

シームレス傾斜圧延機におけるドライブローラー式ガイドシューの開発*

川崎製鉄技報
21 (1989) 1, 13-18

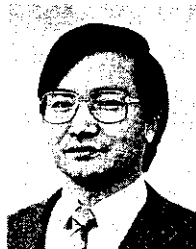
Development of Drive Roller Shoes in Cross Helical Rolling Mill for Seamless Steel Pipe



高橋 一成
Kazunari Takahashi
知多製造所 製造部鋼管技術室



横山 栄一
Eiichi Yokoyama
知多製造所 製造部鋼管技術室 主査(部長)



小高 幹雄
Mikio Kodaka
知多製造所 製造部小径溶接管課 主任 部員(掛長)



香川 正弘
Masahiro Kagawa
知多製造所 設備部設備技術室 主査(課長補)



小林 照夫
Teruo Kobayashi
知多製造所 設備部設備技術室 主査(掛長)



金成 昌平
Shōhei Kanari
鉄鋼研究所 鋼材研究部鋼管研究室 主査(掛長)

1 緒 言

継目無鋼管の傾斜圧延機には、圧延素管の外径制御や振動を防止する目的で、固定式のガイドシュー（固定シュー）が用いられている。しかしながら、この固定シューは、高温の圧延素管と100%の滑り摩擦で接触するため、焼付や局所的摩耗が生じ、(1)素管の外表面疵発生、(2)シューの手入および交換による生産性低下、(3)シュー原単位増加等の問題点を有する。近年、高合金等の高付加価値製品の需要が増加しつつあり、これらの問題点の解決は重要な課題となっている。

この対策として従来より、(1)ガイドシュー負荷軽減¹⁾、(2)シュー形状の改善、(3)シュー材質の改善および(4)シュー冷却方法の検討を行ってきたが、十分ではない。この根本的な解決方法としては、滑り摩擦を転がりに変え、相対滑り摩擦そのものの軽減を図ることが考えられる。

要旨

継目無鋼管の傾斜圧延機に用いられる固定式ガイドシューは、高温の圧延素管と滑り摩擦で接触するため、シューの焼付、局部摩耗に起因する種々の問題点を有する。これを解決するため、独自にドライブローラー式ガイドシューを開発し、知多製造所中径シームレス管工場のエロンゲーターに適用した。その結果、(1)シューの焼付、局部摩耗に起因する素管外面疵の減少、(2)シューの手入、交換不要化による稼働率向上、および(3)シュー原単位向上に著しい改善が図られ、従来の固定シューを使用した場合に比べて高品質、高生産性の製造が可能となった。

Synopsis:

In the hot-rolling process of seamless steel pipe by the helical rolling mill using fixed guide shoes, there are some problems due to galling between the shoes and pipe such as (1) occurrence of outside surface defects of pipe, (2) lowering of the operation rate and (3) a decrease in shoe life. To solve these problems, unique drive roller shoes were developed and applied to the elongator in our Medium Diameter Seamless Pipe Plant, Chita Works. As a result, production with high quality and at lower cost has been accomplished.

この1方式として、ディスク型のロータリーガイドシュー（ディスクシュー）が、採用される傾向にある。しかし、このディスクシューは、圧延素管とシューとの滑り摩擦の軽減効果が小さく、また、大型サイズの圧延に適用する際にはディスク径が大きくなるため、現状設備を改造して設置するのは困難であり、サイズ替の設備も大掛りなものとなる。

これに対し、ローラー式のガイドシューを用いれば、比較的小型の設備で大幅な滑り摩擦軽減が可能となる。このような発想の例としては、圧延ロールの左右に各々複数の無駆動ローラーを配置するなどが考えられている^{2,3)}が、実用化には至っていない。当社では、圧延ロールの左右に各々1本のドライブ力を付与したローラーと、圧延ロールとローラーの間にガイドプレートを設置したドライブローラー式ガイドシュー DRS (drive roller shoes) を独自に開発し、知多製造所中径シームレス管工場のエロンゲーターにおいて実機操業化したので報告する⁴⁻⁷⁾。

