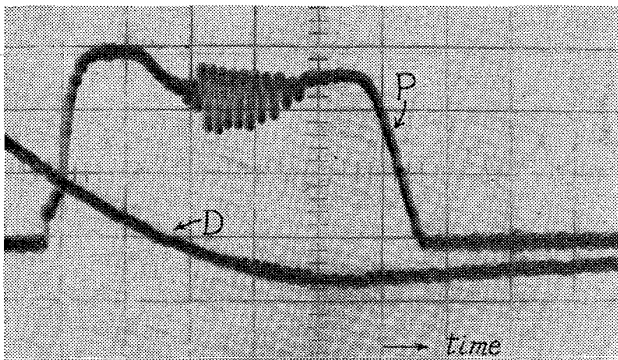


Fig. 3. Relation between maximum extrusion pressure and extrusion ratio. (Extrusion temperature: room temperature (20°C) Impact velocity: 7.1m/s, Lubricant: OWS).



Material: SUS27, Preheat temperature of billet: 700°C
Extrusion ratio: 2, Impact velocity: 7.1m/s,
Lubricant: OWS.

Photo. 2. An example of extrusion pressure (P) and relative displacement (D) vs. time curves.

出比の関係が S15C のときと同様 (1) 式の関係が成立つものと考えてそれぞれ二点を結んだが、直線を押出比 3 まで延長するといずれの場合も 180 kg/mm² 以上になり、押出しが困難であることがわかる。S15C, S20C で焼きなましをしたものはいずれの押出比についても若干焼きなまししなかつたものより押出圧力は小さくつており、その割合は押出される前の両者の硬度の割合に

かなりよくあつていた。

3. 押出圧力における異常現象

Photo. 2 に SUS27 を 700°C で押出した測定例を示す。この場合押出しの途中で押出圧力が振動している。この異常現象は Fig. 1 の衝撃速度 7.1m/sec, 押出比 2, 潤滑剤 OWS で押出した場合, S20C の 500°C, および SUS27 の 400, 900°C 以外の予熱温度のさいにあらわれた。また S20C では潤滑剤 hot forging compound B を用いた, 500°C, 550°C, また SUS22 で同じ潤滑剤で押出比 2 で 400, 500, 550, 600°C で押出した場合にもあらわれた。押出圧力に, Photo. 2 のような振動があらわれたものには, 押出されたものにびびつたあとがみとめられ, 振動の数とびびりの数と丁度一致しており, びびりが生じるために押出圧力が振動するものと考えられる。

IV. 結 言

室温から 900°C の温度範囲にわたつて, 鋼の衝撃押出しを行ない, 押出圧力, 相対変位を測定して考察を行ない, つぎのことがわかつた。

(1) 最大押出圧力には, 0.2% C 鋼では 500°C 附近にピークがあり, これは青熱脆性範囲に相当するものと考えられる。また 13% Cr 鋼では 850°C 附近に相変態によると考えられるピークがあらわれた。18-8 オーステナイトステンレス鋼の場合は室温から 900°C の間でこのようなピークはあらわれなかつた。

(2) ある押出条件のもとで, Photo. 2 に示したように押出圧力に振動が生じ, その振動の数は押出された材料の表面に残っているびびりのあとの数に一致していた。

文 献

- 1) 河田, 鈴木, 武内, 池田, 隈部: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 493
- 2) 河田, 鈴木, 武内, 池田, 隈部: 鉄と鋼(投稿中)
- 3) 河田, 武内, 池田, 隈部: 塑性と加工(投稿中)
- 4) 鉄鋼技術共同研究会編: 圧延理論と変形抵抗 (1960), p. 114 [誠文堂新光社刊]
- 5) 橋爪: 塑性と加工, 4 (1963) 34, p. 733

621.774.31621.777.0111621.777.0143

(179) ストレッチ・レデューサーにおける圧延トルクの測定結果について

住友金属工業, 鋼管製造所 No. 64341
三瀬真作・高井岩男・井上陸夫・松木則夫
〃 中央技術研究所 林 千博

On Measured Results of Rolling Torque in Stretch Reducing Mill. Photo-2053

Shinsaku MISE, Iwao TAKAI, Mutsuo INOUE,
Norio MATSUKI and Chihiro HAYASHI.

