

Nonmetallic inclusions a: at central part of billet, b: at the outer surface of billet, c: on the surface 140mm distant from the leading end of the extruded tube, d: on the surface 700 mm distant from the leading end of the extruded tube. ×100 (1/2)

Photo. 2. Non-metallic inclusions of billets and the extruded tubes.

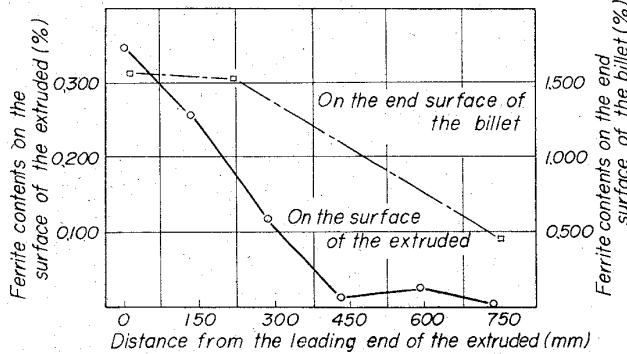


Fig. 3. Distribution of ferrite contents of the extruded tube and the billet.

面においては圧延の加工度に差があり、ビレット外表面に近いほど細粒となる。

3.5 ミクロ清浄度

ビレットの横断面および押出管外表面の介在物の定量をおこなった。Total 介在物量はいずれの場合においても均一に分布している。しかしA型介在物はビレット横断面中心部および押出管の先端に近い部分に多く分布しているが、とくに顕著とはいえない。

注目すべき現象として介在物個々のサイズがビレット横断面中心部および押出管先端部の加工度が小さいことから著しく大きい。この例を Photo. 2 に示した。この写真より Photo. 1 の brittle fracture が巨大介在物を起点としていることは十分考えられ、異常性との関連は無視できない。

3.6 フェライト含有量の分布

δ-フェライトは加熱、加工の過程において消滅してゆくのが自然である。したがって介在物のサイズと同様

に分塊圧延、押出の工程において押出管先端部は低い加工を受けるに過ぎず、δ-フェライトの残存が当然考えられる。介在物定量と同様な方法でフェライト含有量を見たのが Fig. 3 であり、リングテストの結果と良く似た分布を成している。

4. 結 言

1. 圧延丸鋼から熱間押出された 18-8 ステンレス鋼管において長手方向に採取される引張試験では検出不可能な先端異常性がリングテストを行なうことにより検出することができた。

2. このリングテストの異常性試験の brittle fracture によって特徴づけられ、試料の処理方法によって以下の現象が認められた。

(1) 浸炭性雰囲気での押出により異常性はさらに顕著となる。

(2) 押出後水冷した管においては熱処理により異常性は改善されるが、押出後空冷したものではさほどでない。

(3) 浸炭性雰囲気にて押出されたものの異常性は試料を外削することにより改善されるが、その他の処理のものについては効果はほとんど認められない。

3. かようなリングテストの異常は押出管先端におけるフェライトの不均一分布、非金属介在物のサイズの不均一分布と良い対応を示している。brittle fracture 現象そのものは非金属介在物のサイズに起因し、異常性の主因であると考えられる。浸炭性雰囲気押出での異常性の悪化はフェライト量の異常分布と深い関連があると考えられるが、十分な確証を得られなかつた。

4. 一般に熱処理により異常性は改善されるが、オーステナイト地の靱性向上によるものと考えられる。

5. オーステナイト地そのものの加工度の差による影響は、今回の調査では明らかとならなかつた。

(168) 軟鋼管の冷間引抜きについて

(鋼管の冷間加工に関する研究—I)

八幡鋼管 工博 向江 脇 公 雄

○浅野 健・深津清治

On the Cold Drawing of Mild Steel Tubes.

(Studies on the cold work of steel tubes—I)

Dr. Kimio MUKAEWAKI, Takeshi ASANO and Seiji FUKATSU.

1. 結 言

熱間加工により製造された鋼管の寸法精度、表面あらさ、機械的性質、組織などを改善して、高度の品質を有

する鋼管を製造するために、一般に冷間引抜きがおこなわれる。今回は軟鋼管について、形状の異なる引抜き工具を用いて、加工度と引抜き応力、芯金応力、引抜き前後の寸法および表面あらさの変化、機械的性質および残留応力の関係を調査したので報告する。

2. 供試材

供試材はキルド鋼 (C 0.16%, Si 0.21%, Mn 0.46%) の外径 34mm×肉厚 3.4mm の軟鋼管で、熱間仕上げのまま使用し H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> で酸洗し、燐酸塩被膜処理をした後、引抜き用潤滑油を十分に塗布し試験に供した。