2 各種ガイドシューの特徴

従来の固定シュー、ディスクシュー⁸⁾ および今回開発した DRS

* 昭和63年11月22日原稿受付

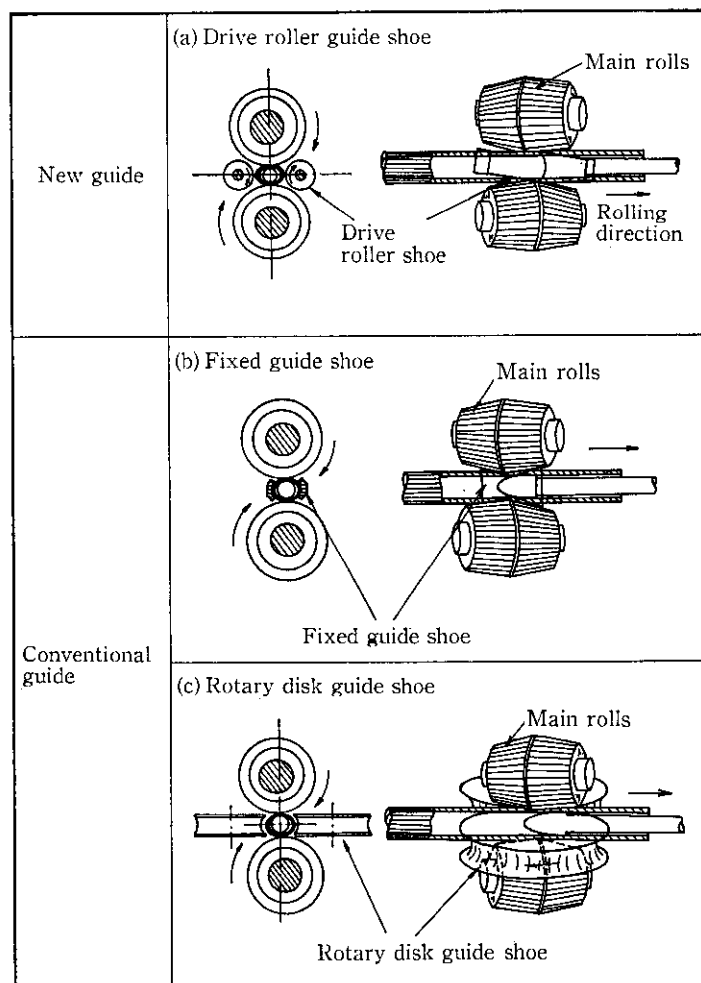


Fig. 1 Schematic diagrams of new roller guide shoes and conventional guides in cross helical rolling mill

Table 1 Relative velocity between shell and shoe in elongator rolling

Type of guide shoe	Direction	Index of relative velocity	$\vec{V}_d$: Velocity of rotary disk shoe $\vec{V}_r$: Velocity of drive roller shoe $\vec{V}_s$: Velocity of shell 11° : Main roll feed angle 5° : Roller shoe feed angle
Drive roller	x	$0.55 (\vec{V}_s - \vec{V}_r / \vec{V}_s \sin 11^\circ)$	
	y	0	
	Total	$0.10 (\vec{V}_s - \vec{V}_r / \vec{V}_s)$	
Fixed	x	1.00	
	y	1.00	
	Total	1.00	
Rotary disk	x	0	
	y	$1.00 (\vec{V}_s - \vec{V}_d / \vec{V}_s \cos 11^\circ)$	
	Total	$0.98 (\vec{V}_s - \vec{V}_d / \vec{V}_s)$	