I. 結 言

ストレッチ・レデューサーでは, パイプ絞り過程においてパイプ軸方向に引張り力を加えて圧延する。この引張力はロール回転数比を変えることにより変わり, それに応じて肉厚変化が定まる。この変形は長さ, 外径, 肉厚が変る 3 次元変形であり, また時には 20 数スタンド

を用いる連続多スタンド式でスタンド間のパイプに働く引張応力の測定も困難なため、実験例も皆無であり変形を応力解析により求めることは現状ではできない。

本実験はストレッチ・レデューサーにかんする実験の第一段階としてロール回転数を変えた場合の各スタンド間での平均肉厚の変化、ロール接触弧内の肉厚変化および圧延トルクを測定したものである。

II. 実験概要

1. ストレッチ・レデューサー

実験に用いたストレッチ・レデューサーは住友金属工業(尼崎)第一製管工場のもので、諸元は Table 1 に示す。

2. 圧延条件

圧延ロールとして A, B ロールを用いた。外径リダクションは A ロールが Max. 7.5% であり、B ロールは Max. 5.5% のものである。実験には母管径 130φ を用い、60.8φ に仕上げた。再加熱炉温を 930°C に設定し冷母管のまま再加熱炉に装入した。在炉時間は 7~18 min で抽出パイプ温度目標 900°C とした。レデューサーかみ込み直前に高圧水によるデスクーリングを行なつ

たため、かみ込み温度の測定はできなかつた。

ロール回転数はパイプ肉厚不変を仮定して求める方法にはよらず、NEUMANN, HANCKE の Stretch reducing 理論により求めた。実験は三種類のロール回転数比について行なつた。Full stretch 段取とは各スタンドで最大軸方向応力が働いていると仮定して伸びを計算し、これより求めた回転数である。Semi-stretch および Sinking 段取とはパイプ軸方向応力として Full stretch 時の 80%, 65% を仮定して求めたロール回転数をいう。(Table 2 参照)

3. 圧延材料

レデューサーにおいてパイプを圧延途中で止めて肉厚変化を求めた実験(ストップ材試験)については 0.12% C 鋼を用いた。トルクの測定には材質について 0.12% C 鋼, 0.40% C 鋼および 2 1/4 Cr-1 Mo 鋼, 肉厚について 4, 6, 8mm の熱間仕上管を用いた。

4. 測定法

圧延トルクの測定はロールを駆動するシャフト表面に軸に 45° 方向にストレンゲージをはつてスリップリングにより 4 ゲージ結線法でヒズミを検出し、ペンオシロ

Table 1. Stretch reducing mill.

Main motor	Capacity rpm	1000 kW A. C. 900 rpm
Stretch reducing mill	Roll type Number of stand Roll size (dia×width) R. P. M.-adjust method	3 roll 24 stands 330φ×125 l, 135 l Thoma pump & motor+Differential gear
Mother tube	Diameter Wall thickness	130φ~89.1φ 12 t~3.5 t
Finished tube	Diameter Wall thickness	101.6φ~34φ 12 t~3.2 t

Table 2. Roll caliber and roll r. p. m. used in test.

