

Fig. 5. Relations between maximum shearing stress and amount of δ -ferrite.

Table 2. Maximum shearing stress of γ and δ .

Temp. (°C)	T_γ (kg/cm ²)	T_δ (kg/cm ²)	T_γ/T_δ
1100	485	105	4.61
1150	380	90	4.22
1200	275	77	3.57

いる。このことも何らかの軟化現象（回復）が生じているためと考えられる。またさらに Fig. 5 の外挿値から δ 相の最大剪断応力 (T_δ) を求め、これと γ 相の最大剪断応力と比較した。(Table 2)。これから、温度が上昇するにつれて γ 相に対する δ 相の相対的な変形抵抗が増加している。このことは同じ δ 量でも温度が増加すると、 δ 相への変形のしわよせの度合いが少ないことを示す。

5. 結 言

13%Cr ステンレス鋼の熱間加工性を SUS21TB を基準とする化学成分による影響について、実験室的にしらべた。その要点を列挙すれば次のとおりである。

(1) 13% Cr ステンレス鋼の熱間振り試験を行なったところ、化学成分を変化させることにより捻回値に著しい特徴が見られた。これらは組織中の δ 相と温度による。

(2) 捻回値が高い鋼種は(イ) γ 相のみの鋼、(ロ) $\gamma + \delta$ 相であつて、特に δ 相が強調された鋼種である。SUS21TB 規格成分内で継目無鋼管を製造する際には(イ)の組織をねらつて製管することはむずかしい。

(3) δ 相によつて捻回値が高温側で急激に立上がる現象は、 δ 相の変形に対する回復速度が速くなることとともに、 δ 相への変形のしわよせ量が小さくなるのが原因であらう。

文 献

- 1) H. K. IHRIG: Metals Tech., 12 (1945), p. 749
- 2) F. K. BLOOM, W. C. CLARKE and P. A.

JENNINGS: Metal Progress, 59 (1951), Feb., p. 250

621.974.37.016

(192) ストレッチレデューサにおけるローリングスケジュールの解析

日本鋼管川崎製鉄所

広瀬五男・三枝成男・○佐田哲男

Analysis of Rolling Schedule for Stretch Reducer

Ituo HIROSE, Toshio SAEGUSA and Tetuo SATA

1. 結 言

近年、小径管の圧延にストレッチレデューサがひろく使用されるようになった。

しかしローリングスケジュールの決定にあつては、主として、経験と実験に頼つてゐるのが実状であり、新サイズの製品を製造する場合は、その圧延諸元を決めるためにならざるを得ないので、相当な準備時間が必要である。これを解決するには、ローリングスケジュールを理論的に組立てられる体制が望ましく、この見地に立つてストレッチレデューサにおける管の塑性変形について解析したのが本論文である。

2. 実 験

2.1 実験設備

- a. 3 ロールタイプ・ストレッチレデューサ
- b. インターナル駆動形式
- c. スタンド数 20スタンド
- d. ロール径 304.8 mm ϕ
- e. 各個駆動

2.2 要因と水準

一般にストレッチレデューサにおいて、ローリングスケジュールを設計する場合に、考慮すべき要因は、(1) 外径絞り率、(2) ストレッチ(引張)、(3) オーバリティ(4) ロール回転数、(5) t/D (t : 肉厚, D : 外径)である。

このいずれの因子も品質に影響すると考えられているが、今回の調査では、オーバリティとロール回転数を一定の法則で固定し、残りの3因子については次のような水準で実験を行なつた。

ただし表のストレッチは製品と素管の肉厚比をもつて表わし 0.5~0.7 をフルストレッチとし、0.7~0.9 をス

Table 1. Factor and level.

Factor	Level		
	1	2	3
Reduction	7%/stand	10%/stand	—
Stretch	Full stretch	Stretch	Sinking
t/D	0.10	0.15	0.20

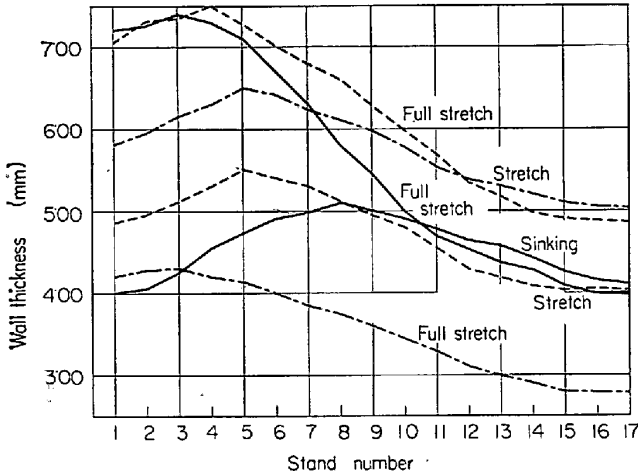


Fig. 1. Variation of the wall thickness in the 17 stands stretch reducer.

