

鍛接鋼管の内面角張り現象とその対策

平岡 宣昭*・秋山 雅義*²・井上 誠*³

Reduction of the Polygonization in Continuous Butt-weld Pipe Rolling

Nobuaki HIRAOKA, Masayoshi AKIYAMA, and Makoto INOUE

Synopsis:

This paper describes the method for eliminating the polygonization of thick-wall steel tube in a reducing mill.

(1) Roll-r.p.m. pattern which realizes the stretch pattern corresponding with O.D. reduction distribution in reducing stands.

(2) Roll caliber which satisfies such a condition that the sum of O.D. reduction in two adjacent stands is constant at arbitrary point on tubular circumference.

These two made it possible to produce the steel tube which has no polygonization even in thick-wall size (for example, butt-welded pipe of $48.6\phi \times 8.5t$ or $60.5\phi \times 8.5t$) and to increase the rolling yield.

1. 緒 言

鍛接管の高級品化を目指して、和歌山製鉄所鍛接管工場において厚肉材料管が製造開始されたが内面角張り¹⁾が問題となり、昭和54年春よりその対策を検討してきた。

当工場で製造される7mm厚以上の厚肉材料管は、設備能力上の制約により、7mm厚の帯鋼から増肉製管せざるを得ず、このため絞り圧延過程で偏肉が発生し管内面が四角状になりがちである。厚肉材料管は客先で一般的には抽伸加工されることが多く、角張りが存在すれば抽伸後に内面筋疵が残るため問題であり、角張り対策は材料管の歩留り向上、品質向上、製管範囲の拡大のためにも解決しなければならない大きな技術課題であつた。

このたび、角張り対策として、増肉製管時に楕円孔型ロールにおいて必然的に生ずる管周方向の偏肉を次のスタンドで巧みに相殺し、連続2スタンド一対で角張り、偏肉をなくしていくという考えに立脚した、新しいロール回転数パターンとロール孔型の設計法を開発し、中研でのモデル実験を経て現場適用を行い、良好な結果を得たので以下に報告する (Fig. 1)。

なお当報告で述べる偏肉防止の考え方は、他のレデュ

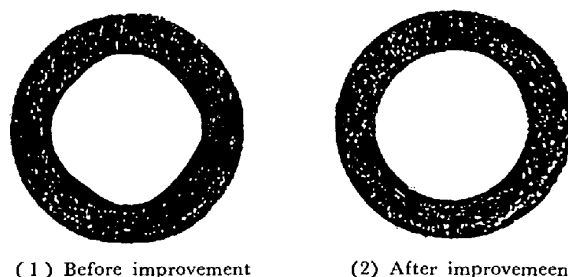
ーサーにも応用し得るものであると考えている。

2. 内面角張りの原因

複数スタンドの絞り圧延ミルにおける角張りの発生原因を考察するに先立つて、まず単スタンドで起こる管の変形について述べてみたい。

2.1 単スタンドでの変形

鍛接管ミルはV-H交互に配列された孔型ロールにより、スタンド間張力を加えつつ外径絞りをを行う絞り圧延機 (スタンド数は鹿島14, 和歌山12) であり、その孔型はロール疵の発生を防ぐため楕円形になつている。そのため Fig. 2 に示すごとく、単スタンド絞り圧延において周方向に外径絞り率の不均一分布が生ずる。これは



(1) Before improvement (2) After improvement

Fig. 1. State of polygonization.

昭和56年3月9日受付 (Received Mar. 9, 1981)

* 住友金属工業(株)海南鋼管製造所 (Kainan Steel Tube Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 260-100 Funao Kainan 642)

*² 住友金属工業(株)中央技術研究所 (Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

*³ 住友金属工業(株)和歌山製鉄所 (Wakayama Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

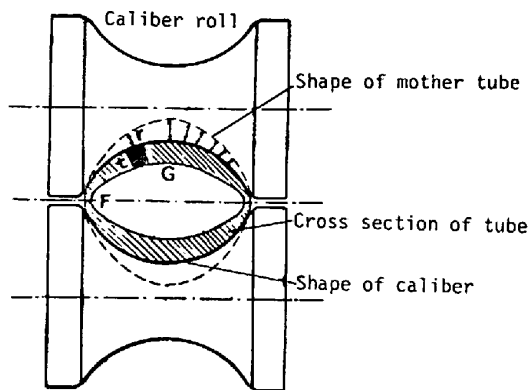


Fig. 2. Distribution of outside-diameter reduction in oval caliber.