Roll Item Stand No.	A roll series									B roll series					
	Caliber dia φ	Reduction %	Full stretch		Semi-stretch		Sinking		Caliber dia φ	Reduction %	Super stretch n	Full stretch		Semi stretch n	
			Zm	n	Zm	n	Zm	n				Zm	n		
1	124.6	4.2	0.10	50.5	0.06	59.25	0.16	66.75	125.3	2.3	49.0	0.08	60.0	70.0	
2	119.0	4.0	0.35	53.0	0.24	61.5	0.18	67.75	118.4	5.5	55.0	0.35	63.95	72.0	
3	111.8	6.1	0.60	58.0	0.50	64.75	0.38	70.75	111.9	5.5	62.0	0.58	69.25	74.0	
4	103.4	7.5	0.71	63.5	0.57	69.25	0.43	73.75	105.7	5.5	69.0	0.66	74.0	77.0	
5	95.7	7.5	0.73	68.75	0.58	73.5	0.44	77.0	99.9	5.5	75.0	0.71	78.25	80.0	
6	88.5	7.5	0.74	75.0	0.59	78.25	0.44	81.0	94.7	5.25	80.0	0.71	82.5	84.0	
7	81.8	7.5	0.75	82.0	0.60	83.75	0.45	85.25	90.0	4.95	86.0	0.71	87.0	87.0	
8	75.8	7.35	0.76	90.0	0.61	90.0	0.46	90.0	85.8	4.7	92.0	0.71	91.5	90.0	
9	70.8	7.25	0.77	99.0	0.62	97.0	0.46	95.0	82.0	4.45	99.0	0.71	96.0	94.0	
10	65.4	7.0	0.78	109.0	0.62	105.5	0.47	100.5	78.5	4.25	106.0	0.71	101.0	98.0	
11	62.1	5.0	0.69	116.0	0.55	109.5	0.41	104.5	75.2	4.2	112.0	0.71	106.0	103.0	
12	61.1	1.4	0.34	117.0	0.27	110.5	0.20	105.5	22.0	4.2	119.0	0.715	111.0	107.0	
13	60.8	0.5	0.07	119.0	0.06	111.0	0.04	106.0	69.1	4.0	125.0	0.72	117.0	113.0	
14	60.8	0	0	120.0	0	112.0	0	107.0	66.4	3.9	131.0	6.72	123.0	118.0	
15	Zm: Mean stretch coefficient Zm = σ _{lm} /K _f σ _{lm} : Mean axial stress K _f : Resistance to deformation n: Roll rpm									63.8	3.9	137.1	0.71	129.0	123.0
16										62.1	2.6	142.0	0.56	133.0	127.0
17										61.1	1.4	146.0	0.29	135.0	130.0
18										60.8	0.8	149.0	0.08	136.0	132.0
19										60.8	0	150.0	0	137.0	133.0

グラフに記録してトルクを求めた。ロール回転数は各スタンドのタコメータ軸に黒白の帯を巻き、反射光をパル

スとして電子カウンターの積算値より求めた。

III. 測定結果

1. 肉厚変化測定結果

Full stretch, Semi-stretch, Sinking 段取に応じてパイプの圧延過程で受ける軸方向引張応力が異なるので、肉厚変化は異なってくる。そこでストップ材につき各スタンドでの平均肉厚およびロール接触弧内の肉厚変化について求めた。測定結果を外径減少率と肉厚変化率の関係として示した Fig. 1 によれば、ロール回転数計算時に応力より求めた肉厚変化ほどには肉厚は薄くならず、肉厚の厚いほうにずれている。これはパイプ軸方向引張応力が計算に仮定したほど大きくかからないことを示す。

ロール接触弧内の肉厚変化測定結果によると、レデューサーによる肉厚変化はロール接触弧内で大きく変り、スタンド間の肉厚変化は一般には大きくなく、肉厚測定の精度より考えて変化しないと考えるよい。

なおストップ材の伸びより NEUMANN, HANCKE の式を用いて各スタンドでの平均応力を求めた結果では、No.4 スタンドでほぼ安定した軸方向応力となり No.11 スタンド以後 0 に急減する。軸方向引張応力 σ_l は Full stretch 時 ($0.60 \sim 0.70$) K_f , Semi-stretch で ($0.45 \sim 0.52$) K_f , Sinking で ($0.32 \sim 0.42$) K_f で回転数計算に仮定した値の 82~85% であつた。ここに K_f は圧延温度での変形抵抗を示す。

