

## 大形 H 形鋼の新粗形圧延技術

柳沢 忠昭\*・田中 輝昭\*・山下 政志\*  
奥村 寛\*・草場 隆\*<sup>2</sup>

Development of Rolling Technique for Large H-shapes  
from Continuously Cast Slabs

Tadaaki YANAZAWA, Teruaki TANAKA, Masashi YAMASHITA,  
Hiroshi OKUMURA, and Takashi KUSABA

## Synopsis:

A new rolling technique has been developed at Mizushima Works for producing large H-shapes from CC slabs. While H-shapes up to 500mm in web depth and 350mm in flange width are rolled from CC beam blanks and blooms, larger H-shapes had to resort to ingot-bloomed beam blanks, at the sacrifice of product yield and quality. The new technique has proved satisfactory in rolling these larger H-shapes using CC slabs by one-heat rolling on the wide flange beam mill.

The key point of the new rolling method consists in deforming a slab into the dogbone profile by a heavy edge-rolling of a slab under a newly designed caliber with belly and a partial web rolling of the dogbone. With the following features, the new rolling process can be applied to CC stock to produce any dimensions of the existing H-shapes by one-heat rolling.

- 1) A 7-15 percent improvement in a raw steel to product yield, depending on H-shape dimensions.
- 2) Marked improvement in surface quality and internal soundness.
- 3) Energy saving by eliminating the ingot-making and blooming steps.

## 1. 結 言

最近の日本鉄鋼業における技術開発は、大量生産指向から省資源、省エネルギー指向へと大きく転換し、その成果はコストダウンに大きく寄与している。主要な原料エネルギーのほとんどを海外に依存している日本鉄鋼業にとって、省資源、省エネルギーは業界の重要課題であり、とくに歩留りの向上はこれらに大きく寄与するとともに、技術力の指標とも言えるものである。

近年、歩留り、品質の向上および省エネルギーを目的として、従来の造塊・分塊プロセスから連続铸造プロセスへの転換が進められているが、H形鋼の製造においてはその素材形状が複雑で、かつサイズの種類が多いため連続铸造が容易に進展しえない状況にあつた。

H形鋼の素材としては、ウェブ高さでフランジ幅の和が 450 mm 以下のジュニアサイズH形鋼に対してはブ

ルーム（角鋼片）が用いられ、これをこえるジュニアサイズH形鋼にはビームブランク（粗形鋼片）が用いられる。このビームブランクの断面寸法は製品寸法から圧延工程をさかのぼって設計されるため、製品サイズに対応した専用寸法のビームブランクが必要である。

H形鋼の連続铸造において、ジュニアサイズH形鋼は広く普及している連続铸造ブルームを用いることにより連続铸造は容易であるが、ジュニアサイズH形鋼を連続铸造するには非常に多種類のモールドを保有するビームブランク連続铸造機を必要とし、設備投資が高額となるうえに連続铸造機の生産性は著しく低下する。このため素材の統合による集約化が強く要請されるが、当社では「単一サイズビームブランクからの多サイズH形鋼圧延技術<sup>1)</sup>」を確立し Fig. 1 に示すように H600×300, H350×350 までのH形鋼を連続铸造単一サイズビームブランクから圧延し連続铸造を進めてきた。

昭和 56 年 4 月 20 日受付 (Received Apr. 20, 1981)

\* 川崎製鉄(株)水島製鉄所 (Mizushima Works, Kawasaki Steel Corp., 1 Mizushimakawasakidori Kurashiki 712)

\*<sup>2</sup> 川崎製鉄(株)技術研究所水島研究部 (Mizushima Laboratory, Research Laboratories, Kawasaki Steel Corp.)

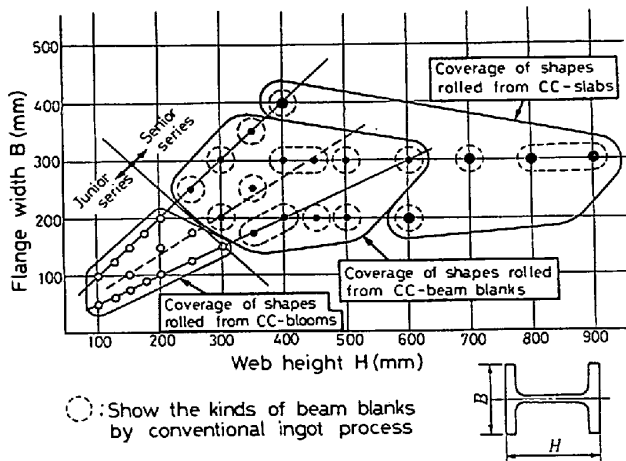


Fig. 1. Relation between dimensions of H-shapes and applied materials.

しかし、この連鑄製ビームブランクの適用限界をこえる大形サイズH形鋼の連鑄化が残された大きな課題であった。これに対し超大形ビームブランク連鑄も考えられるが、大規模な投資を必要とし経済的に成立しない。

本稿においては、この大形H形鋼を、従来は鋼板の素材とされていた連鑄スラブから圧延する新技術について述べる。このスラブから大形H形鋼を圧延する新粗形圧延技術の開発により、すべてのH形鋼について連鑄素材からの1ヒート圧延プロセスを実現し、大幅な歩留りの向上とともに省エネルギーを達成することができた。

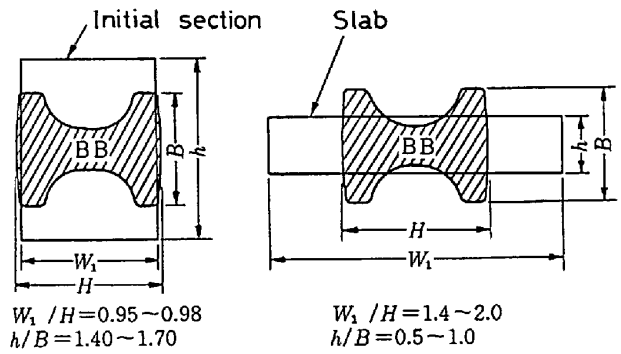
2. 従来のH形鋼製造プロセスとその問題点

従来のH形鋼製造プロセスは Fig. 2 に示すように、鋼塊を分塊ミルによつてビームブランクに圧延し、大形工場ではこれを素材としてプレークダウン圧延およびユニバーサル圧延によつてH形鋼に仕上げていた。

このプロセスにおける鋼塊から注文1級製品までの注文歩留りを向上させるためには、これを構成する個々の歩留りを向上させることとそれらのばらつきを減少させることが必要であるが、従来プロセスでは次のように問題点が多く、大きな歩留りの向上は期待できなかつた。

(1) 分塊圧延における著大クロップロス

Fig. 3 に示すように従来の鋼塊法では造形角からビ



(a) Conventional ingot blooming method

(b) New slab edging method

Fig. 3. Comparison of the ingot method and new SLAB-H method for rolling the beam blanks of H-shapes.

