

討20 ホットストリップミル粗圧延におけるスラブの幅大圧下技術とクロープ量低減対策

川崎製鉄 技術研究所 阿部英夫, 佐々木徹, 中川吉左衛門
 水島製鉄所 藤原煌三, 浜田圭一
 千葉製鉄所 小林善二郎

1. 緒言 ホットストリップミルと連鑄機との同期化操業による直送圧延やホットチャージ圧延は省エネルギー、省力、工程日数の短縮等の大きなメリットをもたらす。連鑄スラブの幅を集約すると、連鑄能力増、素材統合による余剰スラブの削減、連鑄とホット圧延の幅チャンスの整合などが可能になり、同期化操業率が向上する。製鋼では〔同一成分×同一幅〕をユニットにしてチャージ組みをするが、水島製鉄所の場合、幅集約によるユニット数の減少率をシミュレーション計算した結果、約300mmまでの幅集約がユニット数減少に特に大きな効果を示すことがわかった (Fig.1 参照)。このように連鑄で幅集約をすれば、ホット圧延において幅変更することが必要となるが、その方法として

- (1) プレスによる幅圧下
- (2) エッジ(V)ロールによる幅圧延
- (3) 水平ロールによる幅広げ圧延

等が考えられるが、連鑄能率向上の点から考えれば(1)又は(2)により幅圧下することが望ましい。幅大圧下を行なうに際し最も重要な問題点は(1)幅圧下効率、(2)幅精度、(3)クロープロス の3点である。本資料は、この3点に関し、各種幅圧下方法の比較評価をプラスチック又は鉛を用いたモデル実験により行ない、最良の方法、条件を見出し、それを実用化するための実験を行った結果をまとめたものである。

2. 幅大圧下に伴う問題点

Vロールにより幅圧延した後、水平圧延した場合の変形の特徴を模式的に Fig. 2 に示す。Vロールで幅圧延すると板幅端部で局部的に盛り上がりを生じ、横断面がドッグボーン形状になるが、先後端非定常部では板幅端部で材料が圧延方向に流れ易いため、ドッグボーン高さが低くなり且つ幅落ちを生じる。これを水平ロールで圧延するとドッグボーンの幅広がりや先後端部長手方向に不均一となり、幅変動を生じ且つドッグボーン部が圧延方向に流れ易く、フィッシュテールを助長する。また、定常部ではせつ

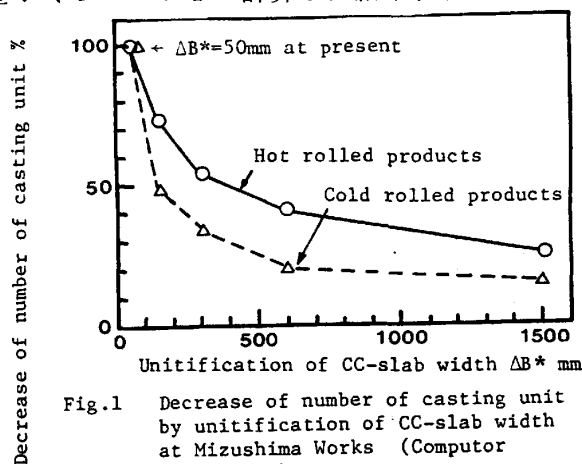


Fig.1 Decrease of number of casting unit by unification of CC-slab width at Mizushima Works (Computer simulation).

[Definition]

- Weight ratio of crop loss; $\gamma = (W_L + W_T) / W_0 \times 100 \%$
- Efficiency of width reduction; $\eta = (B_0 - B_N) / \sum_{i=1}^N (B_0^i - B_1^i)$
- Variation of width; $\Delta B = B_S - B_L$

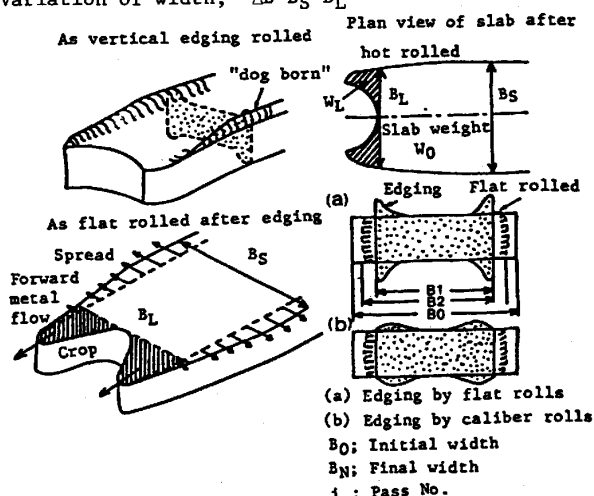


Fig.2 Explanation of metal deformation in edging and flat rolling of slabs.