の概要を Fig. 1 に示す。また、Table 1 にエロンゲーター圧延における素管と各ガイドシューとの相対速度を比較した結果を示す。

固定シューは、圧延素管と 100% の滑り摩擦で接触するのに対し、シューをローラータイプに変更している DRS は、大幅に滑り摩擦が軽減されている。これは、滑り方向として大部分を占める周方向の摩擦が軽減されるからである。また、DRS においては高温の圧延素管とシューとの接触面が連続的に変化するため、シュー表

面の局部的温度上昇に伴う強度低下が抑制され、焼付や局所摩耗の防止に効果があると考えられる。

一方、ディスクシューの場合も、圧延素管とシューとの接触面が連続的に変化するという特徴を有するが、周方向の滑り摩擦がいざんとして 100% であるため、摩擦軽減効果はあまり大きくなく、十分に解決されているとはいえない。

3 DRS の設備構成

DRS 設備の概略を Fig. 2 に示す。ローラーシュウは上下配置の主ロール（本図中では省略）の左右に位置している。駆動は、ボールジョイントおよび減速機を介して、圧延機出側に設置された駆動モーターで行われる。また、ローラーシュウを固定しているシュウベースは、スウィングブロック全体が回転することにより左右に開閉可能となっており、シュウベースごと交換が可能となっている。

DRS の基本仕様を Table 2 に示す。中径シームレス管工場の 7''~16³/₄'' 各圧延サイズに用いるローラーシュウ径 D_s は、次の 3 点を考慮して、195, 260, 350 および 425 mmφ の 4 サイズとした。

- (1) 各サイズの圧延において、最小ゴージ E 、最小シュウ間隔 H を設定した際、ローラーシュウと圧延ロールが干渉しない。
- (2) ローラーシュウと圧延ロールとの間隙を小さくするため、ローラーシュウ径はできるかぎり大きくする。
- (3) できるかぎり共用化を図る。

また、ローラーシュウには 5° の傾斜角を与えている。駆動方式は制御性、安全性を考慮して DC モーターとした。

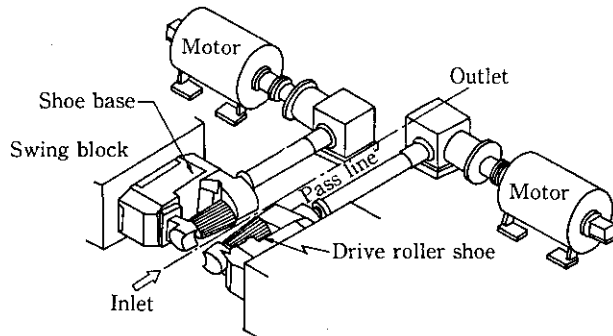


Fig. 2 Schematic illustration of drive roller shoes

Table 2 Specifications of drive roller shoe for industrial use

Roller dia. (mm)	φ 195, φ 260, φ 350, φ 425
Roller feed angle (deg)	5°
Roll material	SCM 435
Drive	D.C. motor 110 kw
Shell dia. of before rolling (mm)	φ 185~φ 378
Shell dia. of after rolling (mm)	φ 199~φ 433

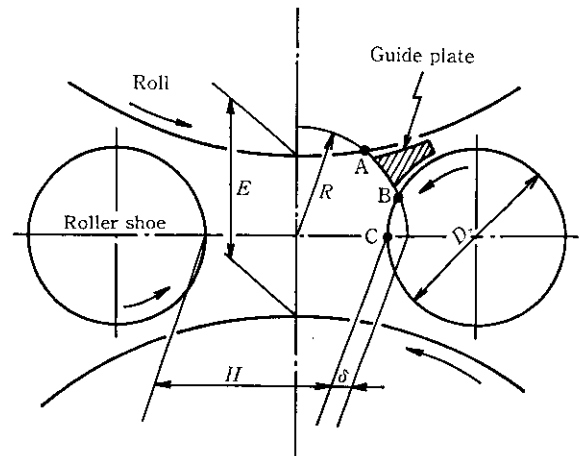
4 本ガイド方式における問題点とその対応策

ローラーシュウを用いた圧延では、薄肉素管の先後端において素管が塑性座屈を起こしフレア状となりやすく、これがローラーシュウと圧延ロールの間隙にはみ出すと、スティッカーや管端割れの原因となる。本技術の実機化は、この解決策を見出すことが重要なポイントであった。ここでは、ローラーシュウと圧延ロールとの間隙へのガイドプレートの設置効果の確認と、ローラーシュウのドライブ力の影響について実験的に調査した。