ームブランクへの圧延において、ウェブ部の圧下率がフランジ部より大きいため圧延材先後端のウェブタングの生成が著しく、これをクロップとして切り捨てることおよび鋼塊頭部の不良部を切り捨てるため、大きな歩留りロスとなつていた。

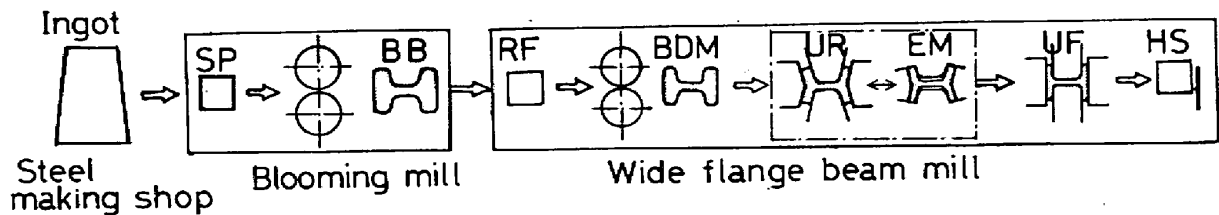
これに対しスラブを素材とする場合は、ウェブ部とフランジ部の圧延を独立して交互に行うことによりクロップロスを小さくできる。さらに連鑄スラブを用いれば鋼塊法における鋼塊頭部不良部に相当するクロップロスは皆無となる。

(2) セミキルド鋼の品質不安定

大形H形鋼の素材はそのほとんどがセミキルド鋼であるため、断面欠陥や線状疵などの表面欠陥が発生しやすい。このため分塊歩留り、製品合格率の低下、および注文外余剰品の発生を招いていた。これらの問題の根本的解決は、セミキルド鋼から脱却し連鑄素材への転換をはかることである。

(3) 素材重量精度の不良

大形H形鋼は圧延素材からの鋸断本数が少なく、また注文長さが個々に異なるため、鋸断採り合わせの自由度が著しく低い。したがって製品採り合わせを計画的に行い、これからさかのぼつて素材重量を計画する必要がある。しかし従来プロセスでは鋼塊重量偏差、セミキルド



SP : Soaking pit, BB : Beamblank, RF : Reheating furnace, BDM : Break down mill, UR : Universal roughing mill, EM : Edging mill, UF : Universal finishing mill, HS : Hot saw

Fig. 2. Conventional rolling process for H-shapes from ingots.

鋼の品質不安定などにより、計画重量に対する素材重量精度が悪く製品採り合わせ計画の適中率が低下し、余剰品の発生をもたらしていた。

(4) 2 ヒート圧延

これは省エネルギーの面でとくに問題となる点であるが、歩留りの面でも加熱スケールロスが歩留りを低下させ、また製造プロセスの連続化、同期化を阻害する最大の要因となっていた。これに対し連铸素材を用いた1 ヒート圧延は分塊工程を省略することによる多大の効果が期待される。

(5) 素材種類の多様性

既述のごとく製品サイズに対応して非常に多くの種類のビームブランクが必要であり、これらは製品サイズ間の互換性はなく、余剰素材における歩留りの低下、素材在庫の増加、特殊規格、小ロットオーダーへの対応が困難などの弊害を生じていた。これに対しスラブを素材として用いれば、素材の集約化がはかれるとともに厚板用素材との共同も可能となる。

以上の考察結果より、大形H形鋼を連铸製スラブから製造するプロセスが実現すれば、大きな歩留り、品質の向上、省エネルギーおよび素材の合理化が達成可能であるとの結論に達し、本技術の開発に着手した。

3. スラブからのH形鋼圧延法

扁平なスラブをエッジング圧延(幅圧延)すると、圧下歪はスラブ幅中央まで伝播せず両端部のみに集中して大きな幅広がりが生じ、ダブルバルジ変形をする。このスラブの幅圧延特性に関していくつかの研究<sup>2)3)</sup> 例が見られるが、これらはホットストリップ圧延におけるスラブ幅の調整に関するものであり、ドッグボーンの発生は幅調整効果を阻害する要因となつている。筆者らはこのドッグボーン変形を有効に活用してエッジング圧延を繰り返し行えばドッグボーン形状からビームブランクに成形できるとの発想から、スラブからのH形鋼圧延技術<sup>4)5)</sup> (以下、スラブH法と称す)の開発に取り組み、その実用化に成功した。

本圧延法の大きな特徴は次の3点にある。

(1) スラブのエッジング圧延によるダブルバルジ変形を積極的に利用して、ビームブランクフランジ部の成形を行うこと。

(2) このスラブのエッジング圧延にベリーカリバーを用い、エッジング圧延時の圧延材案内機能と幅広がり増進機能を付与していること。

(3) ウェブ高さの大きいH形鋼の圧延において、狭幅スラブから所要フランジを効率的に成形するために、

ウェブ分割圧延と称する斬新な圧延手法を用いていること。

このスラブH法はベリー法とウェブ分割圧延法の2方式で構成されているが、両方式ともベリーカリバーを用いたスラブ幅の大圧下圧延によるフランジの成形がその基本技術となつている。

