

新日鐵住金(株)のH形鋼製造技術

H-shaped Steel Manufacturing Technology

佐伯 英二*
Eiji SAIKI

松田 勝也
Katsuya MATSUDA

抄 録

新日鐵住金(株)のH形鋼製造技術について概説した。一般的なH形鋼製造技術と比較して、多様な寸法のH形鋼を高効率に生産する4つの特徴を有している。(1) スキューロールと胴幅可変ロールを使用することにより、ウェブ高さの異なるH形鋼を自在に製造可能である。(2) 圧延温度制御技術の使用により、フランジとウェブの厚み差の大きなH形鋼が製造可能である。(3) 径可変エッジャーロールの使用により、ロール組替を行うことなく異なるフランジ幅のH形鋼が製造可能である。(4) サイジング圧延技術の使用により、単一断面素材から様々なサイズのH形鋼を製造可能である。

Abstract

We outlined for Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation of H-shaped steel manufacturing technology. Compared with the general H-shaped steel production techniques, there are four features to produce H-beams of various dimensions with high efficiency. (1) by using the skewed rolls and free size finishing mill, it can be manufactured freely web height of different H-shaped steel. (2) by the rolling temperature control technology, H-shaped steel of thickness difference between the flange and the web can be produced. (3) By using the free size edger rolls, it can be manufactured different flange width of the H-shaped steel is produced without performing the replacement roll pair. (4) by the use of sizing rolling technology, it is possible to produce a variety of sizes of H-shaped steel from a single cross-section material.

1. 緒 言

一般的なH形鋼の圧延法は、図1に示すように加熱炉で加熱した素材を粗圧延ミルでビームブランク形状に造形した後、ユニバーサルミルでフランジとウェブの厚みを、エッジャーミルでフランジ幅を造形するものである。従って、ウェブ内幅は使用する水平ロールの胴幅によって定まり、

フランジ幅（フランジ深さ）は、エッジャーロールのかりバ深さにより決まるため、必然的に内法一定のH形鋼となる。そのため、異なるウェブ高さやフランジ幅（フランジ深さ）の製品を製造するためには、水平ロールやエッジャーロールのロール交換が必要となる（図2）。

また、H形鋼の熱間圧延では、断面内各部位の温度履歴の差に起因して、内部応力が生じ、極端な場合はウェブが座屈することからH形鋼の製造可能範囲には限界があるのが一般的である。

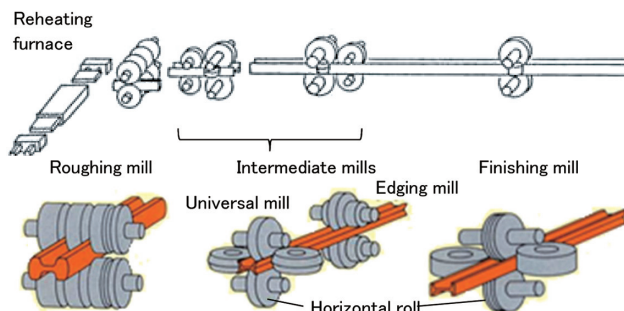


図1 一般的なH形鋼の圧延方法
Conventional manufacturing process of H-shapes

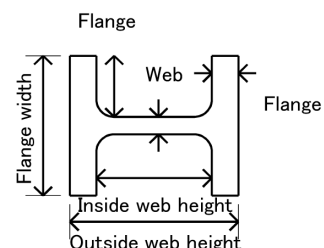


図2 各部名称定義
Name definition of each part

* 和歌山製鉄所 [堺地区] 形鋼部 形鋼技術・管理室 主幹 大阪府堺市堺区築港八幡町1番地 〒590-8540

これに対して、新日鐵住金(株)では、ウェブ高さを自在に調整できるウェブ高さ自在成形技術および異なるフランジ幅の製品をロール交換なく製造できる径可変エッジャーロールの使用によって、ウェブ高さとフランジ幅の異なる製品を広範囲に造り分けている。また、フランジとウェブの厚みについても、厚み比圧延温度制御技術を駆使し、多様なサイズのH形鋼製造を実現している。