3. 実験方法

3.1 ダイス、プラグの形状および組合わせ

Fig. 1 に使用した超硬工具製の円錐形 (S形) および円弧形 (R形) ダイスと円筒形および円錐形プラグの形状と組合わせを示す。芯引きは (a) または (b) の組合わせでおこない、空引きは両形のダイスを用いた。

3.2 加工度

減面率で 10, 20, 30, 40, 50, 60% を目標にし、減面率が大きくて 1 回で所定の寸法に引抜きできないものは折返し引きとした。(No. 6, 11, 12), また減面率 30

% で (1) 外径のみを減少させたもの (No. 13, 14) (2) 外径減少を大きくし肉厚減少を小さくしたもの (No. 15, 16) (3) 外径減少を小さくし、肉厚減少を大きくしたもの (No. 17, 18) の 3 つの異なる引抜き工程をえらんだ。

3.3 引抜き力および芯金力の測定

引抜きは鎖式冷牽機を使用し、引抜き速度は 7.5m/min でおこない、引抜き力は鉄車に、芯金力はスタンゲンの根もとにそれぞれワイヤーストレンゲージをはりつけ、オシログラフにより歪の大きさをはかり、引抜き力および芯金力を求めた。

3.4 表面あらさ測定

触針式あらさ試験機で、引抜き前後の鋼管の内外面の円周および長さ方向のあらさを、それぞれ倍率 100, 500 で測定した。

3.5 機械的性質および寸法測定

素管および引抜き後の鋼管は、管状のままアムスラー試験機で引張り試験を行ない、硬さは肉厚部をビッカース硬度計 (荷重 5 kg) で測定した。

外径寸法は円周を等間隔に 4 カ所、肉厚は 8 カ所測定し、平均値を公称寸法とした。

3.6 残留応力測定

試料の長さを 60mm とし、外面円周方向および長さ方向にワイヤーストレンゲージをはりつけ、旋盤で内層から肉厚 0.5mm を目標に切削し、外径および長さの変化率  $\epsilon_\theta$ ,  $\epsilon_z$  を静的歪形により測定し、次式<sup>2)</sup>により円周および長さ方向の残留応力  $\sigma_\theta$ ,  $\sigma_z$  を算出した。外表面の残留応力は立割り法<sup>3)</sup>を用いた。

$$\sigma_\theta = E/1 - \nu^2 \{ (A_0 - A) d\alpha/dA - (A_0 + A)/2A \cdot \alpha \}$$

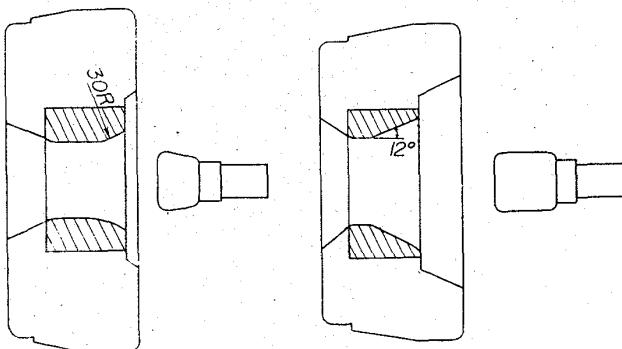
$$\sigma_z = E/1 - \nu^2 \{ (A_0 - A) d\beta/dA - \beta \}$$

ここで  $A_0$ : 原管の断面積

$A$ : 除去部分の断面積

$\nu$ : ポアリン比

$E$ : ヤング率



(b) R type die and conical plug.

(a) S type die and cylindrical plug

Fig. 1. Types of die and plug.

Table 1. Actual reduction of areas and mechanical properties of cold-drawn tubes.