かく幅圧下してもドッグボーンの幅戻りにより幅圧下効率が悪くなる。先後端では単独に水平圧延した場合、ばち型の平面形状になり、これがV圧延によるフィッシュテール形状と重なる。本報告では幅大圧下に伴う問題点を評価する量として Fig. 2で定義する幅圧下効率 η 、幅精度 ΔB 及びクロップロス率 γ の3点に注目する。

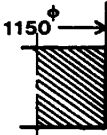
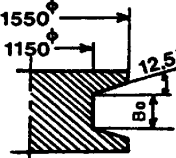
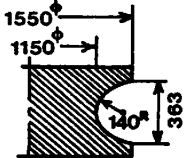
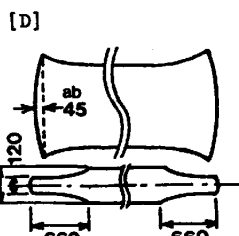
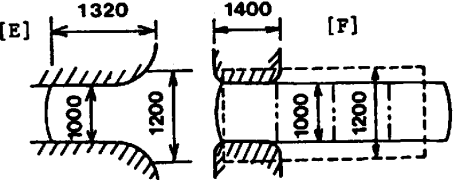
3. 各種圧下方式の比較

前節で述べた3つの問題点を解決する方法が多く提案されているが、ここでは表1に実験条件を示すように、カリバーロールの効果(B, C), 板厚方向のみ戻し圧延により、予め先後端の平面形状を舌状にする効果(D), 先後端幅方向プレス予成形の効果(E)及び全長をプレスで幅圧下する方法(F)をフラットVロールにより幅圧延した場合(A)と比較した。実験は縮尺約1/17でプラスチックを用いて行なった。

Fig. 3-aに各方法による幅圧下効率 η を示す。ここでの η は厚さを220mmから120mmに圧下することによる幅広がりの影響も含まれるため、見掛け上非常に低い値を示している。方法D Eにおける η は方法Aのそれと同一である。フラットロールの場合の η が最も低い

値を示すが、カリバーロールを使用することにより(B, C), η は大幅に向上する。特に円弧カリバーの場合の改善が著しい。これは水平圧延で材料が減肉するにつれて、Boxカリバーでは溝底の幅が材料厚より小さくなり、拘束力が薄れるのに対し、円弧カリバーでは材料厚が薄くなってもカリバー

Table 1 Experimental conditions.

Model; Plasticine modeling, scale 1/17 of actual mill.	
Slab size; Initial 220 × 1200 × 5000	→ After rolling (Sizing Mill) 120 × 900 × 12220
Pass schedule; V-5 passes, H-5 passes	
Roll dia. of horizontall rolls; 1284φ	
Caliber geometry	
	
Flat roll	Caliber roll I
	
	Caliber roll II
Method of width reduction	
A: Edging by flat V-rolls.	
B: Edging by caliber V-rolls (II) (circular caliber).	
C: Edging by caliber V-rolls (I) (box caliber).	
D: Bite and back rolling in thickness direction at leading and tail ends (LE, TE) & edging by flat V-rolls.	
E: Press at LE & TE, & edging by flat V rolls.	
F: Press for all length of slab, & edging by flat V rolls.	
	
[D]	[E] [F]

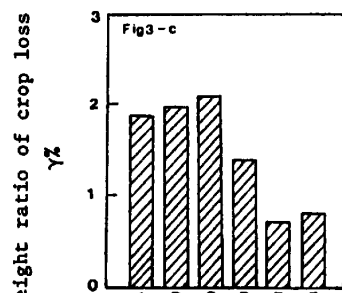
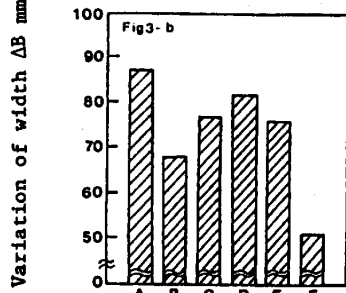
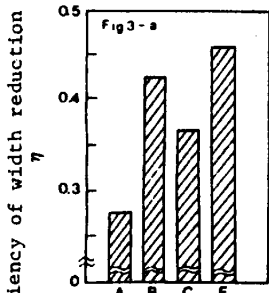


Fig.3 Comparisons of efficiency of width reduction η , variation of width ΔB , and weight ratio of crop loss γ among methods of width reduction.