3.1 スラブ幅の大圧下圧延技術

扁平なスラブの幅を大圧下圧延する場合の最大の問題点は、Fig. 4(a)に示す圧延中のスラブの倒れであり、これの効果的な抑止が本圧延法を実現するための第1の課題であつた。この1方法としてカリバー幅を順次広くするボックスカリバー列も考えられるが、多数のカリバーを必要としなお圧延材の倒れを完全に防止することは困難である。

スラブの倒れを防止してスラブ幅の大圧下を最少限のカリバー数で安定して圧延するために、本圧延法において考案したのがベリーカリバーである。これはFig. 4(b)に示すごとくボックスカリバー底部中央にベリーと称する突起を設け、このベリーによりスラブ厚さ中央にベリー溝を付加し、これをガイドとすることにより、スラブのエッジング圧延時に圧延材の倒れを有効に防止するとともに、圧延材を正確にカリバー中心へ案内するすぐれた機能を有する。

3.2 ベリー法

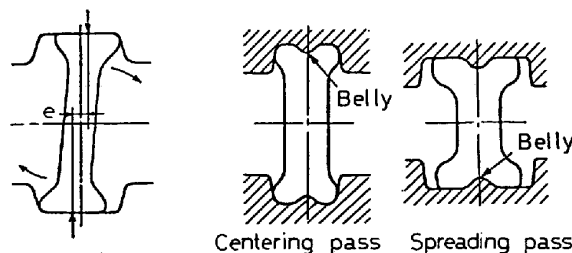
ベリーカリバーによるエッジング圧延を基本とするベリー法による粗形圧延方法は、Fig. 5に示すように次の4ステップから構成される。

(1) スラブセンタリング圧延

スラブ厚さとほぼ等しいカリバー幅を有する第1カリバーにおいて、スラブ厚さ中央にベリー溝の切り込み圧延を行い左右の均等な振り分けを行う。

(2) フランジ幅出し圧延

第2カリバーにおいて圧延材はベリーによつて常にカリバー中心に案内され、軽圧下・多数パスによるスラブ



(a) Unsteady deformation of slab at edging pass by flat box (b) New rolling method for edging slab by calibers with belly

Fig. 4. Slab edging technique with high reduction.

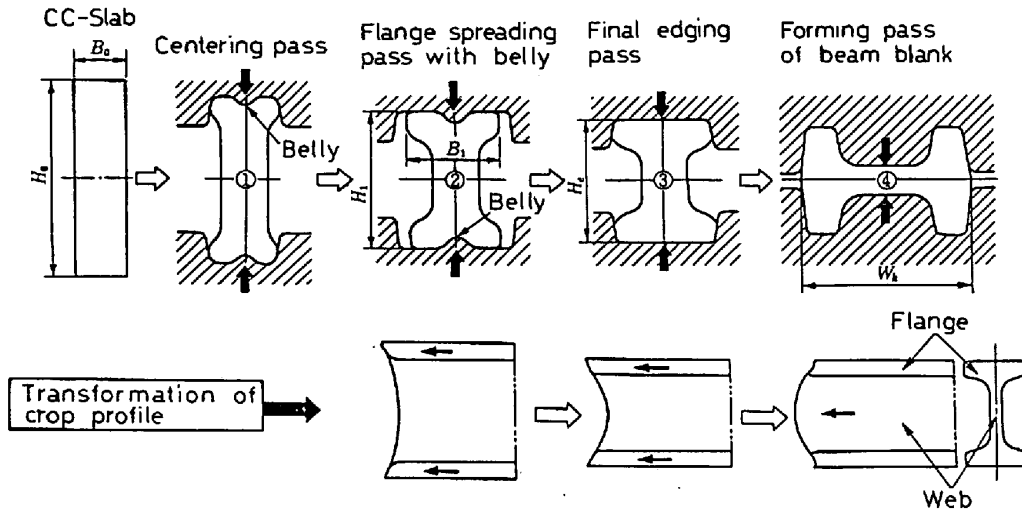


Fig. 5. Slab edging method with belly calibers for rolling beam blanks of H-shapes from-slabs.

Table 1. Slab dimensions for the slab edging method by belly calibers.

C.C.M. : Continuous casting machine, B.D.M. : Break down mill, B.M. : Blooming mill

Process for H-Shapes	Dimensions of GC-Slabs $W$ (width) $\times$ $T$ (thickness) mm	Dimensions of H-Shapes $H$ (web height) $\times$ $B$ (flange width) mm	$\frac{B}{T}$	$\frac{W}{H}$
Slab C.C.M. $\rightarrow$ B.D.M. (1 heat rolling)	1 100 $\times$ 250	H400 $\times$ 400	1.6	2.8
	1 100 $\times$ 250	H600 $\times$ 200	0.8	1.8
Slab C.C.M. $\rightarrow$ B.M. $\rightarrow$ B.D.M. (2 heat rolling)	1 500 $\times$ 215	H700 $\times$ 300	1.4	2.1
	1 650 $\times$ 240	H800 $\times$ 300	1.3	2.1
	1 650 $\times$ 240	H900 $\times$ 300	1.3	1.8

幅の大圧下圧延を行い、積極的にフランジの幅出しを行う。このとき圧延材はカリバー側壁には接触させずベリ-のみによつて案内することが特徴である。

(3) ベリ-溝消去圧延

通常の平底ボックスである第3カリバーにおいて最後のエッジング圧延とともにベリ-溝の消去を行う。

(4) ビームブランク成形圧延

スラブ幅の大圧下圧延によつて得られたドッグボーン形状材を第4カリバーによりビームブランクに成形する。

この圧延過程におけるクロープ形状の変化は Fig. 5 に示すように、前半のエッジング圧延中はスラブ幅両端部の伸びが大きいためフィッシュテール形状となるが、ビームブランク成形圧延ではウェブの圧下率がフランジの圧下率より大きいいためウェブタンクが成長し、最終的にはウェブ、フランジともほぼ揃った形状となる。したがつて本圧延法は従来の鋼塊法に比べてクロープロスの少ない高歩留り圧延法となる。