4.1 ガイドプレートの導入

4.1.1 ガイドプレートの設計

ガイドプレートは、7''~16³/₄'' のサイズにおいて、次の 2 点を考



E : Minimum of gorge
 H : Minimum of shoe distance
 D_s : Diameter of roller shoe
 $R : H/2 + \delta$
 $\widehat{AB}/\widehat{BC} = \text{Const} \rightarrow \delta$

Fig. 3 Sectional view of drive roller shoes

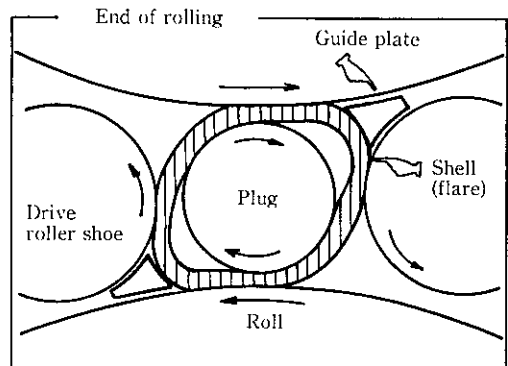
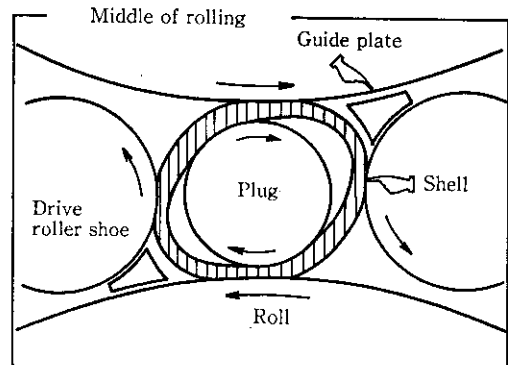


Fig. 4 Layout of guide plate

慮して設計した。

- (1) 各サイズの圧延において、最小ゴージ E 、最小シュウ間隔 H を設定した際、ガイドプレートと圧延ロールおよびローラーシュウが干渉しない (Fig. 3)。

