

Fig. 3. Elongation/position of sample relationship at various temperatures.

ではいちじるしい方向性は見られないが、脆化領域に入ると前述と同じような方向性を有し、試料(A)においていちじるしい変化が見られる。

二) 断面収縮率ならびに降伏比

断面収縮率は伸び率と、降伏比は降伏点と大体、同一の挙動をする。

III. 考 察

静的引張試験における破断面の様相よりつぎの場合に類別される。

1) 完全脆性破断面を有する場合

イ) 降伏点以下の応力で破断が起る場合。

ごく低温での引張に当る (Fig. 4, curve 1)

ロ) 降伏点以上の応力で破断が起る場合。

急激な破断抗力の上昇が イ) の場合に較べてみられるが、この範囲内では破断抗力は大体一定である。

(Fig. 4, curve 2)

2) 延性脆性の混合破断面を有する場合

破断抗力は、1) ロ) の場合と大体同じ値を示す。

(Fig. 4, curve 3)

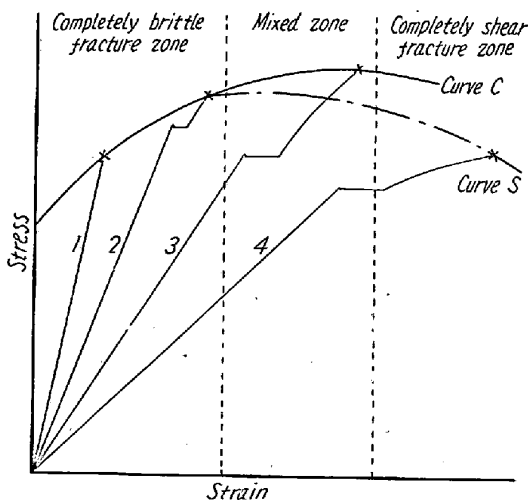


Fig. 4. Modified Ludwik-Orowan diagram of failure for slow-tensile test.

3) 完全延性破断面を有する場合

破断抗力は2) の場合に較べて減少する。

(Fig. 4 curve 4)

さて、Ludwik ならびに Orowan は歪と応力の間には technical cohesive strength の曲線Cと延性亀裂を生ぜしめるに必要な塑性変形をあたえる最小の引張応力の値を示す曲線Sの存在を提唱しているが、この曲線Sが曲線Cと交わるとすると、以上の点はよく説明される。すなわち曲線 1, 2, 3, 4 はこの場合試験温度が上昇した場合に相当し、試験温度上昇による歪硬化曲線の変化により上述の4つの場合があらわれる。すなわち交点以下の伸び範囲が完全脆性破面域、また歪硬化曲線が曲線Cに交わらないような場合の限界曲線が曲線Sと交わる点以上の伸び範囲が完全延性破面域、その間が混合破面域である。

IV. 結 言

以上の結果を総括すると Ludwik-Orowan の線図を修正することにより、静的引張における破断過程をある程度説明し得ると思われる。また材料の処理による差はその材料の歪硬化曲線がねているものほど、延性を有すると思われ、歪硬化曲線を変える組織の変化が当然延性回復に必要なことがわかった。

(73) 鋼管冷牽作業における酸洗脆性の出現条件

Conditions for Appearance of Pickling Embrittlement in Tube Drawing.

Kyoji Takase.

日本鋼管、技術研究所 理 高 瀬 恭 二

I. 緒 言

酸洗脆性は冷牽作業上の一つの障害と考えられているが、正常な作業では出難く、なんらか正常でないときに出現するものであることが知られている。正常でない作業として考えられるものは：

(1) 焼鈍の不足；一般に金属材料は冷間塑性変形の結果水素原子（あるいは分子）の吸蔵されやすい環境を形成する。したがって焼鈍の不足は酸洗脆性の主要な原因となり得る。

(2) 不良な加工法；

(3) 加工待ちによる時効；

(4) 結晶粒粗大化；

などであるが、上記 (1)~(4) の中で (2) は熟延以外

は現在すでに解決されている問題であり、(4) とともに酸洗脆性そのもの問題ではない。さらに冷牽関係の酸洗脆性問題を一層よく理解するためには、冷牽そのものみに止まることなくさらに一般的な場合に目を向けて考える必要がある。すなわち一般の脆性の場合と同じく脆性を支配する、さらに根本的な要素は応力状態であることを考えるべきである。そして一般の脆性と同じく、酸洗脆性もまた、垂直分離力成分が最も大きく影響するであろうと想像される。そこで垂直分離力に対する脆性をも検討し、これとの比較において冷牽の特性を明らかにする必要がある。