効果を有するためである。全長プレス幅圧下した場合には、ドッグボーン変形が小さく、幅中央まで比較的均一に圧縮変形が与えられるため、 η は最も大きな値を示している。Fig. 3-bに幅精度 ΔB の比較を示す。カリバーロールを用いた場合、ドッグボーンピーク位置が幅中央に近づき、水平圧延時の先後端部の幅戻りの長手方向偏差が小さくなり、 ΔB が減少する。特に円弧カリバーの ΔB が小さい。方法 D, Eの ΔB も減少しているが、V圧延にカリバーロールを用いればなお一層の減少が期待できる。幅中央まで均一な圧下が可能な全長プレス幅圧下の ΔB が最も小さい。Fig. 3-cにクロップロス率 r の比較を示す。カリバーロールを用いた場合 (B, C)の r は、いずれの場合もフラットロールの場合のそれに比し増加するので、何らかの対策が必要である。先後端かみ戻し圧延(D)、先後端プレス予成形(E)全長幅プレス(F)の場合の r は、Aに比し、それぞれ25, 62, 57%減少しており、プレスを使うことが非常に有効であることがわかる。

4. 円弧カリバー・エッジロールの効果

前節で述べたごとく、水平圧下パスが進み材料厚さ t が薄くなるにつれ、Boxカリバーの場合、 t が溝底幅より小さくなり、カリバーの拘束効果が減少するが、円弧カリバーの場合はその減少率が小さい。元スラブ厚 t_0 を変え、3種類の形状のロールを用い、幅圧下効率 η を調べた結果を Fig. 4 に示す。Boxカリバー(I)の場合、 t_0 が薄くなるにつれ η は大幅に減少する。これに対し、円弧カリバーはその減少率が小さいことがわかる。Fig. 3-bからわかるように、幅精度の点においても円弧カリバー(II)が有効である。

5. 先後端プレス予成形条件の最適比

先後端プレス予成形法がクロップロスの低減に極めて有効であることが Fig. 3-cからも又、多くの報告から明らかであるが、その適正プレス条件については必ずしも十分検討されていない。そこで^{1~5)} プレス幅殺し量 ΔB_P とプレス長さ l_P を独立に変え、プレス荷重をできるだけ小さくかつクロップロス率を最小にする最適条件を求める為に、鉛を用いた縮尺 1/10のモデル実験を行なった。Fig. 5中に示す片台形状の金敷を用い、 l_P と ΔB_P を変え $220 \times 1270 \times 5000$ のスラブ(実機換算)の先後端をプレス予成形し、Boxカリバーエッジロールにより $220 \times 820 \times 7744$ にサイジングした後(幅変更量 $\Delta B_E = 450\text{mm}$)、厚さ 35mmのシートバーまで圧延し、先後端クロップロス率 r を調べた。Fig. 5の (l_P/B_0) 対 ($\Delta B_P/\Delta B_E$)座標軸中に先端のクロップ平面形状、 r 及びプレス荷重 P を示す。 P は鉛の実験値から熱間鋼の実機の場合を推定した値である。 l_P/B_0 , $\Delta B_P/\Delta B_E$ の増大に伴ない、ククロップ形状はフィッシュテールから舌形状になることがわかる。切り捨てラインはフィッシュテール状の幅中央の落ち込み点で決まる場合と、全幅が急激に落ち込む点で決まる場合とがあり、両者の境界線を図中に示す。舌形状になるとその切り捨て重量が急増するので、 r としては多少フィッシュテールが生じている状態が最小となる。境界線上でのプレス荷重は l_P/B_0 が小さく、 $\Delta B_P/\Delta B_E$ が大きいほど減少する傾向にあるが、 l_P/B_0 を余り短かくすると、Fig. 5中の破線で示す方向の局部的剪断変形が生じるので好ましくない。又 r については $l_P/B_0 = 0.5$, $\Delta B_P/\Delta B_E = 0.7$ の条件で最も小さくなる。このようにして求めた最適条件での r は、先後端予成形しない場合に対し、スラブ幅 1270mmの場合で先端部と後端部を合わせて 75%、幅 1600mmの場合で 85%減少する。

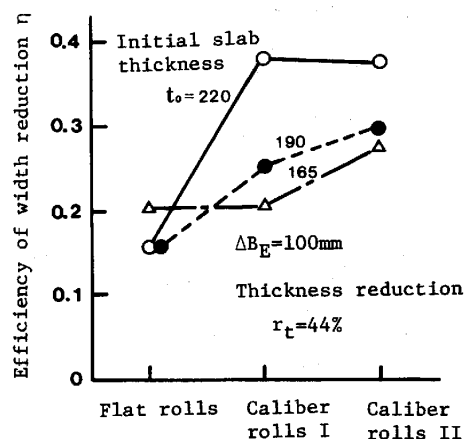


Fig.4 Effect of caliber geometry on efficiency of width reduction.