3.3 ベリ-法の適用とウェブ分割圧延法への発展<sup>8)</sup>

ベリ-法を当所の大形H形鋼に適用し、分塊ミルおよび大形工場ブレイクダウンミル(以下、B.D.M.と称す)で実用化をはかつた。素材はすべて連铸製スラブであ

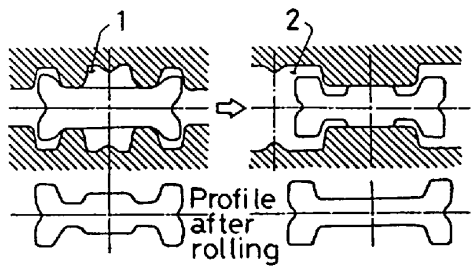
り、スラブ寸法を Table 1 に示す。本圧延法の特徴はスラブ幅のエッジング圧延による幅広がり積極的に利用する点にあるが、Table 1 の  $B/T$  に示すごとく元スラブ厚さの最大 1.6 倍という大きなフランジ幅を有するH形鋼の圧延を可能にしている。

さらにH400  $\times$  400 およびH600  $\times$  200 については、大形工場で連铸スラブから直接H形鋼に圧延する1ヒート圧延を実現した。ベリ-法ではH形鋼のウェブ高さおよびフランジ幅によつて所要スラブ寸法が決定されるため、B.D.M.の最大ロール開度 1400 mm をこえるスラブ幅を必要とする H700  $\times$  300 以上の超大形H形鋼については、連铸スラブを分塊ミルによつてビームブランクに成形しこれを素材として圧延していた。このためこれらのサイズは2ヒート圧延となり、省エネルギーおよび歩留りの両面において問題が残された。

これらの超大形H形鋼を1ヒート圧延するためには、B.D.M.のロール開度などの設備制約内で所要の粗形を効率よく成形する技術が要請される。このニーズに応えて開発したのがウェブ分割圧延法である。

3.4 ウェブ分割圧延法

ウェブ分割圧延法は Fig. 6 に示すように、エッジング圧延されたスラブを(a)に示すウェブ両端部圧延およ



(a) Rolling both ends of web and forming flanges. (b) Rolling middle section of web for spreading web height.  
Fig. 6. Partial web rolling method.

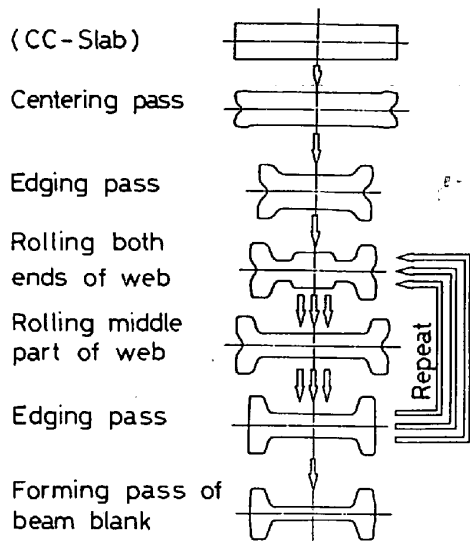


Fig. 7. Partial web rolling method for rolling beam blanks of large H-shapes from slabs.

び(b)に示すウェブ中央部圧延, 続いてエッジング圧延を行うサイクルを繰り返す圧延法であり, この圧延法における断面形状の変化を Fig. 7 に示す. このウェブ分割圧延法は次に示す有効な機能を有する.

(1) 所要エッジング圧下量の確保

ウェブを分割して部分圧延することにより非圧下部が圧延方向の伸びを拘束するため, フランジ面積の減少を防止できるとともにウェブ高さ方向に大きな幅広がりを生じ, ベリー法より狭幅のスラブを用いても所要エッジング圧下量の確保が可能となるので十分なフランジ部の成形を効率的に行いうる.

(2) 圧延荷重の減少

ウェブを分割圧延することとフランジ部をカリバーで

拘束しない自由変形圧延であるため圧延荷重が軽減され, ウェブ高さの大きい超大形H形鋼の1ヒート圧延が可能となる.

(3) B.D.M. ロール胴長内への所要カリバーの収納

Fig. 6 の1, 2の部分のエッジング圧延用カリバーとして用いることにより所要胴長の減少が可能となる.

この結果, ベリー法で広幅スラブから圧延する場合と同等のフランジ部をより狭幅のスラブから成形することが可能となり, 分塊ミルを経由していた超大形H形鋼も連铸スラブを直接 B.D.M. で圧延し, 1ヒートでH形鋼に圧延することに成功した. ウェブ分割圧延法におけるスラブ寸法を Table 2 に示すが, ベリー法のスラブ幅より 250~275 mm 狭いスラブを用いている. このようにウェブ分割圧延法の実用化により, すべての大形H形鋼について1ヒート圧延プロセスを実現することが可能となった.

4. スラブH法における圧延変形特性

スラブH法の開発にあたり実機およびプラスチックモデルミルを用いてスラブのエッジング圧延およびウェブ分割圧延における変形特性に関する実験研究を行い, この結果を実機に適用して本圧延法を実用化した.

4.1 ベリー法における変形特性<sup>4)5)</sup>

Fig. 8 に示すように次の記号はスラブのエッジング

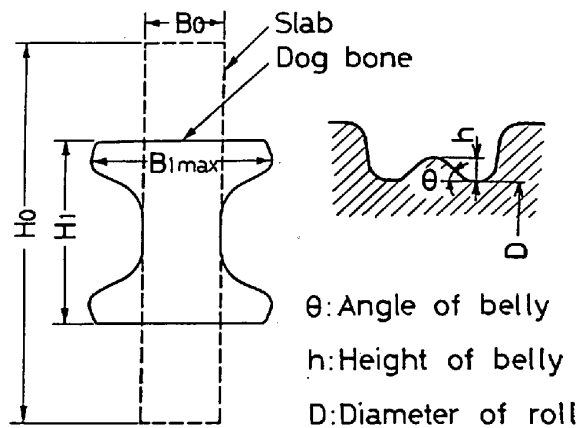


Fig. 8. Notations for the profile of slab, dog bone and belly caliber.

Table 2. Slab dimensions for the partial web rolling method.

