牽し各圧下率ごとに供試管約 400mm を採取した。

Table 2 の○印の圧下率の供試管ごとに縦方向より JIS 12 号試験片および 5×10×55mm の V ノツチシャルピー試験片を、横方向より 2.5×10×45mm の V ノツチ準シャルピー試験片を採取した。引張試験は常温で、衝撃試験は主に -80°C ~ +40°C の間の各温度で行なつた。引張衝撃試験は冷牽のまま、250°C 時効、650°C 焼鈍の各試料につき行なつた。なお硬度、マイクロ組織も併せて調査した。

III. 実験結果ならびに考察

(1) 引張試験および硬度測定結果

Fig. 1 に 10C, 10C F の圧下率と各熱処理における硬度、引張強さ、伸びとの関係を示す。引抜きのまま、250°C 時効での引張強さ、硬度の上昇は 10C F の方が少なく含鉛による加工硬化、歪時効の緩和が認められる。冷牽の際、ダイスやプラグとの摩擦による温度上昇がかなりあり冷牽のままでも結果として歪時効、局部的には応力時効が促進される。10C の 250°C 時効で硬度上昇が少ないのはこのためであらう。伸びも冷牽のままの状態では冷牽率 17% までは 10C F の方が大でそれ

Table 1. Chemical analysis of specimens.

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Pb	Sol Al	ΣN
10C	0.15	0.25	0.50	0.010	0.009	0.18	0.08	0.15	—	0.020	0.008
10CF	0.14	0.26	0.53	0.011	0.025	0.17	0.08	0.06	0.23	0.018	0.008

Table 2. Variance of outer diameter and thickness by cold drawing.

10C	Out dia mm	139.07→135.96→133.22→129.38→125.26→121.32→119.41→117.38→115.22→112.36→109.34										
	Thickness mm	9.72	9.71	9.58	9.32	9.02	8.91	8.59	8.34	8.04	7.91	7.65
	Reduction %	0	2.5	5.8	11.0	16.6	20.3	24.3	27.7	31.5	34.3	38.1
10CF	Out dia mm	139.68→135.59→133.06→129.02→125.04→121.26→119.44→117.32→115.21→112.36→109.32										
	Thickness mm	9.20	9.25	9.30	9.19	9.00	8.88	8.59	8.35	8.06	7.90	7.65
	Reduction %	0	2.6	4.1	8.3	13.0	16.9	20.7	24.2	28.0	31.2	35.2

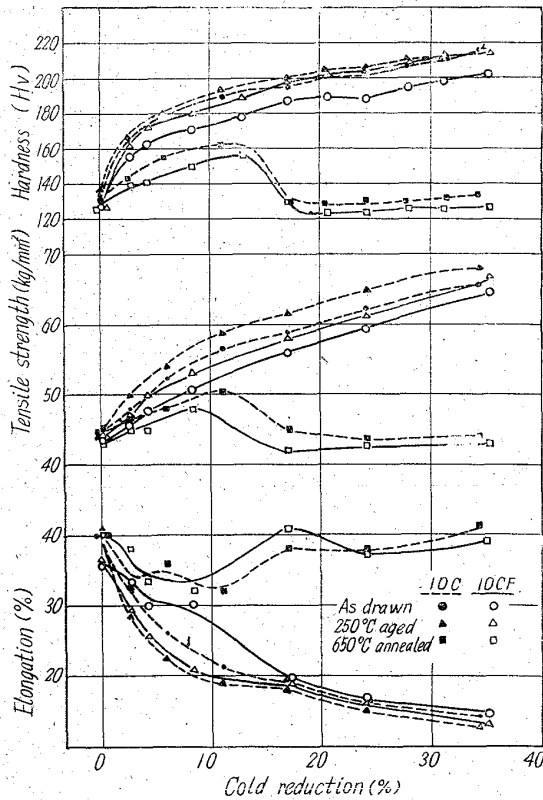


Fig. 1. Relation between hardness, tensile strength, elongation and cold reduction of mild steel tubes.