加えて、スラブサイジング圧延技術を使用することで、素材となる同一の矩形スラブから異なるサイズの製品の造り分けを実施していることも特徴である。

2. 高効率自在寸法成形技術

2.1 スキューロールによるウェブ内幅調整圧延

ロール交換なしにウェブ内幅を調整する方法としては、ウェブ部分圧延法、ウェブ引き伸ばし法、幅方向圧延法などの技術が提案されている。新日鐵住金では、これらの技術のうち、1パスで効率よく広範囲に調整できる方法であるスキューロール式圧延法を採用している。この圧延法の原理は、図3に示すように左右、上下4本のロールの軸芯が圧延方向に対してクロス角 α と左右ロールの間隔Lを持つように配置した圧延機によって、前工程で中央部より厚く成形したウェブの両端部(与肉部)を斜め方向に圧延してウェブの内幅を拡幅するものである。この時、 α およびLをウェブ内幅拡大条件に合わせて設定することで、所定のウェブ高さの製品を得ることが可能となる。

スキューロール式圧延法におけるロールバイト中の材料の変形過程を図4に示す。変形挙動は3領域に分けて考えることができる。圧延入側の領域Iではウェブの圧下は行われていないが、ロール側面とフランジ内側が接触してウェブ全体を幅方向に引き伸ばし、ウェブ内幅が拡大される。与肉部が圧下される領域IIでは、与肉が幅方向に圧延されるため大きな拡幅が生じる。出側の領域IIIでは、ウェブ圧下は終了しているが、ロールとフランジ内側が接触しており、ウェブ全体が引き伸ばされて拡幅を生じる。以上のようにスキューロール式圧延によるウェブ内幅の増大はウェブの引き伸ばしと与肉の幅方向への流動から構成されている。

スキューロール式圧延法が他の方法よりも優れる点としては、1回の圧延で広範囲のウェブ内幅が制御可能であることに加え、形状が安定し寸法精度が高いこと、他の圧延

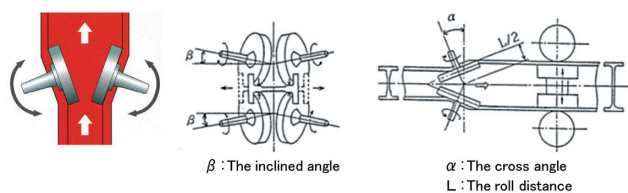


図3 スキューロール圧延の原理
Principle of the skewed rolling

法に比べて圧延負荷が小さく圧延機のコンパクト化が可能であることなどが挙げられる。

2.2 胴幅可変水平ロール

スキューロールミルでウェブ内幅を所定の寸法に調整した後、仕上げユニバーサル圧延機で整形圧延するためには、オンラインで短時間にロール胴幅が調整可能な水平ロールが必要であり、図5に示す胴幅可変水平ロールを使用している。胴幅可変水平ロールの構造は、ロールショック間に剛性の高いアーバーにて構成し、ロール幅調整機構をロールショック外側に位置させることでロール軸の曲げ剛性を保ちつつ信頼性の高いロール幅調整機構を達成している。

幅調整のために分割したロールを各々アーバーと中間スリーブに焼嵌めし、操作側のロールを焼嵌めした中間スリーブは、操作側ロールショックに組み込んだスラストベアリングに軸方向を固定し、一方、駆動側のロールを焼嵌めしたアーバーは中間スリーブの内部を貫通させ、その端部を胴幅調整駆動部に接触させている。このロールはロール軸が二重構造となっており、ロールの回転力はスプラインで伝達する。胴幅は左右(内外)のロール間隔をスクリーユにより調整している。