Process : Slab C.C.M. → Break down mill (1 heat rolling)

Dimensions of H-Shapes H (web height) × B (flange width) mm	Dimensions of CC-Slabs W (width) × T (thickness) mm	$\frac{B}{T}$	$\frac{W}{H}$
H700 × 300	1 225 × 250	1.2	1.8
H800 × 300	1 400 × 250	1.2	1.8
H900 × 300	1 400 × 250	1.2	1.6

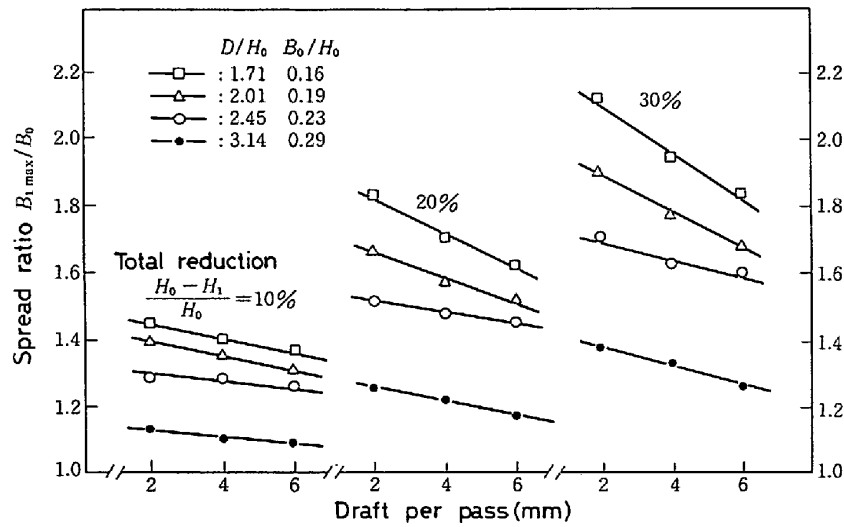


Fig. 9. Effect of draft per pass on spread ratio (by flat roll).

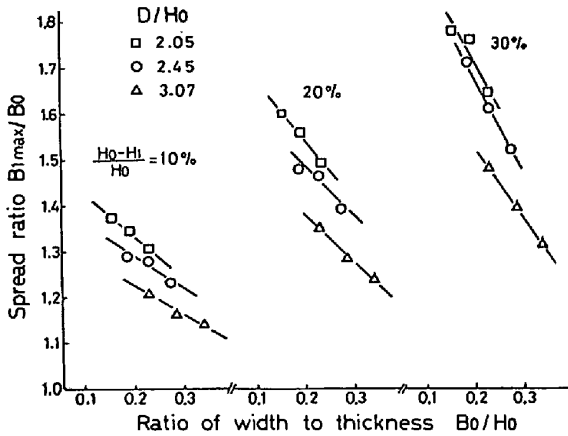


Fig. 10. Effect of the ratio of width to thickness and the ratio of roll radius to thickness on spread ratio.

圧延姿勢におけるものとし次のように定義する。

- $B_0$  : 圧延前板幅 (スラブ厚さ)
- $B_{1max}$  : 圧延後最大板幅 (ドッグボーン最大フランジ幅)
- $H_0$  : 圧延前板厚 (スラブ幅)
- $H_1$  : 圧延後板厚 (ドッグボーンウェブ高さ)
- $D$  : ロール直径
- $B_0/H_0$  : 板幅比
- $D/H_0$  : 板厚比
- $(H_0 - H_1)/H_0$  : 全圧下率
- $B_{1max}/B_0$  : 最大幅広がり比
- $\lambda$  ; 伸び比 (圧延後長さ/圧延前長さ)

4.1.1 スラブエッジング圧延時の幅広がり特性

スラブ幅を数 % の軽圧下率で多数パスのエッジング圧延を行ったときの幅広がり比は Fig. 9 に示すように最大 2 以上にも達しきわめて大きい。本圧延法における

幅広がりに影響する要因について調査し、次の結果を得た。

- (1) 全圧下量が等しい場合には、1パスあたりの圧下量が小さいほど幅広がり大きく、全圧下率の増加とともにその影響は著しくなる。
  - (2) 板幅比が小さいほど幅広がり大きく、全圧下率が大きくなるほどその影響は著しい (Fig. 10)。
  - (3) 板厚比が小さいほど幅広がり大きく (Fig. 10)。
- これらの結果を用いてスラブ寸法および圧延スケジュールを決定している。

4.1.2 ベリーの幅広がり促進機能

ベリーは圧延材の案内機能に加え、顕著な幅広がり促進効果を示し、フランジの幅出し圧延を効率的に遂行することができる。Fig. 11 に同一圧延条件でベリーカーリパーと平ロールとを用いたときの幅広がりを比較した一例を示す。ベリーカーリパーで圧延した場合の幅広がり平ロールより大きく、伸びは小さく、エッジング圧延による減面積量が効率よくフランジの成形に転換されている。

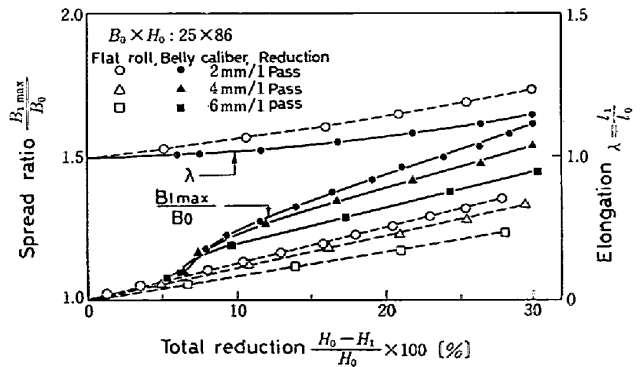
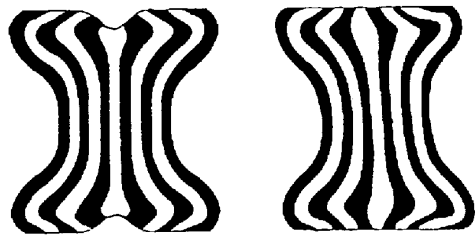


Fig. 11. Comparison of spread ratio and elongation between belly caliber and flat roll.