以上の加工度では大差が認められず 250°C 時効ではどの加工度でも大差がないのものと関連していると考えられる。しかし加工度0%をもとにした伸びの減少率で見れば明らかに 10CF の方が少ない。

650°C 焼鈍でも同様の傾向であるが加工度 20~35%では再結晶により硬度、引張特性は素管のそれに戻る。

2. 衝撃試験結果

Fig. 2 は 10C, 10CF の縦方向の -60°C ~ +100

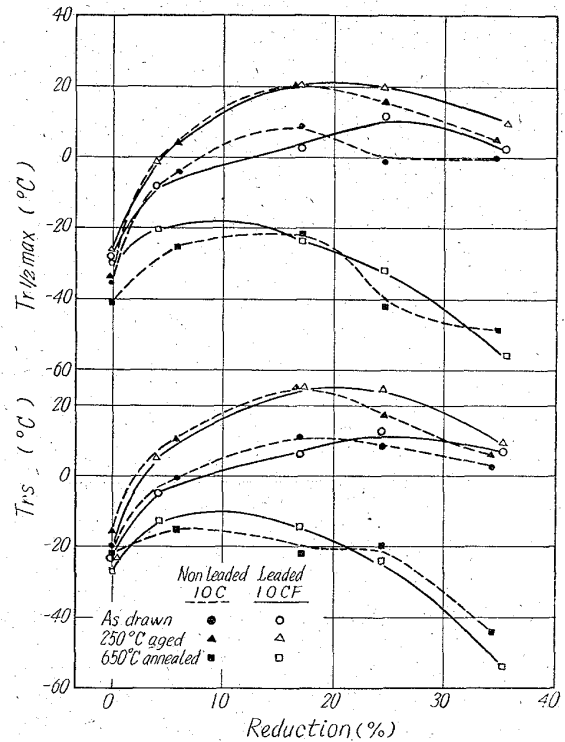


Fig. 2. Relation between transition temperature and cold reduction of mild steel tubes. (Longitudinal)

°Cでの 2mm Vノッチシャルピー試験結果より求めた 1/2 最高エネルギー遷移温度 $Tr_{1/2} \max$ および 50% 破面遷移温度 Trs と加工度との関係を示したもので冷率のままおよび 250°C 時効では加工度 20% 前後に遷移温度のピークが認められる。10CF は 10C に比し素管での $Tr_{1/2} \max$ が高いにもかかわらず冷率のまま、250°C 時効でのそれは ~20% 迄は 10C より低い。またピークは 10C よりも高加工度側に移るようである。これは含鉛による加工歪、歪時効の緩和によると考えられる。650°C 焼鈍では ~17% と ~35% で $Tr_{1/2} \max$ が

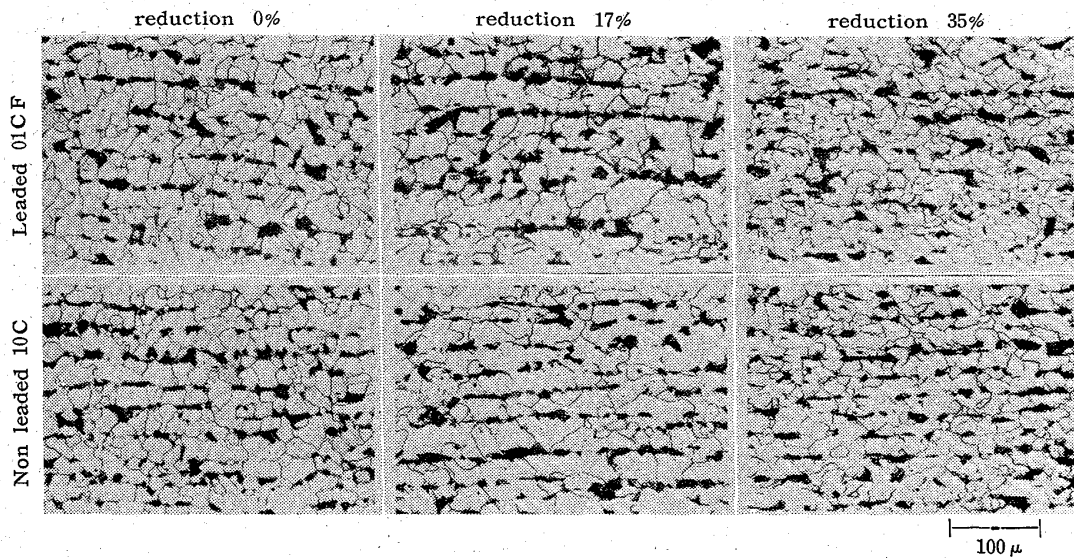


Photo. 1. Microstructure of cold drawn and annealed (650°C×1/2h) 10C, 10CF tubes.