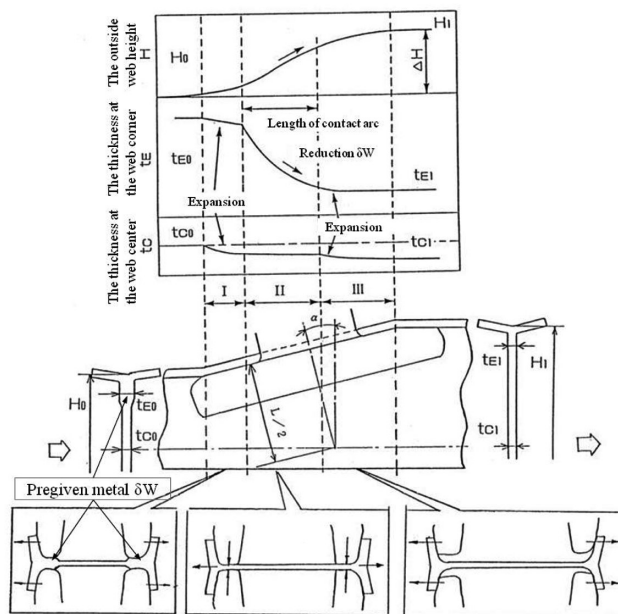


図4 ロールバイト内の変形挙動
Deformation activities in the roll bite

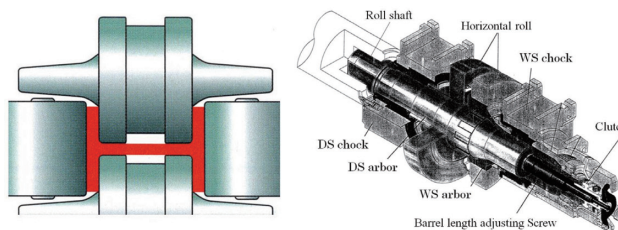


図5 胴幅可変仕上げロールの構造
Structure of free size finishing roll

2.3 径可変エッジャーロール

H形鋼のフランジ幅は図2に示したように上下のフランジ深さとウェブ厚みの総和である。エッジャーロールはフランジ先端部を圧下するフランジ圧下部と鋼材を適正な位置に誘導する役割を果たすウェブ拘束ロール部からなる。製品のフランジ深さよりも著しく小さなカリバ深さのエッジャーロールを使用して圧延を実施すると、フランジ幅に対するウェブの中心位置の上下方向のずれが生じてしまうため、異なるフランジ幅（フランジ深さ）の製品を圧延する場合は、製品のフランジ深さと近似のカリバ深さを持つエッジャーロールへの交換を行う必要がある。径可変エッジャーロールはロール交換を行うことなく、異なるフランジ幅の製品を圧延するために開発したロールである。

図6は径可変エッジャーロールの構造を示している。径可変エッジャーロールは、フランジ圧下部とウェブ拘束ロール部を分離し、両者の間に偏芯リングを介在させたものである。この偏芯スリーブをロール外部に配した偏芯リングの位置決め装置を用いて回転させることで、フランジ圧下部とウェブ拘束ロール部の相対位置を変化させカリバ深さを可変としたものである。

径可変エッジャーロールを使用する利点としては、圧延中のいかなるパスにおいても製品のフランジ深さとエッジャーロールのカリバ深さを近似させることができるため、一般的なエッジャーロールを使用する場合よりもウェブ中心偏りの少ない製品を製造できるという点も挙げられる。

2.4 圧延温度制御技術

圧延H形鋼は一般に、フランジ厚に比べウェブ厚が薄いため、圧延、冷却過程で熱容量、熱放散の差にフランジとウェブに温度差が生じて熱応力が発生する。この応力はフランジに引張、ウェブに圧縮の内部応力として蓄積され、ウェブの圧縮応力が座屈限界応力（座屈応力）を超えると冷却ウェブ波が発生する。

図7はH形鋼が高温から空冷される際のフランジとウェブの温度と熱応力の推移を模式的に示したものである。フランジよりも厚みの薄いウェブは冷却が先行し、常にフランジよりも低温で推移する。フランジとウェブの温度差に

注目すると、フランジが $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態（発熱変態）を終了する時ひとつのピークを示し、その後漸減する傾向があり、ウェブの冷却はフランジより先行するが、フランジ変態終了後の冷却速度はウェブの方が小さいことを示している。この不均一冷却により、時々刻々の熱収縮量が異なり、この差をフランジとウェブで相互に拘束し合うため、長さ方向の熱応力が発生する。

熱応力はフランジとウェブで逆符号となる。ウェブの熱応力に注目すると、フランジが変態を終了し、温度差が縮小していくにつれて、冷却速度が大きく、収縮の早いフランジに圧縮され圧縮応力が蓄積していく。この時、変態は膨張を伴うため、ウェブが変態する時は、ウェブの応力は圧縮、フランジの応力は引張となり、フランジが変態する時はこの逆の応力状態となる。ただし、変態を終了するまでは塑性変形が容易なため、熱応力は大きくはならない。冷却ウェブ波はフランジとウェブの板厚差が大きく、温度差が大きくなりやすいサイズほど発生しやすい。冷却ウェブ波を防止するには、フランジとウェブの温度差を極力小さくする必要があるが、これを実現する方法として、圧延直後にフランジ外側面にフランジ水冷を行う方法を採用している。