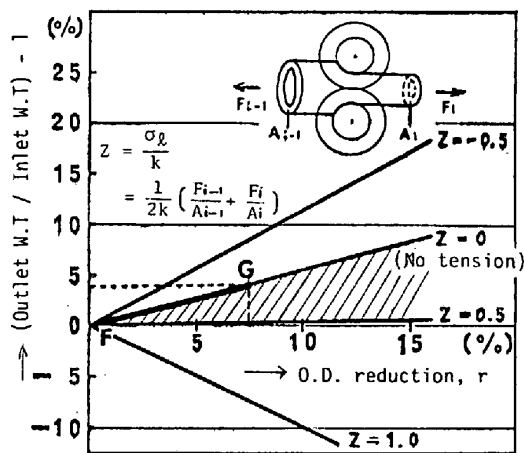


Fig. 3. Effect of outside-diameter reduction on wall thickness.

以下に述べるように管周方向の偏肉を引き起こす。

Fig. 3 は外径絞り率, ストレッチ係数と素管からの増肉率との関係を示す理論計算結果である。(図中, σ_1 は軸方向平均応力, k は材料の変形抵抗を意味する) たとえばストレッチ係数 $Z=0$ (ノーテンション) の下で絞ればフランジ部 F から溝底部 G に至るまで肉厚漸増のパターンとなる。

$Z > 0.5$ の場合は肉厚漸減パターンとなるが, いずれの場合も $Z=0.5$ 以外は外径絞り率の不均一分布に応じて管周方向の偏肉が生ずる。Fig. 4 は鉛パイプを用いた実験の結果であり, このことをよく立証している。(図中, t_0, t_1 はそれぞれロールスタンド入口, 出口での材料の平均肉厚を意味する)

今回対象の厚肉材料管の仕上げ厚は帯鋼厚より厚いため, ミルで増肉製管 ($Z < 0.5$) せざるを得ない。従つて Fig. 3, Fig. 4 をまとめると下記のような。

- (1) 増肉製管の条件下では, 外径絞り率が大きいほど肉厚が厚くなる。溝底部肉厚 $t_G >$ フランジ肉厚 t_F
- (2) 増肉製管の条件下では, ストレッチが小さいほ

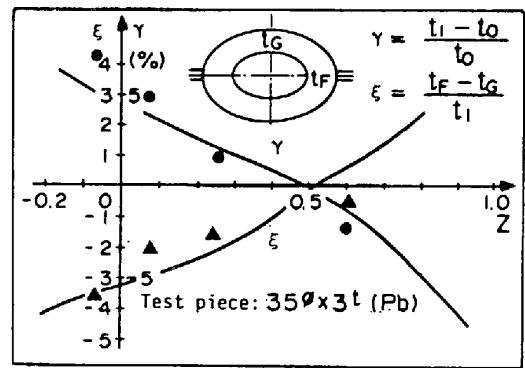


Fig. 4. Relationship between stretch coefficient and polygonization.

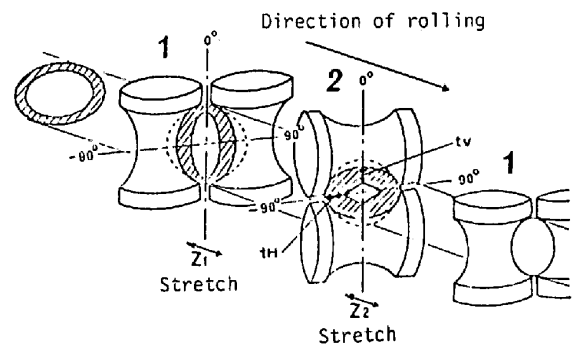


Fig. 5. Deformation of tube in reducing-mill.

ど溝底部肉厚 t_G および偏肉率 ξ が増加する。

単スタンドで発生するこのような偏肉に, 90 度位相のずれた隣接スタンドでの偏肉が重畳されて, 内面角張りに発展するのであるが (Fig. 5), その点をもう少し詳細に述べてみよう。

2.2 連続スタンドでの角張り発生メカニズム

単スタンドで発生する内面楕円形の偏肉が, 連続 2 スタンドで角張りに変化するメカニズムを Fig. 6 に示す。上流側垂直ロールを 1, 下流側水平ロールを 2 で表すと, 従来のシングルラディアスのロール孔型では連続 2 スタンドの外径絞り率の和は 45 度方向で最大となる。もし, ケース Aのごとく両スタンドのストレッチ係数が等しければ, 増肉率は 45 度方向で最大となり正方形の角張りとなる。ケース Bのごとく, 両スタンドのストレッチ係数の値がアンバランスの場合, ストレッチ係数の低いスタンドでの増肉率が大きくなり, 菱形の角張りとなる。(図中, Q は菱形角張りの程度を示すパラメータであり, 後述)