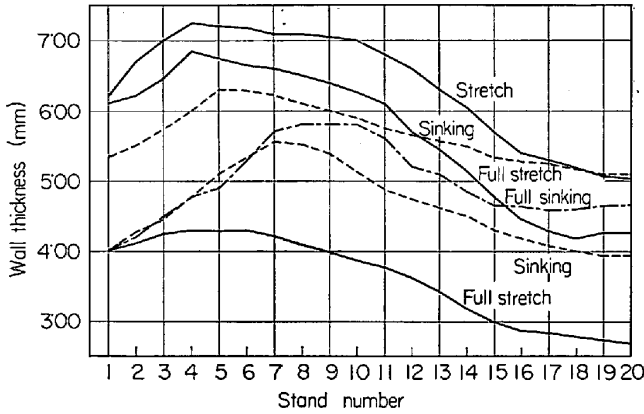


Fig. 2. Variation of the wall thickness in the 20 stands stretch reducer.

トレッチ, 0.9~1.1 をシンキング, さらに 1.1~1.3 の値をフルシンキングと定義した。

2.3 特性値

今回の調査は, 内面の形状に重点を置いたので, (1) 製品の偏肉, (2) ストレッチレデューサ内の肉厚変化を中止材によつて測定し, これを特性値とした。

2.4 実験材料および製品寸法

- (1) 素管寸法 外径 89.1 mm φ 肉厚 4.2~7.0 mm
- (2) 製品寸法 外径 27.2 mm φ 肉厚 2.8~5.5 mm
- (3) 材 質 低炭素鋼 (C=0.15%)

3. 実験結果および考察

Fig. 1~2 にストレッチレデューサ内における肉厚変化を中止材によつて測定した結果を示した。この図が示すように, 素管と製品の肉厚の選び方によつて, レデューサ内の減肉曲線はいちじるしい差異が観察される。

この実験の結果をまとめると次のとおりである。

(1) 製品の t/D が小さいほど, ストレッチレデューサにおける偏肉は少ない。このためが t/D が小さいほど造管は容易である。Fig. 3 に示したごとく偏肉の見地から述べると t/D が 0.05~0.10 の範囲の造管は容易であり, 0.10~0.15 では若干難しくなり, 0.15~0.20 では困難になり, さらに 0.20 以上になると非常に困難

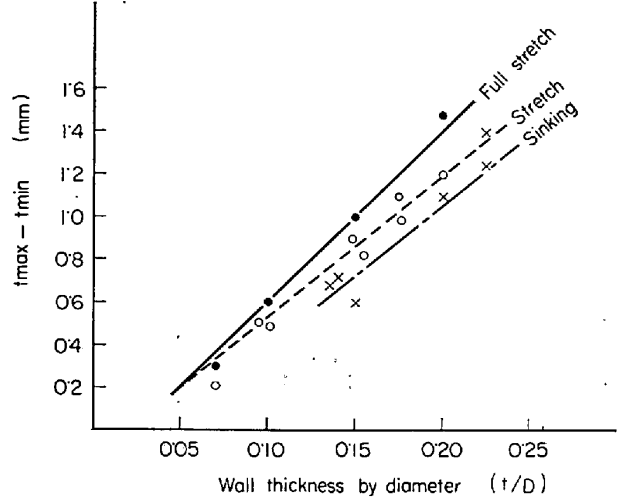


Fig. 3. Stretching effect on inside roundness against t/D

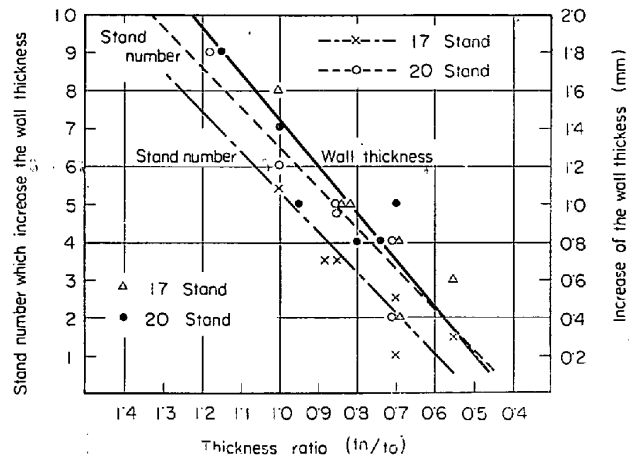


Fig. 4. Relation between thickness ratio and increase of the wall thickness or stand number.