(a) After rolling by belly calibers. (b) After rolling by flat rolls.

Fig. 12. Comparison of the material flow on the section of plasticine model between the belly calibers and flat roll.

ることがわかる。

Fig. 12 はプラスチックモデルに縦縞を入れて内部歪みの状態を両方式で比較したもので、ベリーカーの場合にはベリーカー周辺部の幅方向歪みが大きく、ロール接触面における幅広がりも大きい。

さらにベリーカーの寸法形状が幅広がり及ぼす影響について調査した結果、ベリーカーの高さが高いほど、またベリーカーの角度は小さいほど幅広がり大きいことが判明した。実機では圧延材の安定性を考慮して、ベリーカー高さは45~50 mm、ベリーカー角度は約45°を採用している。

このようにベリーカーの方が幅広がり大きいのは、噛み込み時の圧延材とロールの接触状態に起因している。すなわち、平ロールでは圧延材料幅全体が同時にロールに接触し、ロールに強く固着されて幅広がり抑制される。これに対しベリーカーの場合は、ベリーカー先端から接触が始まり幅方向に広がりながらロール平坦部に接触するため、ロールによる固着がより少ないことと、ベリーカーによる幅方向への拡大作用により幅広がり大きくなる。

このベリーカーの幅広がり促進機能により、効率的なフランジ成形効果に加えて圧延材先後端の非正常域長さの減少効果が得られる。非正常域長さCは次の実験式で表され、歩留りに大きく影響する非正常域長さは平ロールに比べ約20%短くなり、より高い歩留りを得ることができる。

ベリーカーの場合

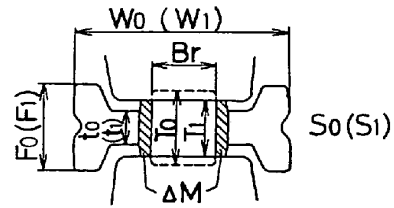
$$C_b = \left( 85 + 119 \frac{H_0 - H_1}{H_0} \right) \times \frac{H_0}{D} \quad \dots\dots\dots (1)$$

平ロールの場合

$$C_f = \left( 100 + 153 \frac{H_0 - H_1}{H_1} \right) \times \frac{H_0}{D} \quad \dots\dots\dots (2)$$

4.2 ウェブ分割圧延法における変形特性<sup>7)8)</sup>

ウェブ分割圧延法における最も重要な構成部分であるウェブ中央の部分圧延時の変形挙動を説明して圧延後の形状予測を可能とし、これを応用してスラブ寸法や圧延



ΔM: Amount of metal flow by rolling middle part of web S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>; Sectional area before and after rolling

$$S_{F0} = S_0 - T_0 \times B_r$$

Suffix 0 and 1 show before and after rolling

Fig. 13. Symbols for dog bone profile at partial web rolling.

条件を決定している。

4.2.1 ウェブ分割圧延における形状予測式

Fig. 13 においてドッグボーン材のウェブ中央部を部分圧延したときのメタルフロー量 ΔM は次式で表すことができる<sup>6)~8)</sup>。

$$\Delta M = \Delta M_1 + \Delta M_2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta M_1 = f(T_0, T_1, B_r, D) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta M_2 = f(S_{F0}/S_0, T_0, T_1, B_r, D) \quad \dots\dots (5)$$

ΔM<sub>1</sub> はウェブ中央下部を平板圧延と見なしたときのメタルフローであり、ΔM<sub>2</sub> は非圧下部 S<sub>F0</sub> が存在するために生じるメタルフローである。ΔM<sub>2</sub> は非圧下部面積の全断面積に対する比 S<sub>F0</sub>/S<sub>0</sub> が大きいほど大きくなる。

このメタルフロー式を適用することによつて、Fig. 13 においてウェブ中央部を厚さ T<sub>0</sub> から T<sub>1</sub> まで圧延したときの形状予測式として以下の式を導くことができる。

$$\lambda = T_0 \cdot B_r (\Delta M + T_1 \cdot B_r) \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$S_1 = S_0 / \lambda \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$W_1 = B_r + (W_0 - B_r) / \sqrt{\lambda} + \Delta M / T_1 \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$F_1 = F_0 / \{ 1 + 0.73 (\sqrt{\lambda} - 1) \} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここで、

- B<sub>r</sub>: ウェブ中央部の直接圧下部の幅
- S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>: 圧延前および圧延後の材料断面積
- W<sub>0</sub>, W<sub>1</sub>: 圧延前および圧延後のウェブ高さ
- F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>: 圧延前および圧延後のフランジ幅

4.2.2 ウェブ分割圧延における変形特性

形状予測式を用いてウェブ分割圧延時の形状変化に影響する要因について検討を行った。

(1) 直接圧下部 B<sub>r</sub> の影響

Fig. 14 は Table 3 に示すパススケジュールを用い、B<sub>r</sub> が伸び比 λ に及ぼす影響を示したもので、B<sub>r</sub> が小さいほど λ は小さく、ウェブ厚さの減少とともに λ の変化も小さくなることがわかる。Fig. 15 にウェブ分割圧延法におけるフランジ幅の成長過程を示すが、B<sub>r</sub> が小さいほど大きなフランジ幅を得ることができる。この

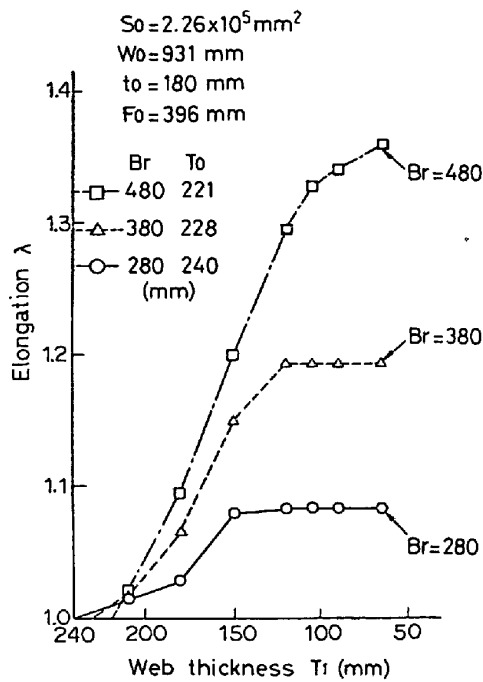


Fig. 14. Effect of Br on elongation under partial web rolling . Pass schedule is shown in Table 3.