Sample No.	Type of die	Type of plug	Size of mother tube (mm)	Size of drawn tube (mm)	Reduction in area (%)	Yield point, 0.2%-set (kg/mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Hardness (Hv)
Mother tube			34.00×3.40	—	—	30.1	43.0	57.2	140
1	S	Cylindrical	34.19×3.53	32.45×3.26	12.6	—	58.2	34.2	196
2	〃	〃	34.16×3.30	31.44×3.01	15.9	59.0	60.2	31.2	201
3	〃	〃	34.13×3.43	29.96×2.74	29.0	—	71.1	18.8	224
4	〃	〃	34.11×3.45	27.91×2.48	41.0	—	75.8	16.0	234
5	〃	〃	34.18×3.42	27.83×1.98	51.0	80.8	80.8	12.2	243
6	〃	〃	34.11×3.45	25.95×1.77	60.0	86.2	86.6	8.4	276
7	R	Conical	34.17×3.36	32.46×3.26	8.3	—	52.8	38.2	178
8	〃	〃	34.14×3.51	31.42×3.00	21.0	61.8	66.0	23.0	217
9	〃	〃	34.14×3.47	30.42×2.93	24.3	66.8	68.0	21.4	226
10	〃	〃	34.18×3.46	27.96×2.49	39.7	—	77.2	14.0	240
11	〃	〃	34.14×3.97	27.97×2.01	48.5	78.8	78.8	13.0	242
12	〃	〃	34.18×3.46	25.85×1.73	61.0	84.8	84.8	10.8	259
13	S	—	34.16×3.45	23.83×3.68	30.3	60.8	65.5	26.0	216
14	R	—	34.17×3.38	23.91×3.61	29.7	62.2	65.2	25.0	218
15	S	Cylindrical	34.15×3.52	25.98×3.23	31.5	70.6	70.6	20.2	220
16	R	Conical	34.11×3.41	25.87×3.20	32.3	69.8	70.2	22.4	219
17	S	Cylindrical	34.16×3.34	31.40×2.46	31.0	71.9	71.9	15.8	225
18	R	Conical	34.16×3.46	31.45×2.51	31.7	73.3	74.2	12.6	220

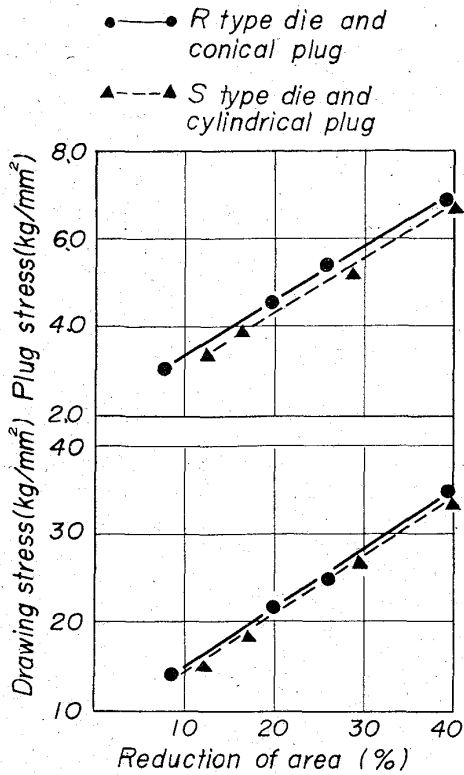


Fig. 2. Comparison of different combination of die and plug.

$$\alpha: \epsilon_{\theta} + \nu \epsilon_z$$

$$\beta: \epsilon_z + \nu \epsilon_{\theta}$$

4. 実験結果および考察

4.1 機械的性質

機械的性質と減面率の関係を Table 1 に示す。降伏

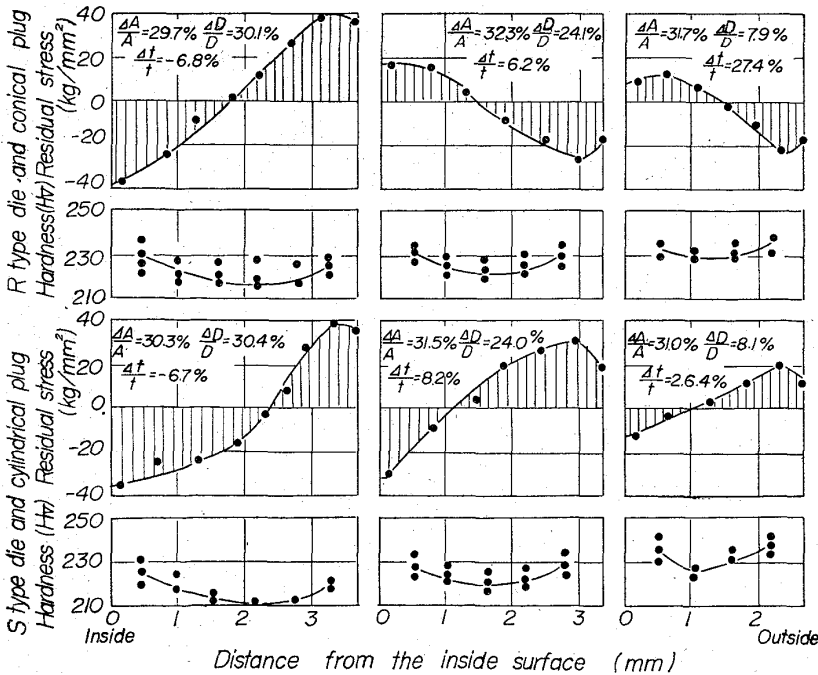


Fig. 4. Distribution of circumferential residual stress and Vickers hardness measured on the section of the wall.

