
ドッグボーン状鋼片の開孔形による圧延変形挙動

Deformation Characteristics of Beam Blanks Rolled by Open Caliber

草場 隆(Takashi Kusaba) 佐々木 徹(Toru Sasaki)

要旨：

H 形鋼の粗圧延には通常開孔形が用いられ、材料は必然的に幅方向に不均一な圧下、即ち投影接触長が不均一になるように圧下を受ける。このため材料内のメタルフローが非常に複雑となり、製品にとって不都合な種々の現象が現れる。ここでは開孔形による H 形鋼粗圧延時の特徴的変形を紹介し、あわせて開孔形による H 形鋼の新しい粗圧延法について述べる。

Synopsis：

Open caliber rolls are usually used in break down rolling of H-shapes and the beam blanks are heterogeneously reduced over the width direction with the unequal projected roll contact area. Since the metal flow of the material is extremely complex, various inexpedient phenomena appear in the products. This paper introduces the deformation characteristics of beam blanks in break down rolling of H-shapes by open caliber and suggests a few new methods about this process.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

ドッグボーン状鋼片の開孔形による圧延変形挙動

Deformation Characteristics of Beam Blanks Rolled by Open Caliber

草 場 隆*

Takashi Kusaba

佐々木 徹*

Toru Sasaki

Synopsis:

Open caliber rolls are usually used in break down rolling of H-shapes and the beam blanks are heterogeneously reduced over the width direction with the unequal projected roll contact area.

Since the metal flow of the material is extremely complex, various inexpedient phenomena appear in the products.

This paper introduces the deformation characteristics of beam blanks in break down rolling of H-shapes by open caliber and suggests a few new methods about this process.

1. 緒 言

H形鋼の製造は、通常開孔形による二重式圧延機での成形、ついで水平ロール、垂直ロールを有するユニバーサル圧延機での成形により行われる。後者においては、被圧延材のウェブ部分とフランジ部分に対しバランスのとれた圧下率を付与することが可能であるが、前者の開孔形圧延では、断面がドッグボーン状である材料を上下一對のロールにより圧下するので、断面各部における圧下率の著しい不均一分布が避けられない。これは材料の幅方向で投影接触長が大きく変化することを意味し、メタルフローがきわめて複雑化するので、製品品質に不都合な諸現象をもたらしている。

単純な平板の圧延においてさえ、幅広がりを考慮した3次元的なとりあつかいについての理論化は、未完成で実験式に頼らざるをえないが、このような開孔形によるドッグボーン状材の圧延にいたっては、実験式すらほとんど見あたらないのが現状である。

このような事情を考慮して、本報では開孔形によるH形鋼粗圧延の各種の変形に注目し、一部の特徴的な現象を述べるとともに、若干の新しい粗圧延法についても触れた。

2. 開孔形による圧延形態の分類

ドッグボーン状鋼片を開孔形により圧延する際の材料と孔形の関係は多様であるが、それらを分類整理するとTable 1のように七つの変形形態に区分でき実際の操業では、これらの変形要素を適宜組合せて、分塊またはブレードダウン圧延機によるユニバーサル圧延前素材の成形が行われる。

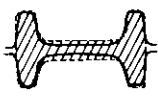
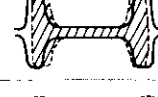
3. ウェブ圧下による幅広がり現象

ウェブの減厚を主目的とする圧延が平板圧延と異なる点は、ウェブの両側にフランジが存在していること、およびウェブ内での圧下率が幅方向に一樣でないことである。

ウェブ圧下に伴う変形挙動を、ウェブの幅広が

* 技術研究所水島研究室主任研究員
〔昭和54年10月29日原稿受付〕

Table 1 Deformation pattern of beam blanks by open caliber in break down rolling

Classification of deformation	Relation between caliber and material
1. Centering rolling	
2. Rolling both web and flange with different reduction	
3. Edging rolling	
4. Enlarging web height	
5. Reducing flange width	
6. Rolling only web part	
7. Rolling only flange part	