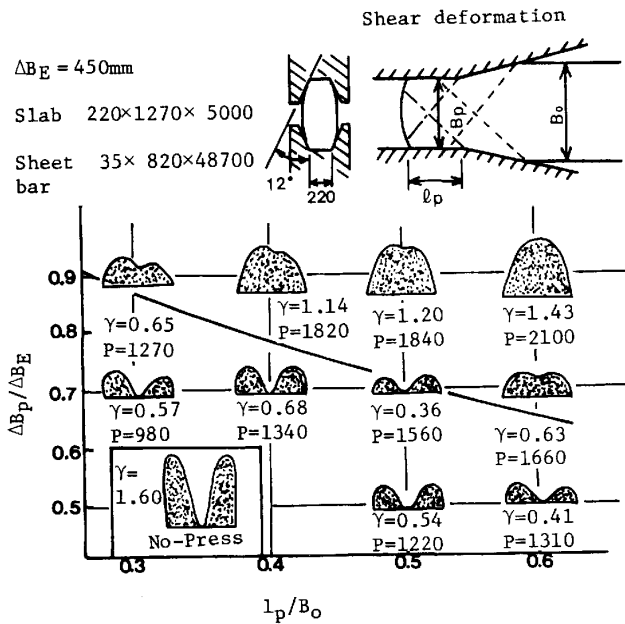


Fig.5 Optimization of press condition $\Delta B_p/\Delta B_E$ & l_p/B_0 for minimization of crop loss and press load P.

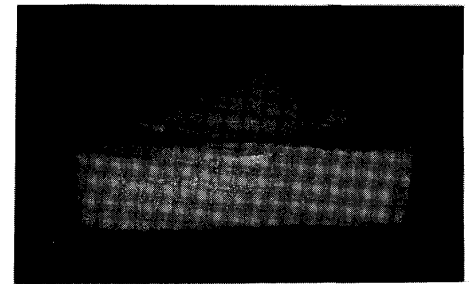
(B_0 : Initial slab width, B_p : Width after pressed)
 (B_N : Width of sheet bar, l_p : Press length)
 $\Delta B_p = B_0 - B_p$, $\Delta B_E = B_0 - B_N$

Table 2 Experimental conditions in actual mill

Slab size:	
Initial	→ After rolling
220×1270×5000	(Sizing mill)
	220×850×7650
	($\Delta B_E=450$)
Press condition:	
$\Delta B_p/\Delta B_E = 0.8$, $l_p/B_0 = 0.38$	
Tool with caliber	



NO-Press



Press

Photo.1 View of slabs after hot rolled (sizing mill).

Fig. 5 に示した鉛モデル実験結果を参考に、Table. 2 に示す条件にて熱間鋼実機実験を行なった。サイジング後の平面形状を Phot. 1 に示す。先後端プレス予成形による平面形状改善の効果が著しいことがわかる。

6. まとめ

スラブの幅大圧下技術に関し幅圧下効率 η 、幅精度 ΔB 、クロップロス r の 3 点を対象に各種圧下方式の比較検討を行なった結果、(1)スラブ厚の変化に対し円弧カリバーエッジャーロールが融通性を有し、 η 及び ΔB が向上する。(2)先後端厚み方向かみ戻し圧延により r が 25% 減少する。(3)先後端プレス予成形条件の最適化を行ない、 r を 75~85% 減少することができた。(4)全長幅プレス方式は η 、 ΔB 、 r のいずれの点においても有効である。

引用文献. 1)待留地：昭55塑性加工春季講演会(1980)45, 2)時田鉄と鋼、67, 4(1981)S344, 3)平松；鉄と鋼、67, 12(1981)S1031, 4)田添：石川島播磨技報、20, 5(1980), 339, 5)日立；67回圧延理論部会(1980), 6)井端；鉄と鋼、67, 4(1981)S345, 7)的場；鉄と鋼、68, 4(1982)S358, 8)時田；鉄と鋼、66, 11(1980)S970