2. 圧延トルク測定結果

チャートより各スタンドにかみ込んでゆく時の衝撃トルクおよび定常トルクを求めた結果を Fig. 2~4 に示す。どの段取とも No.4~10 スタンドでは定常トルクは漸増し No.10~11 で Max. となりその後のスタンドで急減する。同一ロール回転数の場合、母管肉厚が異なると Fig. 2 にみるごとく圧延トルクはほぼ肉厚に比例して変化する。また材質をかえた場合も Fig. 3 が示すように、変形抵抗が 0.12% C 鋼から 2 1/4 Cr-1Mo 鋼へと大きくなるにつれて圧延トルクは増大する。同一母管でロール回転数をかえた場合は Fig. 4 にみるごとく Full stretch 段取では No.1~3 スタンドでは圧延トルクはマイナスであり、ロールはパイプにブレーキをかけて軸方向引張力を大きくしている。なお衝撃トルクは Sinking より Full stretch 段取のほうが大きい、これは後者のほうがかみ込み時の Back tension が大きいためである。

3. 各スタンド間引張応力の推定

レデューサーではパイプが圧延中受ける引張応力がきわめて重要であるが、圧延トルクの測定のみからは厳密には求められない。そこで圧延力によるトルクはかみ込み時も定常圧延時も同一であると仮定して求めた。この仮定は引張

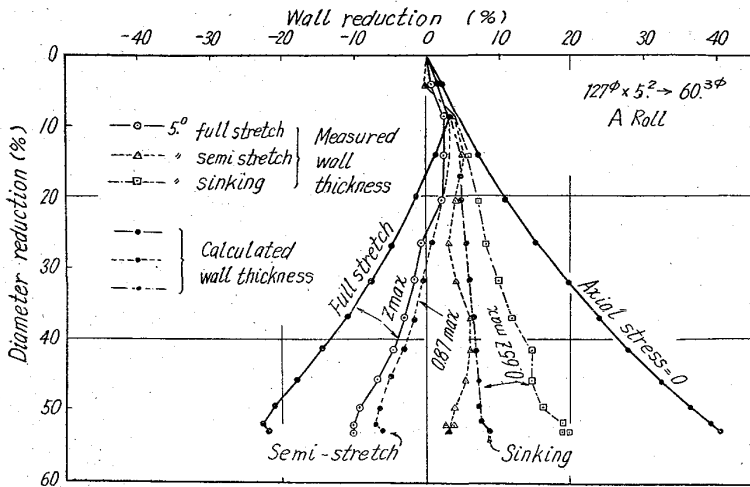


Fig. 1. Comparison of wall thickness change between calculated and obtained from experiment.

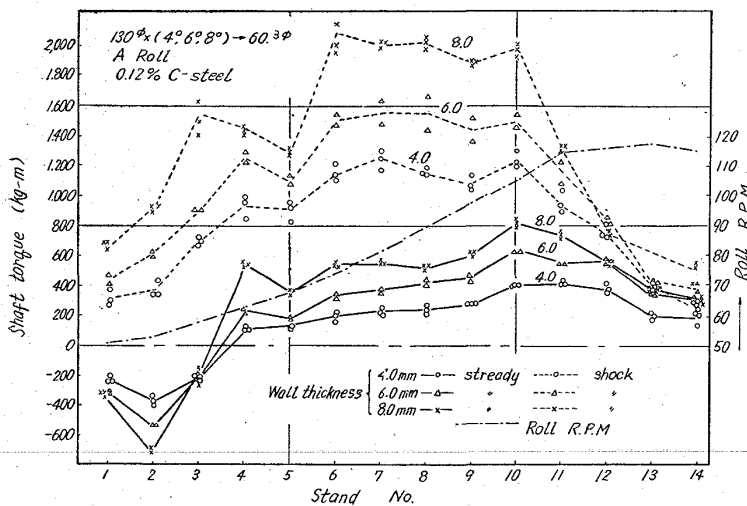


Fig. 2. Change of rolling torque distribution due to wall thickness of mother tube.