冷却ウェブ波の発生防止のみを目的に極端に水冷を行った場合、水冷面において焼き入れ硬化組織が生じ、硬度上昇を招いたり、水冷により極度の低温圧延となると細粒フェライト相が温間加工され降伏強度が上昇し、その結果降伏比を著しく上昇させることにもなる。そのため、H形鋼の

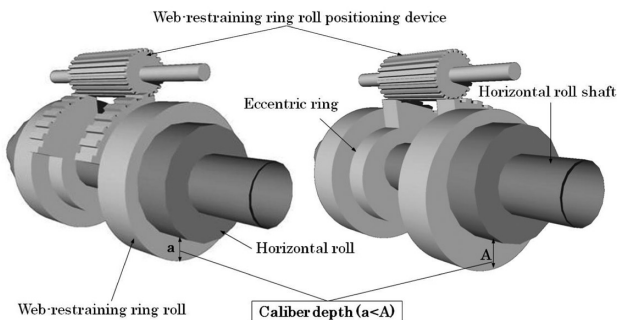


図6 径可変エッジャーロールの構造
Structure of free size edging roll

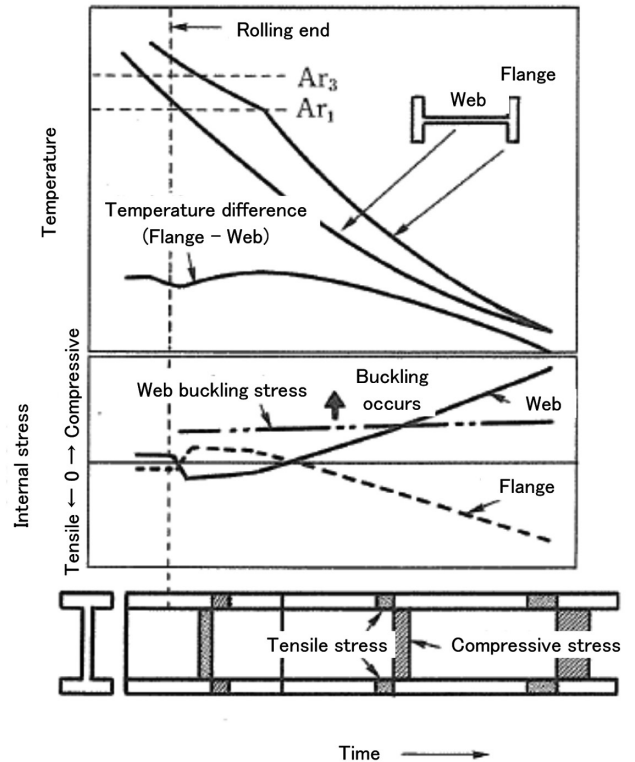


図7 H形鋼の冷却曲線と熱応力の推移
Transition of cooling curve and heat stress of H-shapes

圧延温度制御技術では、冷却ウェブ波の防止と同時に材質制御も実施している。

3. スラブサイジング圧延技術

圧延H形鋼に用いる素材としては、大きく分けて製品に近い粗断面のビームブランクから製造する方法と矩形スラブから製造する方法に分類される。ビームブランクを素材として使用する場合、素材が既に製品寸法相当の粗断面となっているため、安定的に製品を造形できるという利点がある。一方、矩形スラブを用いる場合、より大きな形状変化が必要なため、造形面ではビームブランク素材よりも不利となるが、単重の大きな素材を使用できるため、生産性の高さの面で優れており、現在は生産性の高いスラブを使用する製造方法を採用している。

矩形スラブからH形鋼を製造する場合、粗圧延段階でスラブの短片側に割り込みを入れ、H形鋼のフランジ部を形成させる。これを複数のエッジング孔型で徐々に広げていくことで所定のフランジ幅を確保する。最後に製品寸法に近似の形状を持つ孔型を使用して圧延することで、粗断面のビームブランク素材を造形する。粗圧延機のロールに配置できる孔型の数はロールの胴長により制限されるため、エッジング圧延時の圧下量が制限され、製品寸法（ウェブ高）に応じて、適切なスラブ幅を選択する必要がある。そのため、多種のウェブ高の製品を製造する場合には、必要な素材スラブの幅も多種となるという課題がある。これを解決するため、粗圧延機の前段にエッジング圧延専用のサイジングミルを配置することで、異なるウェブ高の製品を共通のスラブ幅から製造することを可能としている。