Table 3. Pass schedule for partial web rolling. (cf Fig. 13, 14 and 15)

Remarks : ER=Ends of web rolling  
MR=Middle of web rolling  
E=Edging

Pass	T <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>	W <sub>1</sub>	Remarks
0	T <sub>0</sub>	180	931	ER
1	180		931	MR
2				E
3				ER
4	150	150	931	MR
5				E
6				ER
7	120		931	MR
8				E
9				ER
10	105	105	931	MR
11				E
12				ER
13	90	90	931	MR
14				E
15				ER
16	65	65		MR

ようにウェブ分割圧延法は圧伸びを小さく抑制してフランジ部を効率的に成形することにその特徴があるが、このためには  $B_r$  を実用可能の範囲でできるかぎり小さくすることが有効である。

(2) 非圧下部面積比  $S_{F0}/S_0$  の影響

Fig. 16 に種々の圧延条件における  $S_{F0}/S_0$  と伸び比  $\lambda$  の関係を示す。  $S_{F0}/S_0$  の増加とともに伸び比  $\lambda$  は減少し、  $S_{F0}/S_0 > 0.7$  の領域においては  $\lambda = 1$  となり、ほ

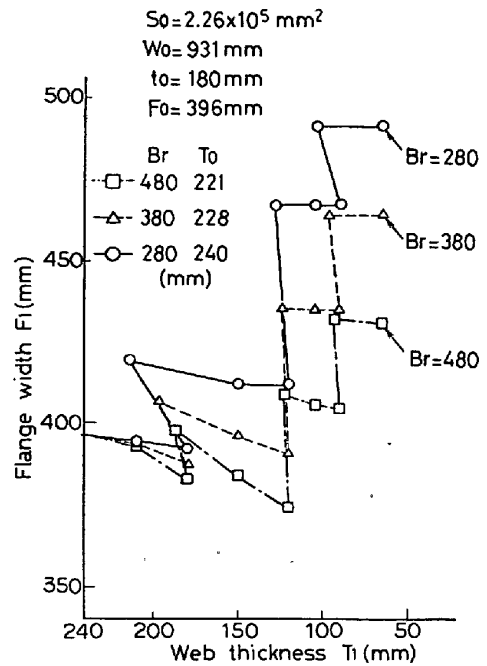


Fig. 15. Effect of Br on flange width at partial web rolling. Rolling conditions are the same as those of Fig. 14.

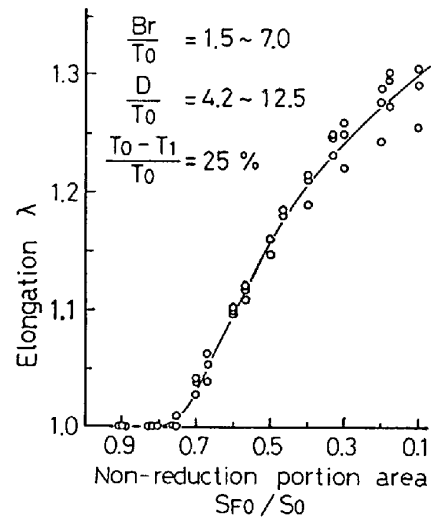


Fig. 16. Effect of non-reduction portion area  $S_{F0}/S_0$  on elongation.

とんど伸びを生じない、 Fig. 14 において  $\lambda$  が収束するのはこのことに起因している。このためウェブ分割圧延において重要なことは、できるかぎり  $S_{F0}/S_0 > 0.7$  となる圧延条件を設定することである。  $B_r$  によつてウェブ分割圧延時の挙動が変化するのは、  $B_r$  が  $S_{F0}/S_0$  を変化させるためであり  $B_r$  の設定がきわめて重要である。

5. 当技術の成果

当技術の開発により以下に示す多大の成果が得られた。



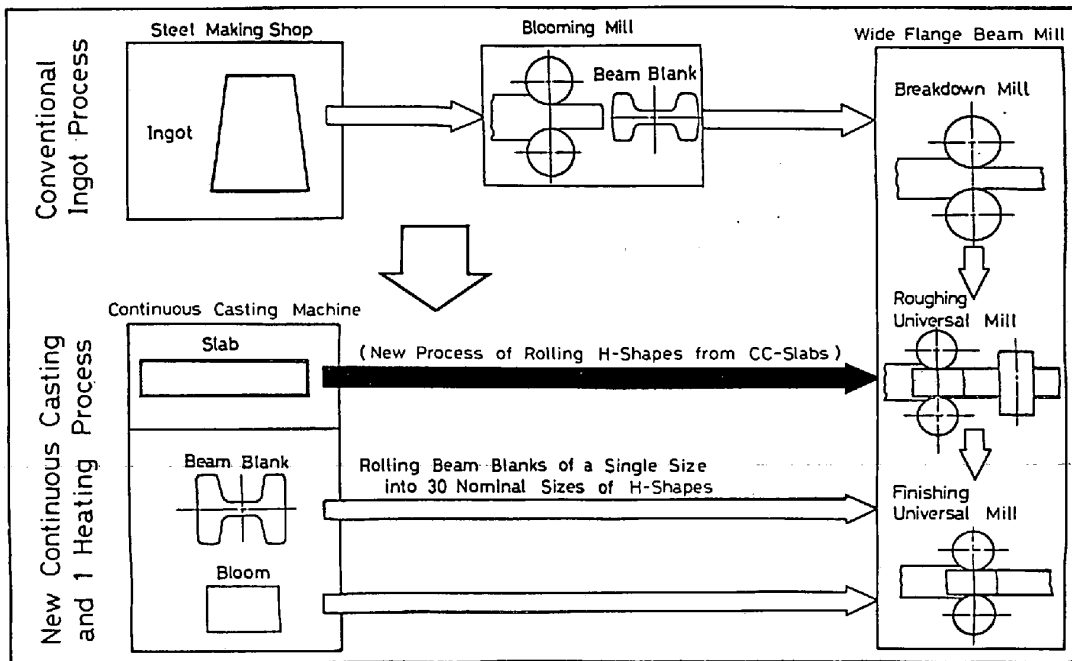


Fig. 17. New process of producing H-shapes.