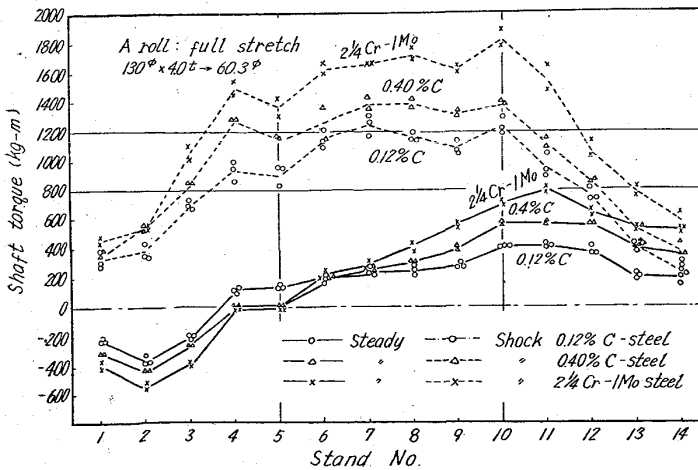


Fig. 3. Change of rolling torque distribution due to material of mother tube.

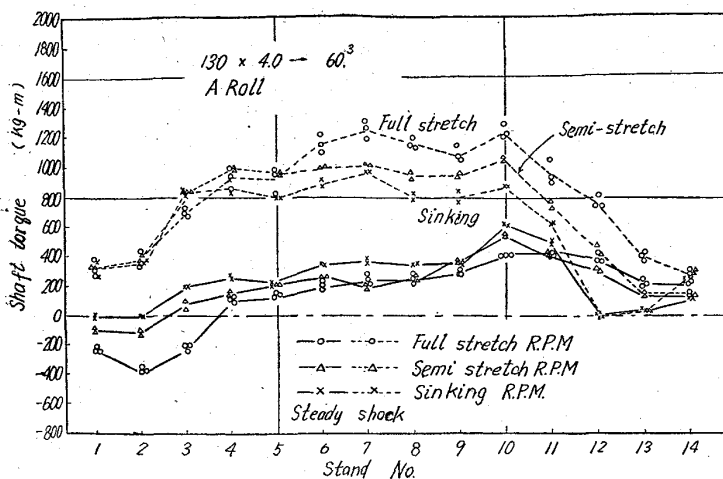
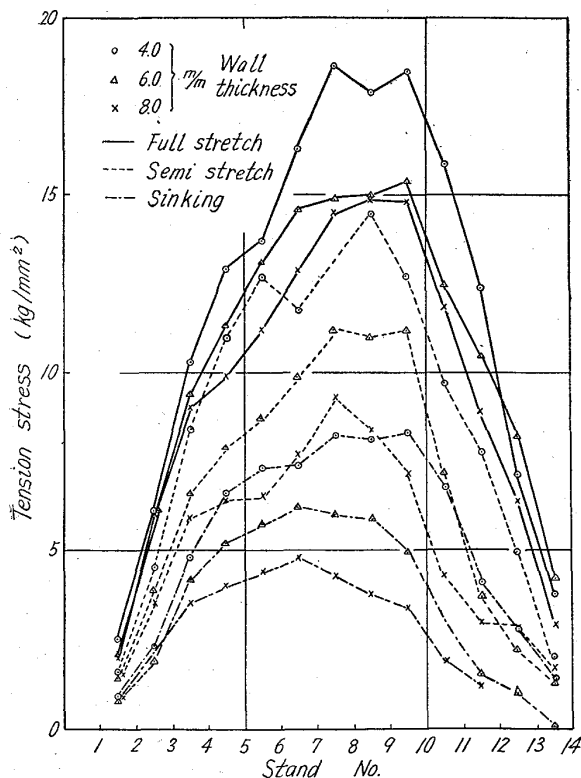


Fig. 4. Change of rolling torque distribution due to roll r. p. m.