## II. 実験方法

試料は下記成分 (C 0.13%, Mn 0.50%, Si 0.21%, P 0.016%, S 0.020%, Cu 0.17%) の冷牽素管を展開して板状とした後 700°C で一旦焼鈍し、これより直径 42mm の円板を切り取り、それを平面研磨盤で厚さ 4mm に仕上げた。この円板を 29mm 孔のダイスと直径 19.8~20.0mm (頭部 1/100 テーパー付) の杵とで絞つて外径 29mm のカップを得、これをさらに 28mm 孔のダイスで絞つて外径 28mm、肉厚 4mm のカップとしこれを 19.8~20.8φ の杵と、27~21.5mm の各種ダイスとでつきつきとシゴキ加工する過程において酸洗脆性を検討した。酸洗条件は常に一定で 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (インヒビター入り) を 70°C に加温し 15 分間浸漬した。なお脱水素の試験には P 38 のほかに数種の軟鋼も使用し、この場合にはカップの外径 29mm、肉厚 4.5mm であつた。

## III. 脱水素試験

(1) 未焼鈍酸洗脆性: 上記のごとくして作った P 38 のカップを焼鈍せずにそのまま酸洗し、その後各種の脱水素法を施した後潤滑処理し、27, 26mm のダイスを通して脆性を調べた。実用的見地から室温(約 24°C) 放置としては 48 時間を、沸騰水煮沸では 30 分間を選んだ。ところが 30 分間煮沸では未だ酸洗脆性が残つていたので(未焼鈍の 28φ カップを酸洗せずに 26φ にシゴキ加工するとき裂疵は出現しない)、さらに煮沸時間を増して 2 時間まで行い確実に裂疵の現われないところまで来た。この状況を Photo. 1(略) に示す。このことから常温放置あるいは短時間の煮沸は酸洗脆性を軽減はするが、未だかなりの脆性を残していることが解る。さらに、上記の裂疵が時効によるものでないことを確かめるために、同様の未焼鈍の 28φ カップを酸洗せずに 30 分間煮沸、2 時間煮沸、48 時間放置したものを 26φ にシゴキ加工したがいずれも裂疵を生じなかつた。したが

つて時効は関与していないと考えてよい。

(2) 焼鈍後の酸洗脆性: 良く焼鈍されたものではシゴキ加工において酸洗脆性をとらえることはかなりむづかしい。ここに用いた材料は、理論的最高加工率(=63.2%) でシゴキ加工を続けて行つても中間焼鈍なしに 90% の総合加工度に達し得られるものであるが、ダイスの都合で 28φ→24φ (54%), 28φ→23φ (66%) の加工率を用いて、700°C、1 時間焼鈍後酸洗したものについて試験したが 100°C で 2 時間煮沸したものは、28φ→23φ では 4 個中 1 個が破壊せずに搾伸できたのみで、酸洗のままのものはすべて破壊、28φ→24φ では 100°C で 2 時間煮沸したものは無疵であつたが、酸洗のままのものは内面に軽微の裂疵を生じた。なお 29φ→24φ (加工率 63%) で他の数種の軟鋼のカップを焼鈍、酸洗後 100°C で 2 時間煮沸脱水素したものを試験したが塑性曲線より見て可能なものは全部疵皆無であつた。以上のことから 700°C に 1 時間焼鈍したものを酸洗したものはその直後きわめて強い加工を与えて始めてわずかの脆性を示すこと、2 時間煮沸したものはシゴキ加工においては全く脆性をとらえ得ないことが解る。さて 54% の加工率で破損するとき加工力負担能力の低下程度を概算して見るとわずかに 3% である。これにはカップの内側および外側の摩擦係数が等しいとして計算してあるが、この仮定の正しいことはシゴキ加工の研究によつてすでに確かめてある。シゴキ加工あるいはそれと応力状態が同様な加工(冷牽の芯金棒引きはもちろん、玉引きもこの中に入る)においては上述のごとく 100°C で 2 時間煮沸すれば、酸洗脆性は実験にかからぬほどわずかになるということが解つたが、引張力が主成分のような加工法でどうなるかを見ておく必要がある。それはこのような応力状態下の加工において酸洗脆性が強く出ると想像されるからである。これを実験するためにやはり同種の冷牽管の押拡げ試験をした。その試験条件および結果を Table 1 に示す。