2.3 角張り程度を表わすパラメータの導入

Fig. 6 から推察されるように, 周方向の偏肉は Z の影響を受ける 0 度および 90 度方向の肉厚成分 (t_v および t_h) と, 孔型形状の影響を受ける 45 度方向の肉厚成分 (t_M) に分けられる。したがつてストレッチ係数 Z に

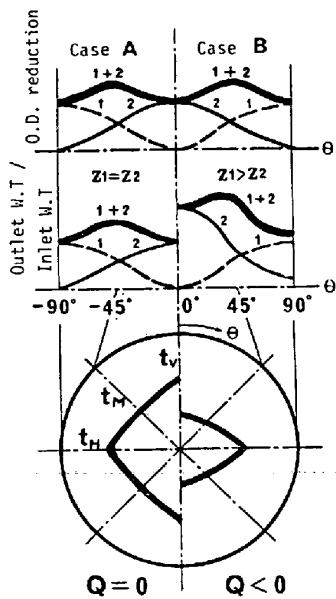


Fig. 6. Polygonization mechanism.

よつて、下記に定義するところの菱形度 Q がコントロールでき、また孔型形状により角張り度 S がコントロールできることが想像できるであろう。

$$\text{菱形度: } Q = \frac{t_V}{t_H} - 1$$

$$\text{角張り度: } S = \frac{t_M}{\frac{t_V + t_M}{2}} - 1$$

$Q=0$ かつ $S=0$ が角張りなしの条件であり、それ以外の条件では偏肉が存在する。

3. 内面角張り対策

菱形度 $Q=0$ 、かつ角張り度 $S=0$ を隣接 2 スタンドにて満たすことを当角張り対策の基本方針とする。

3.1 菱形度の改良 (ロール回転数パターンの変更)

Fig. 6 からわかるように、菱形度 $Q=0$ となるためには $t_V=t_H$ であればよい。フランジ部では外径絞りはほぼ 0 で、大きな肉厚変化がないため、 t_H は上流垂直スタンド圧延後の溝底肉厚に等しく、 t_V は下流水平スタンド圧延後の溝底肉厚に等しい。それゆえ、隣接スタンドで溝底肉厚を一定に保つことができれば、菱形度 $Q=0$ で実現できることになる。

Fig. 7 のごとく、各スタンドでは平均外径絞り率は異なっているが、隣接スタンドで常に溝底肉厚を一定に保つには、Fig. 3 からわかるように、外径絞り率の大小に応じてストレッチ係数を変化させればよい。

以上より菱形度 $Q=0$ (方形角張り) を実現するには、

- (1) 外径絞り率に対応したストレッチ配分とする。

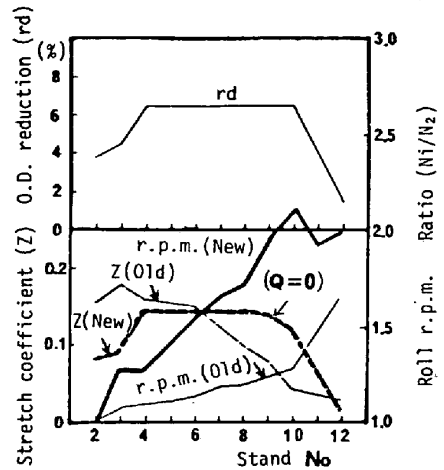
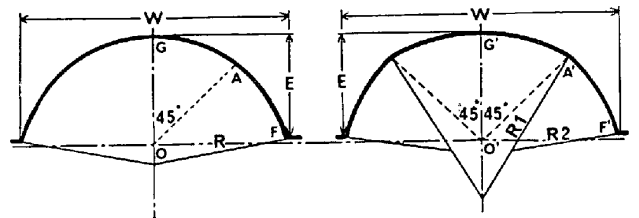


Fig. 7. Improvement of roll-r. p. m. pattern.



(1) Conventional caliber (2) New Caliber ($S=0$)

Fig. 8. Improvement of roll caliber.