となる。

(2) 厚肉管 ($t/D=0.15\sim0.20$) では, ストレッチ量を大きくするほど内面の形状は悪くなり, Fig. 3 に示したごとく, シンキング造管に近づけることによつて偏肉は減少する。

またレデューサ内の肉厚測定結果でもストレッチの大きくなる後半のスタンドから偏肉が漸次増加していることが観察できた。

(3) ストレッチの掛り方が大きいほど, レデューサの前半のスタンドで生じる増肉は減少する。(Fig. 4 参照)

(4) 同様に, ストレッチが大きいほどレデューサ内の増肉スタンド(グリップスタンド)の数は減少する。

(5) したがつて, ストレッチレデューサ内の減肉曲線は素管の肉厚と製品肉厚によつて支配される。

(6) ロールカリパ内の変形は t/D によつて著しく変わる。このことは同一ロールカリパで t/D を変えることによつて内面形状, 管の耳嘴の現象が変わることから確認できた。

(7) 偏肉がいちじるしい場合すなわち内面が六角形

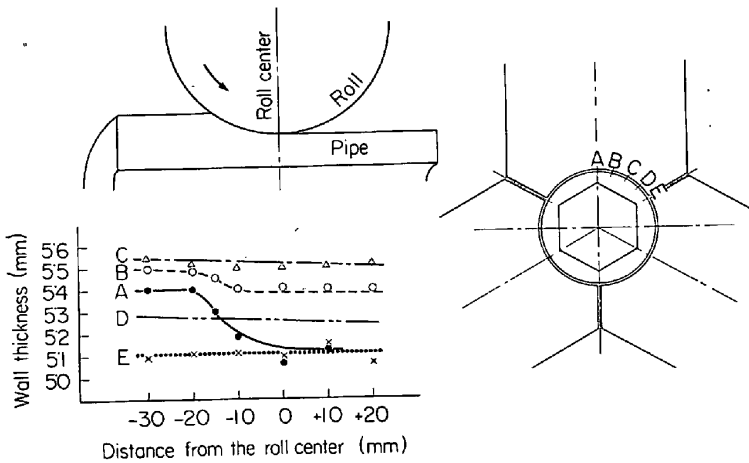


Fig. 5. Reduction of the wall thickness.

になる現象は Fig. 5 に示したごとくロールカリバの谷間の減肉が著しく、カリバの耳の部分ではあまり減肉していないことが原因と考えられる。

(8) 内面が六角形になる現象は、ロール谷間の先進現象と管の接線方向のメタルの流れの釣合いがくずれて発生している。この挙動は粘土による模型実験によつて確認できた。

(9) 絞り率は小さいほど内面の形状は良好である。したがつて、 t/D の大きなものは素管の径を小さくすることが望ましい。

(10) オーパリティは t/D と絞り率とストレッチの掛け方によつて決定される。同一カリバで t/D を大きくすると耳噛みが発生し、またストレッチを掛けると耳噛みは減少した。

以上の実験で明らかごとく、ストレッチレデューサにおける管の変形は t/D によつて大きく左右されることが解つたので、若干理論的な考察を加える。

理想的な円筒カリバが存在すると仮定すれば圧下力はカリバ内ほぼ均一と考えられる。しかし実察に使用されるだ円カリバは、カリバ内の圧下量が場所によつて異なり、ロールカリバの谷間で最大となり、耳において最小となるのが普通である。したがつてカリバ内に発生する圧下力は圧下量にほぼ比例するので、この力に伴つて発生する軸方向の摩擦力も（カリバ内摩擦係数を一定とす