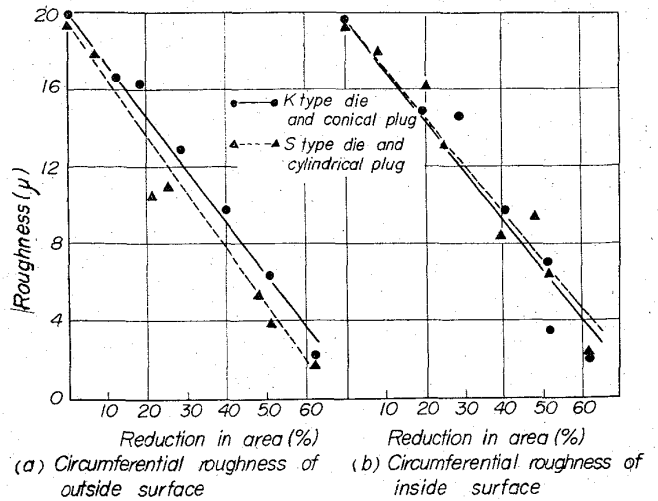


Fig. 3. Relation between roughness of surface and reduction in area, type of die and plug.

点抗張力および硬さは減面率の増加とともにほぼ直線的に増加し、伸びは減面率の増加とともに減少するが、工具の組合せによる差はみられない。

引抜き工程による差は減面率 30% の場合、肉厚減少が小さくなるにつれて、降伏点、抗張力および降伏比が低くなり、伸びが大きくなる傾向がみられる。

4.2 偏肉度および外径変量

偏肉度 (引抜き後の偏肉率/素管の偏肉率) は減面率 30% までは減面率の増加とともに減少するが、30% 以上では大きな変化は認められず使用工具間の差もとくに認められない。

外径変量 (ダイス寸法—引抜き後の鋼管の寸法) の測定結果は、S 形ダイス+円筒プラグの場合には引細り (最大 0.04mm)、R 形ダイス+円錐プラグの場合には引太り (最大 0.06mm) を示すがその度合は前者のほうが小さい。

4.3 引抜応力および芯金応力

Fig. 2 に工具の組合せ、加工度と引抜応力 ( $\sigma_T$ ) および芯金応力 ( $\sigma_P$ ) の関係を示す。  $\sigma_T$ ,  $\sigma_P$ , とも減面率に比例してほぼ直線的に増加する。  $\sigma_T$  は工具の組合せによる差はほとんどみられないが、  $\sigma_P$  はわずかではあるが、円錐プラグのほうが大きい。これは円錐プラグの形状から、鋼管内面の肉厚減少作用が大きいからと思われる。また  $\sigma_P/\sigma_T$  は工具の組合せによる差はみられない。

4.4 表面あらし

素管の表面あらし (円周方向 20μ, 長さ方向 10μ) は減面率の増加とともに小さくなり、減面率 60% では 2μ 程度になる。 Fig. 3 に内外面円周方向のあらしの変化を示す。外面のあらしは、S 形ダイス+円筒プラグのほうが小さく、内面のあらしは、R 形ダイス+円錐プラグの

ほうがわずかに小さい。

#### 4.5 残留応力

減面率 30% の場合の円周方向の残留応力の分布を Fig. 4 に示す。空引きの場合 S 形, R 形ダイスのいずれも内面側が圧縮応力, 外面側が引張り応力を受けるが, 芯引きの場合 S 形ダイス+円筒プラグは内面側が圧縮応力, 外面側が引張り応力を示し R 形ダイス+円錐プラグでは全く逆の分布を示した。

外径および肉厚減少率と残留応力の大きさの関係は, 使用工具の形状に関係なく, 空引きが最も大きく肉厚減少率が大きいものが最も小さく, W. DAHL<sup>5)</sup>の結果と同じ傾向を示した。

硬さと残留応力の関係は, 残留応力が平衡する肉厚の中心部が一番低く, 内外表面が高く, 空引きの場合は内面が外面より高かったが, 残留応力の大きさと硬さとの関係はみられなかった。

#### 5. 結 言

軟鋼管の冷間引抜きについて調査を行ない次の結果を得た。

(1) 降伏点, 抗張力および硬さは減面率の増加とともにほぼ直線的に増加し, 伸びは減少するが, 工具の形状による差はみられない。また同じ減面率では肉厚減少が小さいほど降伏点, 抗張力および降伏比が小さく, 伸びが大きい。