スラブからH形鋼を製造する方法は、ビームブランク素材を用いる場合に比べて、造形面の安定性が不利であることを述べた。このひとつの要因としては、エッジング圧延の際、鋼材をロール（孔型）の中心位置に正確に誘導しなければ、肉量のアンバランスが発生してしまうことにある。そこで、この課題に対応するため、サイジングミルでは、鋼材位置を常に固定し、スタンドシフトにより、使用する孔型を変更する方式を採用することで、正確な鋼材誘導性を確保している。これを図8に示す。

4. 結 言

これまでに記述したH形鋼の高効率製造を実現した製造プロセスを図9に示す。加熱炉で加熱したスラブを2機の粗圧延機により、所定形状のビームブランクに造形する。この際、前段に配置したサイジングミルは、エッジング圧延に特化して使用することで、素材の共通化を行うことができる。中間圧延機群では、ユニバーサル圧延機により狙いの厚み寸法に仕上げるとともに、エッジャーミルに配置された、径可変エッジャーロールを使用して、自在にフランジ幅の造り分けを行う。

最後にスキューロール圧延と仕上げ圧延機に配置された胴幅可変水平ロールを用いて、ウェブ高さの調整を実施している。また、中間圧延機の前後および仕上げ圧延後にフランジ水冷を行うことで、フランジとウェブの厚み差が大きなH形鋼においても、冷却ウェブ波を発生させることなく製造が可能である。

これらの一連の技術を用いることにより、需要家からの要望が高い外法一定でフランジとウェブの厚みの組み合わせ

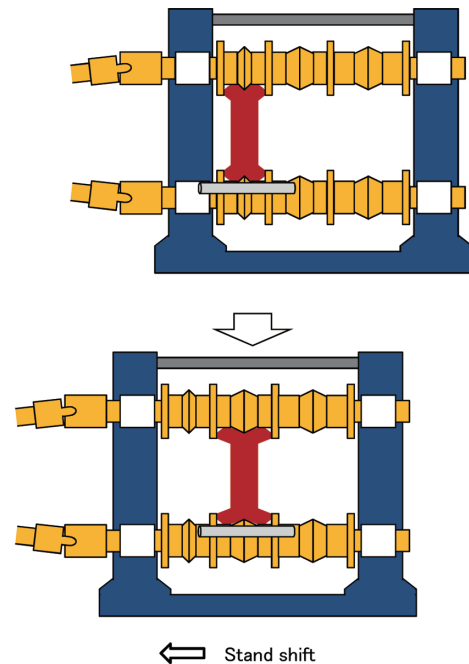


図8 サイジングミルの構造
Structure of sizing mill

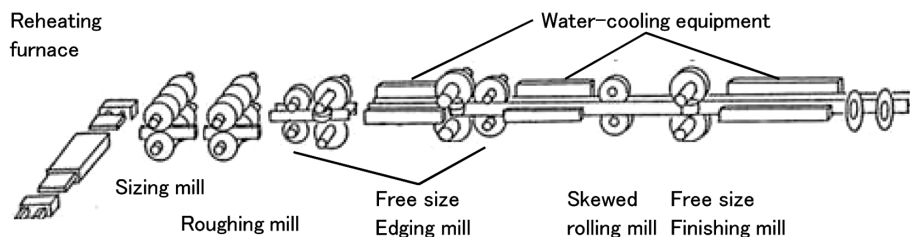


図9 H形鋼の自在成形圧延方法
Flexible universal rolling process of H-shapes

せが自在な製品を高効率に生産することが可能となった。現在、外法一定H形鋼は400×200から1000×400までの最大47シリーズ、611サイズ製造可能である。また、ロール組替を行うことなく多様な国際規格のH形鋼を製造することもできる。

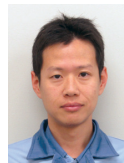
今後も引き続き、H形鋼の大断面化や高強度化などの需要家ニーズに対応できる技術開発を推進することが必要である。

参照文献

- 1) 稲垣彰 ほか：新日鉄技報. (343), (1992)
- 2) 松田勝也：東南アジア鉄鋼協会報告. 2012



佐伯英二 Eiji SAIKI
和歌山製鉄所 [堺地区]
形鋼部 形鋼技術・管理室 主幹
大阪府堺市堺区築港八幡町1番地 〒590-8540



松田勝也 Katsuya MATSUDA
和歌山製鉄所 [堺地区]
形鋼部 堺大形工場 圧延課長