れば）最高となり、カリバの耳で最低となる。

いま Fig. 6 のような加工を行なつている管の軸方向の摩擦力を求める。任意の点 x における圧下力 P_x は

$$P_x = \sigma_r \sqrt{R_x' \Delta r_x} \dots \dots \dots (1)$$

で表わされる。ただし、 σ_r は径方向応力、 P_x はロールの半径、 Δr_x は任意の点 x における圧下量である。次に薄肉管の釣合式が成立すると仮定して、 $\sigma_r = t/r \sigma_x$ の関係と、さらに Tresca の降伏条件 $\sigma_e - \sigma_x = K_f$ を適用して、(1) 式は次のごとく導かれる。

$$P_x = 2K_f(1-Z)t/D\sqrt{R_x' \Delta r_x} \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 t は管の厚さ、 r 、 D は管の半径および直径、 σ_x は接線方向の応力、 σ_e は管軸方向の応力、 K_f は変形抵抗、 Z はストレッチ係数 ($Z = \sigma_e/K_f$) である。

この力によつて発生する軸方向の摩擦力 f_x は、

$$f_x = \mu \cos \phi P_x = 2\mu \cos \phi K_f(1-Z)t/D\sqrt{R_x' \Delta r_x} \dots \dots \dots (3)$$

ただし μ は摩擦係数である。

(3) 式で示したごとくロールカリバの谷で摩擦力が最大となり、この力によつて谷に接触している肉厚が軸方向に流れて、薄くなり内面が六角形となると推定される。

4. ローリングスケジュールの設計

一般に、外径絞り率は $Re_n = 1 - D_n/D_{n-1}$ で表わされる。この式を展開して

$$\left. \begin{aligned} D_n &= D_{n-1}(1 - Re_n) \\ D_{n-1} &= D_{n-2}(1 - Re_{n-1}) \\ &\vdots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

上式を漸次代入すると

$$D_n = D_0(1 - Re_1)(1 - Re_2)(1 - Re_3) \dots (1 - Re_n) \dots \dots \dots (5)$$

が成立し、任意のスタンドを基準に取りこのスタンドの絞り率を Re とし、他のスタンドの絞り率は Re との比をパラメータとして取り $Re_1 = \alpha_1 Re$, $Re_2 = \alpha_2 Re$ …… とすれば

$$D_n = D_0(1 - \alpha_1 Re)(1 - \alpha_2 Re)(1 - \alpha_3 Re) \dots (1 - \alpha_n Re) \dots \dots \dots (6)$$

となり、 α , D_n , D_0 を与えて Re を求めることがで

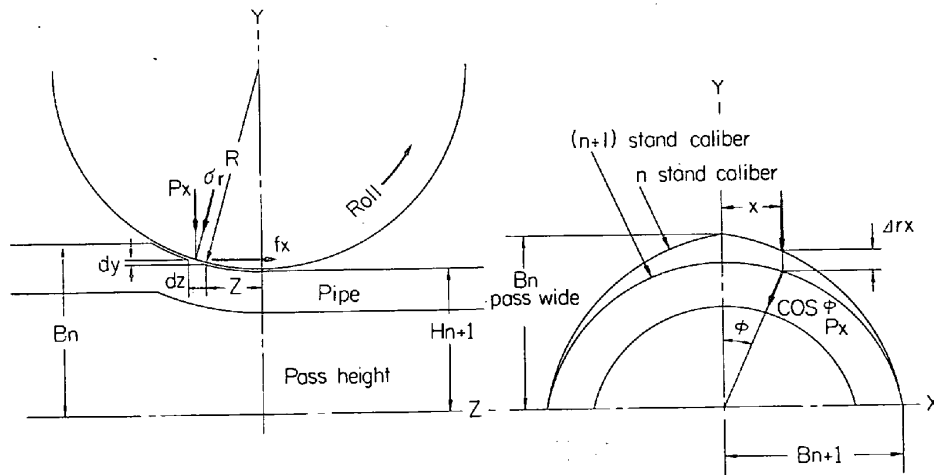


Fig. 6. Schematic drawings of the roll caliber.

きる。したがって、 α は t/D によつて与えて置き、素管の外径 (D_0)、製品の外径 (D_n)、スタンド数 (n) を与えれば機械計算機を利用して (6) 式は容易に解くことができる。また肉厚についても同様な方法で解くことが可能である。

5. 結 言

以上の結果から、ローリングスケジュールの設計は、機械計算機を用いてほぼ実用化できる段階に到達した。

しかし、相当にだいたんな仮定にもとづいてローリングスケジュールの解析を行なつているので、この結果では十分な解析とはいえない。今後は、ロールカリパ内のメタルの流れ、応力分布の解析、カリパ内の管の理論的な解析の確立を行なつてゆきたい。