りに注目し、平板圧延の幅広がりも含めて検討を行った。

3・1 平板圧延時のメタルフロー

平板圧延時の幅広がり率は圧下率、板厚比（ロール径： D /板厚： H_0 ）、板幅比（板幅： B_0 /板厚： H_0 ）、摩擦係数、材質などの影響を受け、従来までに種々の実験式が提唱されている¹⁻³⁾。一般に圧下率、板厚比が大きいほど、また板幅比が小さいほど幅広がり率が大きくなる。

縦縞のプラスチック板材を用いて板幅比、圧下率による内部のひずみ分布変化を調べた。板幅比1～4.5の板材を40%圧下した後の断面形状を**Photo. 1**に示す。また圧延後の板厚中心における幅広がり比（各縦縞の圧延前後の幅変化）の板幅内での変化を測定すると**Fig. 1**のようになった。

これらから圧延材とロールとの接触面は固着されてほとんど幅広がりせず、圧延前の側面が材料上下面に移動し、みかけ上幅広がりしているように見えること、幅広がり比は、板幅比が小さいと板幅中央にピークを有する分布になり、板幅比が大きくなるにしたがってピークは板幅端部の方に移行していくこと、さらに板幅比が大きいものを強圧下すると端部の幅広がり比は1以下になることなどがわかる。

ところで圧延後材料の厚み分布は幅方向に一樣でなく、**Fig. 2**のように板幅比が大きいほど、また圧下率が高いほど板幅中央が板幅端部より厚くなっており、板幅比が小さいと逆に板幅中央の

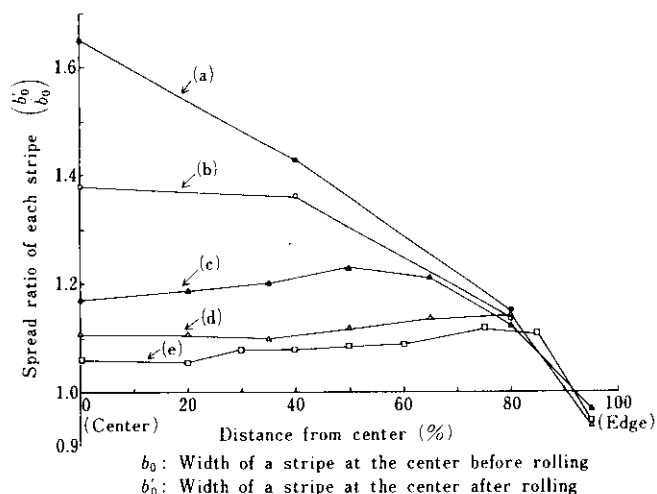


Fig. 1 Spread ratio at mid-section in transverse direction of plasticine models shown in Photo. 1