- (2) 嚙止素管および管端フレア形状の調査に基づき、薄肉素管のフレア部のみがガイドプレートと当たり、定常圧延部は接触しない位置とする (Fig. 4)。

これによれば、ガイドプレートと圧延素管の接触は管端部のみの短時間であるため、ガイドプレートの焼付と摩耗を小さくおさえる

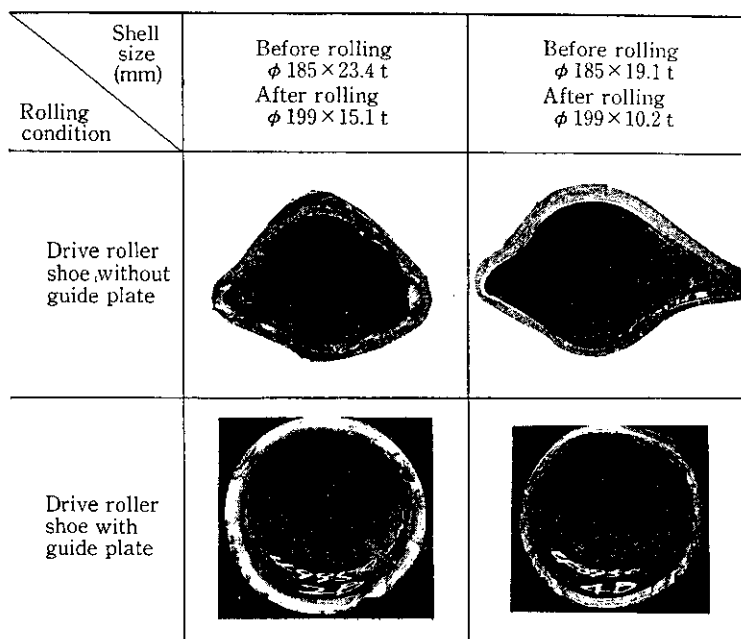


Photo 1 Effect of guide plate on flare at rolling end

ことができる。また、焼付による素管外面疵が発生した場合でも、クランプとして取り除かれる部分であり、製品への影響をなくすることができる。

4.1.2 ガイドプレートのフレア防止効果

管端フレアは、減肉量が増大するほど、圧延素管の肉厚/外径の比が小さくなるほど顕著になる。また、先端部より後端の方が発生しやすい。DRSを用いたエロンゲーター圧延におけるガイドプレートの後端フレア防止効果の一例をPhoto 1に示す。ガイドプレートを設置することにより、フレア発生が防止され、良好な管端形状となることがわかる。

4.2 ドライブ力制御

4.2.1 ドライブ力の概念

エロンゲーター圧延における素管の変形状況をFig. 5に示す。ローラータイプのシュウは、圧延素管と小さな滑りで接している。このため、圧延素管が最も広がっている領域、すなわち、圧延素管からローラーシュウへの反力が最も大きくなっていると考えられる領域において、固着摩擦的な状態で接することが可能であると考えられる。これは、ドライブ力/ローラーシュウ反力の比、すなわち、ローラーと圧延素管表面の摩擦係数が、0.2以上の値となっていることから推察される(Fig. 6)。

Fig. 6にDRSの後端制御例を示す。圧延素管に回転方向と逆向きのトルクがかかるのを防止するため、DRSの設定回転数は、予測される素管の周速よりローラーシュウ周速が早くなるよう、高めに設定されている。一方、圧延中のDRS実績回転数は設定回転数より低くなっているが、これは、ローラーシュウが圧延素管と同調回転していることを示すものである。

したがって、DRSは、Fig. 7に示すように、圧延素管と同調して回転しながら、あらかじめ設定したドライブ力 F をいわば張力として作用させていると考えられる。このドライブ力は、圧延素管とローラーシュウが固着摩擦状態で同調回転しているときに最も有効に伝達される。