これによると 700°C で 1 時間焼鈍しても酸洗直後は押拡げ率が酸洗しないものに比していちじるしく低く、明らかに応力状態の差が認められる。この場合に 30 分間煮沸あるいは 48 時間室温放置は十分な方法ではなく 2 時間煮沸にいたつて始めて相当量の靱性の回復が認められる。

## IV. 焼鈍法試験

緒言にも述べたように焼鈍条件は酸洗脆性に最も関係深く、焼鈍不足のときは当然酸洗脆性を呈するものと想像される。しからば焼鈍不足とはどのような状態をいう

Table 1. Expanding test and pickling embrittlement.

Condition		Percentage of diameter expansion	Expanding load (ton)
As annealed		70.8	13.90
Pickled	Immediately after pickling	35.4	7.05
	30mn in boiling water	42.8	8.40
	2h.in boiling water	64.9	12.40
	48h.in room temperature	47.2	9.20

Test tube: Outside diameter=34 mm, Thickness=3.2 mm, Annealed at 700°C for 1 h.  
Apex angle of expanding cone=30°

Table 2. Relation between annealing temperature and pickling embrittlement which is seen in rupturing reduction ratio (at 23φ→22φ)

Original cup	Condition	Annealing temperature—Held 30mn. at each temperature and then cooled in still air			
		500°C	550°C	600°C	650°C
28φ	Immediately after pickling 2 h.in boiling water	38 47+	39 44	48+ 48+	45+ 45+
26φ	Immediately after pickling 2 h.in boiling water	39 39	37 39	47+ 40+	45+ 45+

NB: Sign+ .....Not ruptured

のであろうか、これを調べるために軟鋼の再結晶温度範囲について種々温度を変えて (500°, 550°, 600°, 650° 700°, 750°, 800°, 850°C), 例の円板より絞ったカップを焼鈍 (各温度に 30 分間保持後空冷) しそれを規定のごとく酸洗し, その直後とそれを 2 時間煮沸して脱水素したものを, シゴキ試験した. 焼鈍前の冷間加工度は 2 通り選んだ (28mm カップ ≤48%, 26mm カップ ≤63%) この試験の結果の一部は Photo. 2, 3(略) によく示されている.

これを数値的に整理すると Table 2 のごとくなる.

かくのごとく再結晶が始まっても 550°C 30 分の焼鈍ではたとえ酸洗脆性がなくとも危険であることが知られる. ところが 600°C 30 分になると急にその危険がなくなる. そして 650°C 30 分では最早確実になんらの酸洗脆性も認められないことが解る. ここではそのことを 22φ のつぎにさらに 21.5φ のダイスを通して確かめてある. 700°C 以上では結晶粒度の問題を除き特に変わる場所がないから略する. ゆえに現場的にはかくのごとき十分な再結晶焼鈍を行えば冷牽作業 (この実験の程度の加工率で) において酸洗脆性を考慮する必要はまったくないことが解る.

#### V. 酸洗後の加工時効

28mm のカップを 700°C に 1 時間焼鈍したものを規定のごとく酸洗した後, 潤滑処理し 26mm のダイスでシゴキ加工し, これを室温 (24°C) で 30 分間, 2 時間,

24 時間, 48 時間時効せしめた後 24, 23, 22mm のダイスを通したが脆化の徴候はまったく見られなかった. このことから例えば 1 伸後なんらかの都合で若干時間放置時効されたとしても, 2 伸においてなんら支障を起さないことが解る.

以上の結論として, 適正な焼鈍を行えば 1 回の加工率 30% 程度の普通の冷牽では, 酸洗脆性は全く考慮する必要のないことが解る.

#### (74) 介在物が疲労強度におよぼす影響について

#### On the Effect of Non-Metallic Inclusions upon the Fatigue Strength.

Rikuo Inoue, et alius.

住友金属工業, 製鋼所

○井上 陸雄・辻本 信一

#### I. 緒 言

肉眼あるいは磁気探傷法による検査で発見される砂疵と呼称される比較的長く連続した非金属介在物が, 鋼素材の機械的性質に対してどの程度の悪影響をおよぼすかについては, いまだに明瞭でない点が多いが, 実際的にはこれがしばしば問題となる場合がある. そこで, これらの関係を知るための一資料として, 中炭素鋼および