(Obtained from experiment, assuming that torque due to rolling force is constant.)

Fig. 5. Tension stress between stands.

力による圧延力の減少、管端厚肉現象およびトルクアームの変化を無視したものだが引張応力の分布を知るに役立つ。これに基づいて計算した結果を図示した Fig. 5 によればいずれの段取でも No. 7~10 スタンドで最大引張応力を生じ、薄肉管のほうが厚肉管よりも応力が大きい。Full stretch 段取の薄肉では引張応力は約 18 kg/mm² に達する結果をえた。

4. 変形抵抗

(i) 形状変化係数による方法

形状変化係数²⁾を用いて母管を仕上管まで変形するに

要する仕事 A_T はつぎの式であらわされる。

$$A_T = V \cdot K_f \cdot (1.5 + 2\nu_m^2) \phi_1 / \sqrt{3(\nu_m^2 + 0.75)}$$

ここに V : 体積, K_f : 変形抵抗, ν_m : 平均形状変化係数, ϕ_1 : 軸方向の対数変形量である。パイプ変形に要した仕事をトルク, ロール回転数, 圧延時間より求め上式より変形抵抗 K_f を求めた結果によると, 0.12% 鋼で $K_f = 22 \sim 30 \text{ kg/mm}^2$, 0.40% C 鋼で $25 \sim 32 \text{ kg/mm}^2$, 2¹/₄Cr-1Mo 鋼で $K_f = 36 \sim 40 \text{ kg/mm}^2$ となつた。

(ii) 第 1 スタンドかみ込みトルクによる方法

第 1 スタンドへのかみ込みトルクは Tension が働いていないので, かみ込みトルク T_{1S} はつぎの式で求まる。

$$T_{1S} = \pi t_0 K_f (2x l_a^2)$$

ここに t_0 : 母管肉厚, l_a : 投影接触長さ, $x l_a$: 圧延力によるトルクアームを示す。この式は実用上しばしば用いられるので, この式による変形抵抗を知ることは重要である。 $x = 1/2$ と仮定して変形抵抗を求めると 0.12% C 鋼で $K_f = 20 \sim 29 \text{ kg/mm}^2$, 0.40% C 鋼で $23 \sim 28 \text{ kg/mm}^2$, 2¹/₄Cr-1Mo 鋼で $30 \sim 42 \text{ kg/mm}^2$ となり形状変化係数で求めたものとはほぼ一致するとみてよい。

IV. 結 言

パイプ・レデュースングに関する実験として, ロール回転数比をかえて肉厚変化を求め, 仮定を用いてスタンド間引張応力を推定し変形抵抗を求めた。しかし引張力はロール摩擦係数に大きく依存し, それに応じて最大引張力の限界が定まるがこれを求めるにはロール接触弧内の応力解析が必要である。ロール接触弧内の解析, 摩擦係数による最大引張力の限界の変化およびそれに応じた肉厚変化の差異の解析については別途報告する。

文 献

- 1) NEUMANN u. HANCKE: Stahl u. Eisen. (1955) 22, 1452~1460
- 2) 岡本豊彦: 住友金属, 4 (1952) 4, p. 411~423

621,771,063,016,3:539,557
(180) 4 段冷間圧延機の剛性について
東洋鋼鉄, 下松工場

○久能 一郎・御園生一長
On the Mill Spring in 4-High Cold Mill.

No. 64342
Ichiro KUNO and Kazunaga MISONOO.

I. 緒 言 PP2053~2055

板厚は圧延材の塑性特性, 圧延機の弾性特性が釣り合った状態で決まるため, 両特性に影響をおよぼすいろいろの因子によつて変動する。圧延機の弾性特性は圧延機を構成する各部分の変形量により決定されるため, 生産用圧延機で各部分の変形量を測定し, ミル剛性におよぼす影響, ミル剛性の簡単な求め方について考察した。

II. 測定圧延機

1. 5 基連続 4 段冷間圧延機