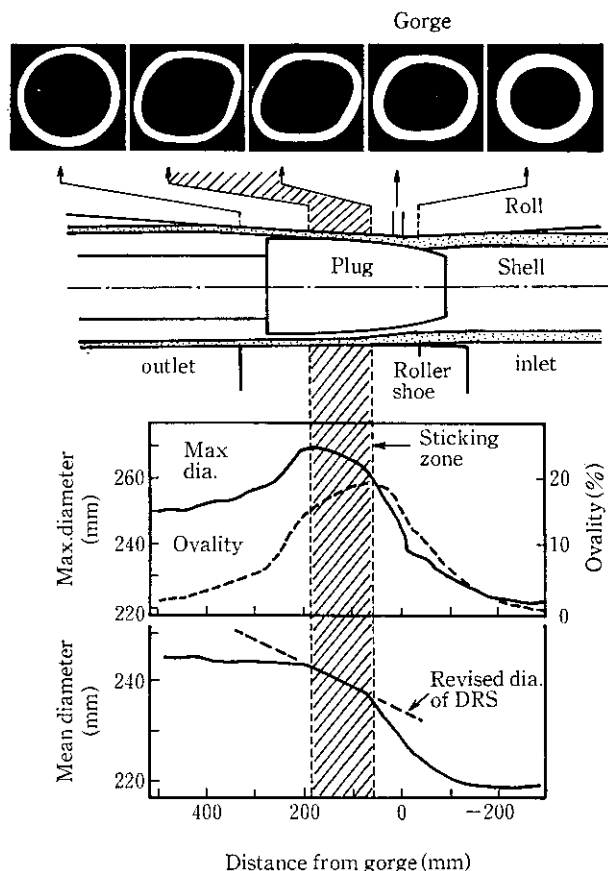
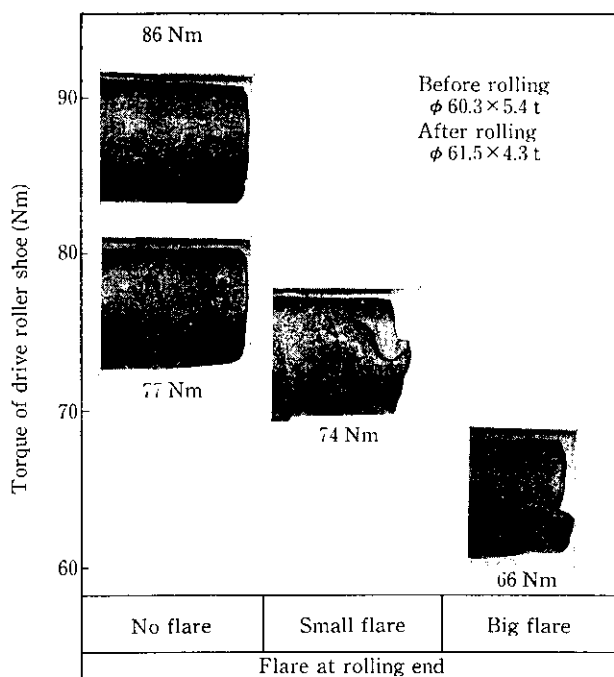
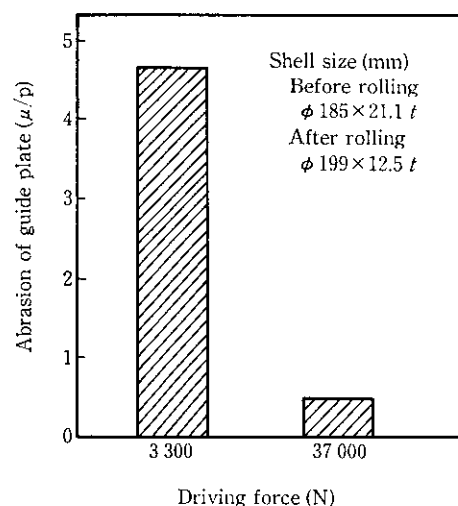
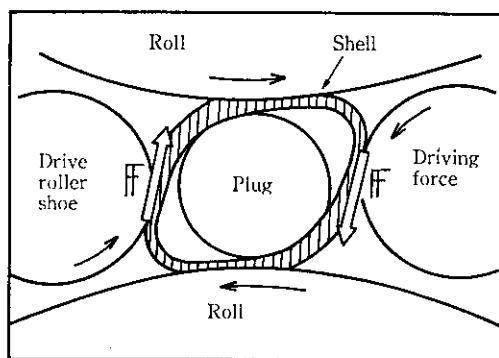
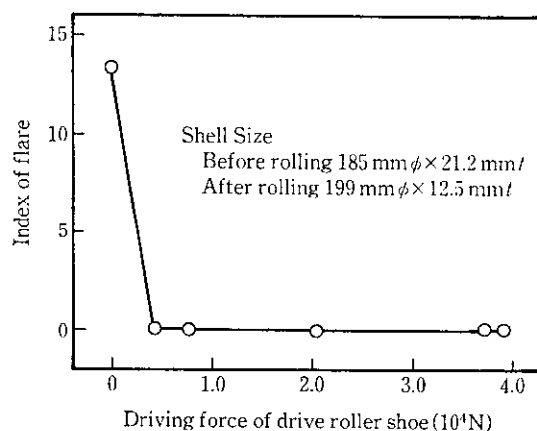
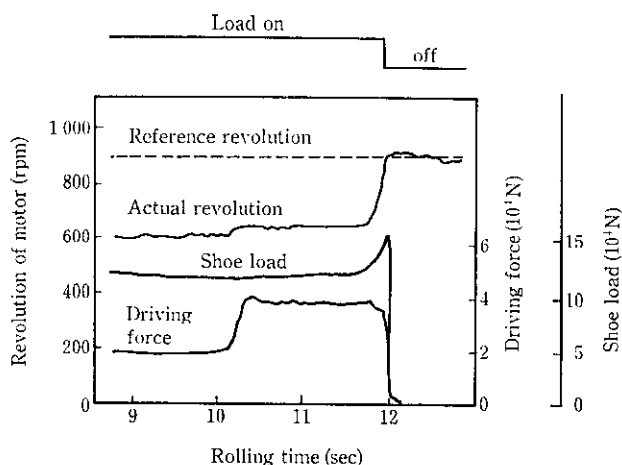