10Cより低くまた Tr_s は ~20% 以上の加工度で低いのは含鉛による再結晶挙動と関連するようである。

Fig. 3に 10C, 10CFの横方向の -80°C ~ +60°Cでの 2mm V ノッチ衝撃試験結果より求めた $Tr_{1/2max}$, Tr_s と加工度との関係を示す。鉛以外に S%の多い 10CFは介在物の形状に起因する切欠き効果のため冷率のまま、250°C 時効共遷移温度はどの加工度でも明らかに高い。650°C 焼鈍では Tr_s はすべての加工度で $Tr_{1/2max}$ は ~25% を除き低くなっている。

Photo. 1は 10C, 10CF の冷率後 650°C 焼鈍のノッチ方向のマイクロ組織を示す。17%加工度で何れも粗粒化を生じ 35% 加工度では細粒の再結晶組織となるが10

CFでは素管のそれよりも細かく帯状組織も崩れて最低の遷移温度を示す。

また遷移温度のピークは粗粒化現象に関連すると考えられる。冷率のまま、250°C 時効でのある加工度で遷移温度が最高を示す原因については例えば TILLEY ら²⁾は加工硬化と加工による粒度変化のためとしている。すなわち加工硬化は遷移温度を上げるが加工により粒が細長くのび試験方向に対して細粒化の役目をして遷移温度を下げこれらの総合効果としてある加工度でピークを示している。縦方向はこれで説明できるが横方向には適当でない。むしろ遷移温度が最高を示す加工度は歪時効が最大となる点と考えこれ以上の加工度では転位密度は高くなるがこれらを固着し微小析出物として析出するに有効な固溶原子数が不足するため、歪時効による衝撃値の劣化が軽減され遷移温度が下ると考える方が縦横に関係なく合理的である。

IV. 結 言

低炭素鋼管の冷率加工およびその後の歪時効、低温焼鈍における引張、衝撃値、マイクロ組織などから次のことが確認された。

- (1) 冷率による加工硬化、歪時効を鉛は緩和する。
- (2) 縦方向のみならず横方向でも衝撃遷移温度が最高を示す加工度が存在する。
- (3) 冷率のまま、歪時効状態での上述の加工度は転位の固着、微小析出物の析出に関連すると考えられ鉛はこれを高加工度側にずらすようである。
- (4) 650°C 焼鈍状態での遷移温度がピークを示す加工度は再結晶過程の粗粒化現象に関連すると考えられる。

文 献

- 1) 小柳, 他: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1464
- 2) G. P. TILLEY, et al: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), March (1962), p. 216~223
- 3) B. B. HUNDY, et al: Metallurgia May (1958) p. 203~211

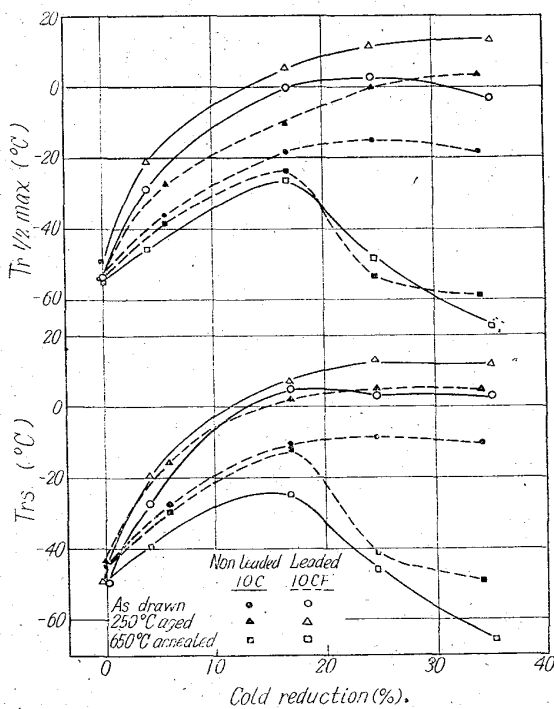


Fig. 3. Relation between transition temperature and cold reduction of mild steel tubes. (Transverse)