6. 検 討

(1) インプットするデータは何か。

t/D によつて、ローリングスケジュールのモデルを選択し、製品の外径、肉厚、素管の外径、肉厚およびスタンド数をインプットして、ロールカリパの設計からモータ回転数まですべて算出ができる。

(2) ストレッチの掛からないクランプエンドは、この結果を適用すると内面が良好になるのではないか。

製品に対してクランプエンドは t/D が大きくなるために内面形状は改善されない。しかし t/D によつて製品の部分よりも、内面の偏肉が減少することがあり、その点を境にして悪化することがある。

文 献

- 1) NEUMAN and HANCKS: Stahl und Eisen, (1955) 22
- 2) R. RAIMONDI: Iron & Steel Eng., (1964), May 131
- 3) J. S. BIAIR: Iron & Coal Trades Rev., (1950) Jan. 13, 27, Feb. 13, 24
- 4) 三瀬, 高井, 松木: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 928

621.794:621.7.025.3
:621.197.3:621.794.6

(193) 鋼管の表面処理について

八幡鋼管

工博 向江協公雄・○深津清治・佐藤次男
On the Surface Treatment of Steel Tubes

Dr. Kimio MUKAEWAKI, Seiji FUKATSU
and Tsuguo SATO

1. 結 言

伸管加工における減摩処理は、根本的には摩擦力の減少、工具の摩耗防止および表面肌の改善であるが、最近素管の長尺化ならびにパス当たりの減面率を相当高くする傾向から、生成された潤滑膜は高い面圧力のもとで完全な潤滑効果を示すものでなければならない。一般に鋼管に造膜処理をする場合、処理温度、時間および濃度によつて被膜の特質がかなり敏感に左右されるため、十分な薬剤の管理と適切な作業条件のもとで処理されねばならない。著者らは磷酸亜鉛系被膜処理について、被膜生成におよぼす諸因子の影響を調べ、さらに被膜の生成過程および加工を受けた被膜組織を顕微鏡的に観察を行な

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Specimen No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1	0.16	0.23	0.49	0.014	0.012	—	—
2	0.50	0.23	0.60	0.015	0.006	—	—
3	0.13	0.25	0.48	0.012	0.006	0.96	0.28
4	0.09	0.78	0.52	0.011	0.008	1.28	0.58

Table 2. Drawing process.

Process	Reduction of outer diameter (%)			
1st pass	10	20	30	40
2nd pass	10	20		
3rd pass	10			

い 2, 3 の知見を得たのでその結果を報告する。

2. 試料および実験方法

2.1 試料

供試験材は熱間で圧延した継目無炭素鋼管および低合金鋼管を一定寸法に冷間引抜きし、焼きならしを行なつた。化学成分を Table 1 に示す。

表面処理剤として用いた薬剤および実験条件は次のとおりである。

- 酸洗液: 10% H_2SO_4
- 処理温度および時間: 60°C, 1, 2, 3, 5, 10, 20 (min)
- インヒビター: A系, カチオン活性剤 (商品名, テキトール)
B系, カチオン活性剤 (商品名, ヒビロン)
C系, カチオン活性剤 (商品名, フェルビット)
- インヒビター添加量: 0.1, 0.2, 0.5(%)
- 造膜剤: 磷酸亜鉛系, I (厚膜), II (薄膜)
- 処理温度および時間: 75°C, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 (min)
- 潤滑剤: 脂肪酸系 L1, ステアリン酸ソーダ石けん L2, 牛脂酸カリ石けん
- 乾燥温度: 20, 100, 150°C
- 保持時間: 30 min.

2.2 実験方法

試験材は脱脂→酸洗→水洗→造膜処理→水洗→潤滑処理→乾燥の順に処理し、アムスラー試験機に取りつけた引抜き装置 (引抜き速度 0.3m/min) により、Table 2 に示す。引抜き工程で実験を行なつた。

一方加工前後における被膜重量および被膜組織について、前者はクロム酸で被膜を除去し、その重量差から求め、後者はスンプ法により顕微鏡で観察した。

3. 実験結果

3.1 被膜重量におよぼす諸因子の影響

鋼管に磷酸亜鉛系の被膜処理を行なう場合、溶液の劣化を防ぐため、素材はあらかじめ酸洗を行なつて熱間工程で発生したスケールを除く。Fig. 1 は 10% H_2SO_4 溶液を 60°C に加熱した状態で酸洗したものについて、