Fig. 5 Schematic diagram of deformation of the shell during elongator rolling

4.2.2 ドライブ力のフレア抑制効果

Photo 2は、ガイドプレートを設置していないモデルミルにおいて、ドライブ力を変化させて圧延したときの管端形状を比較したも



がみられるが、わずかのドライブ力を与えることによりフレア発生を確実に防止することができる。

Fig. 9 は、ドライブ力とガイドプレート摩耗量との関係を示したものである。ドライブ力の増加に伴って、ガイドプレートの摩耗が大きく減少している。これも、ドライブ力にフレア抑制効果があることを示すものである。

5 操業状況

5.1 シュー焼付状況

DRS を用いた圧延によれば、管端を除くほぼ全長について、圧延素管との滑り摩擦が大幅に軽減される。このため、合金鋼圧延においても焼付が発生することなく、シューマークの発生も防止できる。これにより、固定シュー使用時に比べ、シュー手入交換によるミル停止率が1/5 へ、シューマーク格落率が1/8 へとほとんどがビアサー起因のもののみとなった。

5.2 圧延効率

Fig. 10 にドライブ力と圧延効率の関係を示す。圧延効率の向上に対して DRS のドライブ力が大きく寄与していることがわかる。

のである。ドライブ力にフレアを抑制する効果があることがわかる。

Fig. 8 は、ガイドプレートを設置した実機 DRS におけるフレアの発生指数を示すものである。ドライブ力0 ではフレアの発生

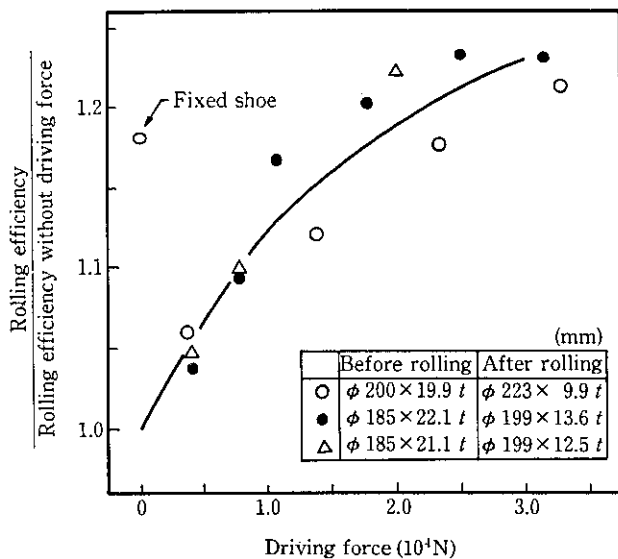


Fig. 10 Relation between driving force of drive roller shoes and rolling efficiency