(2) 偏肉度は減面率の増加とともに小さくなるが, 減面率 30% 以上では変化は認められない。外径変量は S 形ダイス+円筒プラグは引細り, R 形ダイス+円錐プラグは引太るが, 変量は前者のほうが小さい。

(3) 引抜き応力は減面率の増加とともに増加し, 工具間の差はないが, 芯金応力は円錐プラグのほうが大きい。

(4) 内外面の表面あらさは減面率の増加とともにほぼ直線的に小さくなるが, 外面は S 形ダイス+円筒プラグが, 内面は R 形ダイス+円錐プラグのほうが, あらさは小さくなる。

(5) 残留応力の分布は, 空引きの場合は常に内面側が圧縮応力, 外面側が引張り応力で芯引きの場合は, 工具の形状により独自の分布を示す。残留応力の大きさは外径減少率が大きいほど大きく, 肉厚減少率が大きいほど小さい。硬さは残留応力が平衡する肉厚中心部が一番低い, 硬さと残留応力の大きさとの関係はみとめられない。

#### 文 献

- 1) 矢沢, 向江脇, 谷, 田村: 塑性と加工, 4 (1963) 33, p. 694
- 2) G. SACHS & G. ESPEY: AIME Tech, (1941) p. 1383
- 3) 今井: 鉄と鋼, 42 (1956) 1, p. 23
- 4) 岡本: 住友金属, 5 (1953) 2, p. 62
- 5) W. DAHL & H. MÜHLENWEG: Stahl u. Eisen, 84 (1964) 20, p. 1250

### (169) ホットストリップミル作動ロールの稼働中の温度

日立製作所, 日立研究所 ○新山英輔  
高見勝巳・理博 奥本武臣・森竜太郎  
富士製鉄, 広畑製鉄所 田中俊章

#### Hot Strip Mill Work Roll Temperature during Rolling.

Eisuke NIYAMA, Katsumi TAKAMI,  
Dr. Takeomi OKUMOTO, Ryutarō MORI  
and Toshiaki TANAKA.

#### 1. 緒 言

稼働中の作動ロールの温度は, 一方では圧延作業の効率, あるいは製品の寸法などに影響し, 他方ではロール自体の寿命に影響する。さきに焼入鋼埋込法を応用してホットストリップミル作動ロールの表面温度を測定し, ファイヤグラックおよび流星疵との関連を検討したり。それによれば, 最表面の温度は 600°C 近くになるが, 深さ 1mm の点は 200°C 程度にしかならないことがわかった。この方法ではこれより内部の 200°C 以下の測定はできず, また回転に伴う温度の時間変化も検出できない。ところが, ロールの熱膨張の問題などを考察するためにはこの種のデータが必要で, しかも従来測定例がなく, 理論計算による推定が行なわれているにすぎない<sup>2)3)</sup>。

そこで今回はこの目的に適うように別の方法で測定を試みた結果について報告する。なお測定方法の詳細については別に報告している<sup>4)</sup>ので, ここでは簡単にとどめる。

#### 2. 測定方法

測定の対象は高炭素合金鋼ロールで, ホットストリップミル仕上第 1 スタンドの下ロールとして稼働している状態で測定した。測定の原理としては, 温度の時間変化を記録するために熱電対を用い, スリッピング・ブラシを介して出力を外部にとりだすことにした。

熱電対をロール本体に直接に接触させるのは困難なので, ロールと同材質の小片に穴をあけ, 表面から 1~2, 5, 20 または 25mm の 3 個所に 0.5φ の CA 熱電対を溶接し, これをロール胴部中央の表面にはめこんだ。胴部の半径および軸方向の孔を通して熱電対を引き出し, ワーカーサイドの軸につけたスリッピングに接続した。記録にはペン書オシロを用いた。

埋込小片の設計などを変えて何回か測定したが, そのうち 2 回の測定結果について, それぞれわけて述べる。

#### 3. 測定結果 (その 1)

1 枚の板の噛みこみから噛み出しまでのロールの温度記録例の一部を Fig. 1 に示す。深さ 1mm の点は 1 回転ごとに温度が上下している。極大値は約 1000°C に加熱された板の接触によるもので, 噛みこみ時の第 1 回の接触で 70°C (室温との差, 以下同様) に達し, 次第に上昇して 10 回目に 100°C となり, 以後は変わらず, 30 回転で板が噛み出され, 以後約 60 回転ではほぼ室温に戻る。極小値は回転中に水冷によつて到達した下限を示すものでこれも接触をくり返すうちに, はじめ 20°C であったものが噛み出し直前には 40°C に達する。