(2) かつ、仕上げ肉厚が目標肉厚となるようにトータルストレッチを決定する。

このようにして決定したストレッチパターンから、新ロール回転数設定パターンを計算した⁴⁾⁵⁾。

3.2 角張り度の改良 (ロール孔型設計)

ロール孔型の改良によつて角張り度 S を 0 にする方針をとつた。

Fig. 8 に示すように、旧孔型では A 点の外径絞り率が F 点と G 点の外径絞り率の和の 1/2 以上であるため、連続 2 スタンドを考えると、45 度方向の肉厚が他に比べて厚くなり、角張り度 $S \neq 0$ となる。

$S=0$ を実現するためには、隣接スタンドの外径絞り率の和が、管周上の各点で一定であればよい。

新孔型の基本的考え方をまとめると、

- (1) 咬み出しへの配慮から、溝幅 W 、溝高さ E は従来どおり。
- (2) A' 点の外径絞り率は F' 点と G' 点の外径絞り率の和の 1/2。
- (3) 上記条件を満たすようなダブルラディアスの孔型の採用。

であり、新孔型は 45 度方向の外径絞りを減じた鏡餅に似た形である。

3. 製造結果

Fig. 9 に増肉製管時の製造実績を示す。使用した帯鋼

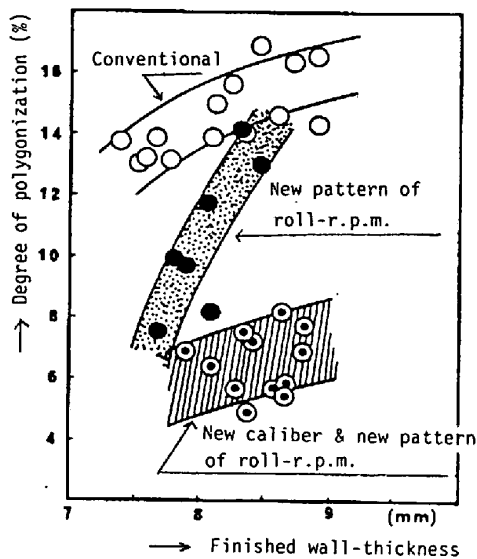


Fig. 9. Effect of various improvements.

厚は7mmであり48.6φの外径に仕上げた時の例である。ロール回転数設定とロール孔型の改良により、内面角張りがほぼ解消され、偏肉率((max肉厚-min肉厚)/平均肉厚)が大幅に減少した。

ロール回転数の改良だけの場合、菱形度 Q は改善されるが、角張り度については、7mm厚の帯鋼からの増肉量に従って悪化せざるを得ず、よって厚物では偏肉率の増大を来す。

新ロール回転数パターンと新孔型とを併用した結果、角張り度 S も改善され、偏肉率は実用上問題のない域に達した。

この製造結果は外径絞り率の高い中央6スタンドに適用した結果であり、その後、全スタンドに新孔型を適用して一層良好な結果を得ている。

なお、鍛接管ミルでは同一外径の管は、肉厚が異なる場合でも同一孔型で圧延するので、一般の肉厚での製管に新孔型が通用するが否かが注目されたが、成品寸法、品質面で何ら問題はなかつた。

5. 結 言

肉厚鍛接材料管の内面角張り問題に対し、角張り発生の原因を追求するとともに、菱形度と角張り度の両面から偏肉を改善する方法を見出し、これをベースにロール回転数パターンとロール孔型の改良を実施した結果、角張り偏肉を従来の1/2~1/3にまで低減することができ、圧延歩留り向上、品質向上に貢献した。また、本報告の方法の適用により、以下の寸法までの成品の安定製造が可能になった。

48.6φ×8.5t

60.5φ×8.5t

これによつて、増肉製管領域においても角張りをなくす技術が確立されたので、今後製管範囲特に小径厚肉側の範囲を拡張する上での大きな技術的障害は取り除かれたものと考えられる。

生産性に優れ安価で製造可能範囲も大きいという原管上の特長と加工性がよく抽伸前処理としての熱処理が不要でかつ高いリダクションがとれるという加工上の特長を兼ね備えた小径厚肉の鍛接材料管は今後大いに期待のもてる分野と考えられる。今回の成果を生かしより安定した品質の鍛接材料管を供給して行きたい。

文 献

- 1) Von H. BILLER: Sonderdruck aus "Technische Mitteilungen" Heft 10, Oktober 1967 (60. Jahrgang), Seciten 418
- 2) J. S. PROCTOR and C. JUBB: JISI, Feb(1973), p. 115
- 3) 第3版鉄鋼便覧Ⅲ(2) 日本鉄鋼協会編, p. 1043 [丸善]
- 4) 平岡宣昭: 鉄と鋼, 64(1978) 4, p. 274
- 5) N. HIRAOKA, C. HAYASHI, T. KIKUCHI, Y. OHASHI, I. YAMASAKI, and K. NISHIMOTO: Iron Steel Eng. Aug. (1980), p. 37