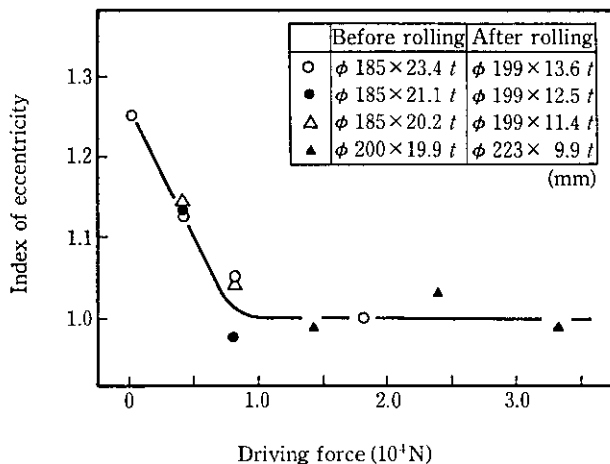


Fig. 11 Relation between driving force of drive roller shoes and eccentricity

5.3 偏肉

Fig. 11 にドライブ力と偏肉の関係を示す。偏肉は、ドライブ力が小さい場合に悪化する現象がみられるが、ドライブ力を増加することにより固定シューと同一レベルまで改善される。

Table 3 Results of operation with drive roller shoes (ratio to fixed shoes)

	1% Cr steel (8 $\frac{3}{8}$ " × 6.5 mmf)	13% Cr steel (9 $\frac{3}{8}$ " × 11.99 mmf)
Shoe cost at elongator	0.09	0.09
Shoe mark at elongator	0	0
Productivity	1.33	2.10
Outside surface defects	0.23	0.30

6 経済効果

以上述べてきたように、DRS のエロンゲーターへの適用により次の効果が得られた。

- (1) シューの焼付、局部摩耗に起因する素管外面疵の減少による歩留り向上および疵手入の減少
- (2) シュー手入、交換不要化による生産性向上
- (3) シュー原単位低減

Table 3 に効果の例を固定シューを用いた場合との比で示す。合金鋼において顕著な効果がみられる。今後、高合金鋼等、高付加価値製品の増産体制の確立に向け、大きく寄与するものである。

7 結 言

継目無鋼管の傾斜圧延機に用いられる固定シューの焼付に起因する問題点を解決するため、ドライブローラー式のガイドシュー (DRS) を開発し、知多製造所中径シームレス管工場のエロンゲーターに適用した。この結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) DRS は、ローラーシューとその駆動装置およびローラーシューと主ロールの間隔に配置されたガイドプレートより構成される。
- (2) ガイドプレートとローラーシューのドライブ力を組み合わせることにより、シューと素管の滑り摩擦の大幅軽減および管端フレアの防止が可能である。
- (3) ローラーシューのドライブ力は、管端フレア抑制、圧延効率向上、偏肉悪化抑止に効果がある。
- (4) 実機操作の結果、固定式ガイドシューを大幅に上回る品質、生産性、シュー原単位の低減を実現でき、とくに合金鋼に顕著な効果が見られた。

参 考 文 献

- 1) 吉原征四郎, 合田照夫: 鉄と鋼, 66 (1980) 11, S997
- 2) 新日本製鉄 (株): 特公昭 58-48243
- 3) 新日本製鉄 (株): 実公昭 56-60507
- 4) 畠山四郎, 簡野豊治, 小林照夫, 金成昌平, 富樫房夫, 佐山泰弘: 鉄と鋼, 72 (1986) 12, S1136
- 5) 小高幹雄, 澤田欣吾, 香川正弘, 相山茂樹, 岡崎周二, 横山栄一: 鉄と鋼, 72 (1986) 4, S1137
- 6) 小高幹雄, 香川正弘, 間口龍郎, 細川登喜夫, 小林照夫, 横山栄一: 鉄と鋼, 73 (1987) 4, S299
- 7) 小高幹雄, 高橋一成, 笠原博二, 長井豊博, 畠山四郎, 金成昌平: 鉄と鋼, 73 (1987) 4, S300
- 8) 時田秀紀, 渡辺和夫, 川並高雄, 野田勝利, 水沼 晋: 鉄と鋼, 70 (1984) 13, S1151