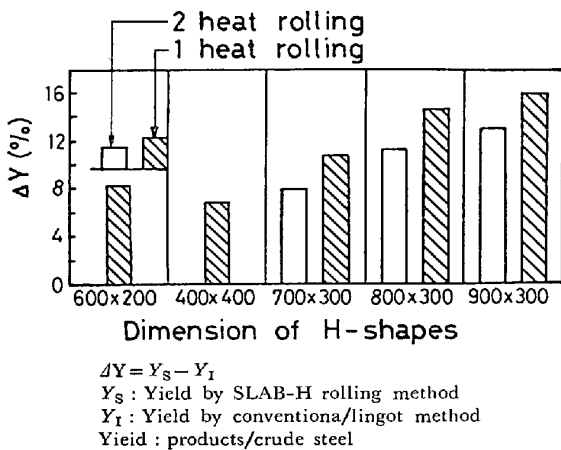


Fig. 18. Yield improvement by the application of SLAB-H rolling method

- (1) H形鋼最大サイズに至る連铸化の達成  
大形H形鋼の約40%に連铸スラブを適用し、残る60%には連铸ビームブランクを適用している。
- (2) H形鋼全サイズの1ヒート圧延プロセスを実現  
すべてのH形鋼について Fig. 17 に示すごとく連铸素材からの1ヒート圧延を実現し、分塊工程を省略した。
- (3) 大幅な歩留りの向上
  - (i) 本圧延法そのものがクロップロスが少ない高歩留り圧延法であること。
  - (ii) 連铸素材の高品質による素材の無手入れ化。
  - (iii) 素材起因による製品不良の減少
  - (iv) 素材重量精度の向上による良質部切り捨て量の

減少

(v) 素材単重の増加によるアズロール長さの増大などにより、粗鋼対製品の通算歩留りは Fig. 18 に示すように製品サイズにより7~15%、平均約12%に及ぶ大幅な向上を達成した。

(4) 注文1級品採取率の向上

素材を連铸化することによる素材重量精度の向上と素材起因の製品不良の減少は、素材に対する製品採り合わせ計画の適中率を高め、余剰製品発生率は7%から1.5%に減少し、注文1級品採取率の向上に大きく寄与した。

(5) 製品品質の向上

造塊セミキルド鋼から連铸キルド鋼への転換をはかったことにより、セミキルド鋼特有の線状疵や内部欠陥のない高品質の大形H形鋼の製造が可能となった。

(6) 省エネルギー

分塊工程を省略した1ヒート圧延により製品tあたり約 $150 \times 10^3$  kcalの省エネルギーを達成した。

(7) 素材の集約、統合による工程の合理化

H形鋼サイズ間の素材の互換性が向上し、また厚板用素材との共用も可能となつて、特殊規格や小ロットオーダーの生産を経済的に行いうる製造体制を確立した。

(8) 設備投資抑止効果

スラブH法は圧延技術の開発とロールの改造のみによつて実現したプロセスであり、設備投資をまったく伴っていない。従来技術の概念では大形H形鋼を連铸化するには大規模なビームブランク連铸機の設置を必要とする

が、本技術の開発によつてこれを不要とした設備投資抑止効果はきわめて大きい。

## 6. 結 言

ベリー法とウェブ分割圧延法とによつて構成されるスラブH法の開発によつて、すべての大形H形鋼を連鑄製スラブから1ヒート圧延する製造プロセスを確立した。

このスラブH法の特徴は、圧延の基本である圧延方向伸びを抑制し、幅広がり変形を積極的に利用してビームブランクの成形を行う点である。その結果、省工程、歩留りおよび品質の向上、省エネルギーなど多くの成果が得られ、大きな経済的効果をあげることができた。

スラブH法は従来のH形鋼製造プロセスを改革する新圧延法であり、多サイズ少量生産の大形H形鋼に対し、現状における最適製造プロセスと考えられる。特に形鋼圧延においては、製品形状・サイズに対応した最適な素材形状と圧延法の研究が重要な課題である。スラブH法においては、複雑な3次元変形を伴う圧延先後端の非定常域における変形挙動を解明し、圧延技術の改善によつ

てさらにクロップロスを減少をはかることが今後の研究課題である。

## 文 献

- 1) 田中輝昭, 山下政志, 永広尚志, 人見 潔, 阿久根俊幸, 草場 隆: 川崎製鉄技報, 10 (1974) 4, p. 69
- 2) 長田修次, 神山藤雅, 河原田実, 中島浩衛, 柳本左門: 昭和 52 年度塑性加工春季講演会講演論文集, (1977), p. 125
- 3) 斎藤好弘, 綾田倫彦, 加藤健三: 昭和 53 年度塑性加工春季講演会講演論文集, (1978), p. 209
- 4) 草場 隆, 阿久根俊幸, 栗山則行: 昭和 55 年度塑性加工春季講演会講演論文集, (1980), p. 49
- 5) 柳沢忠昭, 田中輝昭, 山下政志, 中西輝行, 草場隆, 阿久根俊幸: 塑性と加工, 21 (1980) 235, p. 696
- 6) 草場 隆, 佐々木徹: 第 31 回塑性加工連合講演会講演論文集, (1980), p. 411
- 7) 草場 隆, 佐々木徹: 昭和 56 年度塑性加工春季講演会講演論文集, (1981), p. 159
- 8) 柳沢忠昭, 田中輝昭, 山下政志, 草場 隆, 奥村寛, 笹田幹雄: 昭和 56 年度塑性加工春季講演会講演論文集, (1981), p. 163