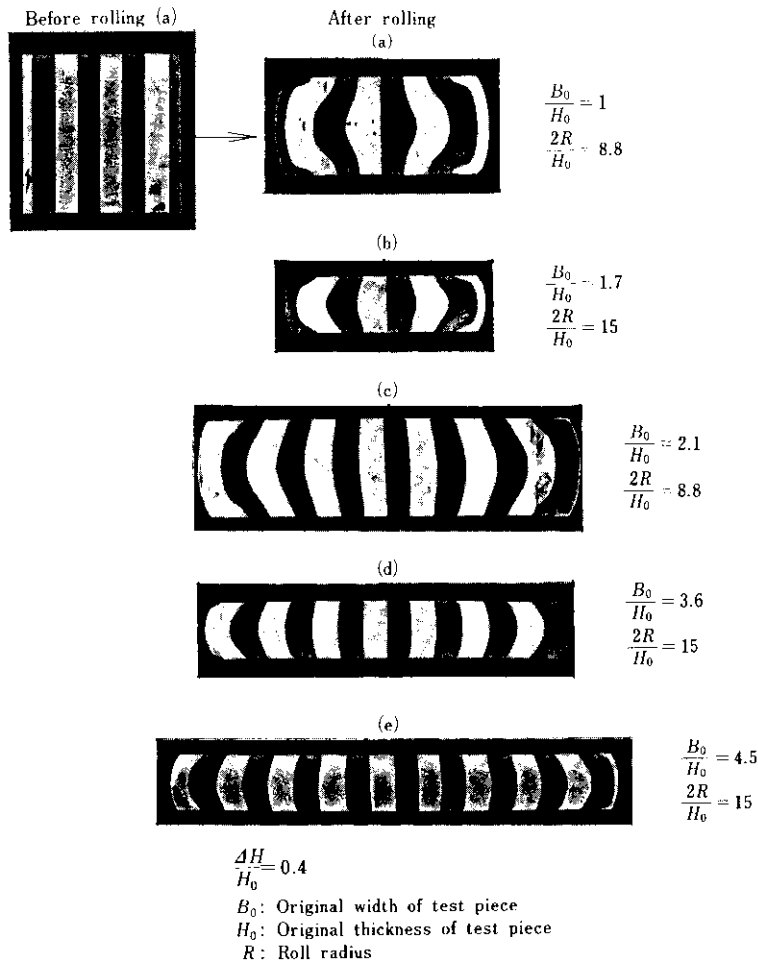


Photo. 1 Cross-sections of plasticine slabs rolled at various shape factors with work roll dia. of 300mm

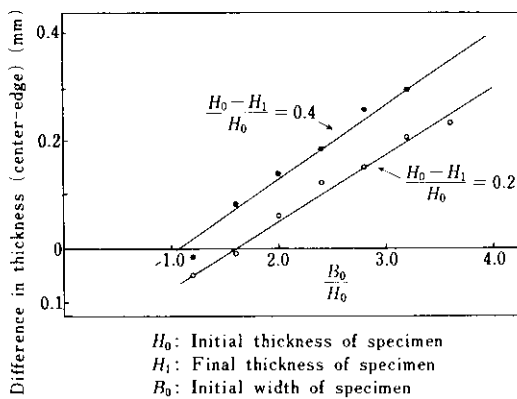


Fig. 2 Sheet thickness distribution of plasticine models in transverse direction after rolling

方が薄くなっている。さらに圧延後の平面形状は Photo. 2 に示すように、先後端非定常域では幅方

向により大きく広がった形状（いわゆるつもの形成）をしているのがわかる。

以上の結果から、平板圧延における幅広がり挙動について定性的に次のように説明することができる。即ち圧延により材料は、強制的に圧延方向に伸ばされようとするが、前後には材料が存在し、

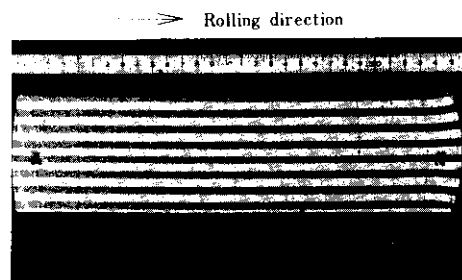


Photo. 2 Plan view of specimen shown in Photo. 1(d) after rolling

拘束があるため特に板幅端部近傍では左右の自由端方向への移動が容易になる。したがって板幅方向でみると、幅方向への移動が容易な、いわゆる幅方向変位非定常圧延域と拘束のために移動が容易でない幅方向変位定常圧延域が存在する。**Fig. 3**に板幅比の異なる材料の幅広がりを模式的に示す。**Fig. 3(a)**のように板幅比が小さいと、全幅が非定常域となり板幅中央を境にA、B部のメタルが左右方向へ移動する結果、幅広がり比は中央にピークをもつような分布になる。

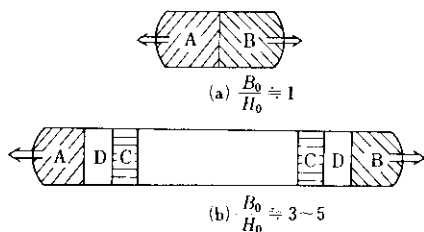


Fig. 3 Schematic representation of spread in cross section

Fig. 3(b)のように板幅比が大きくなると、図中C部はD部の拘束を受け、幅方向移動が容易でなく(定常域)、非定常域のA、B部が側面方向へ移動する結果、境界のD部近傍の幅広がり比が最も大きくなる。したがって、幅広がり比がピークになる位置は上述した定常域と非定常域の境界を表わすものといえる。

ところで、非定常域は幅方向への移動が容易であるので、圧下による圧延方向伸びが相対的に低下していることは**Photo. 2**からも容易に推定されるが、このことは一体圧延される材料では、非定常域は定常域により張力を、定常域は非定常域により圧縮力を受けることを意味し、これが**Fig. 2**の板厚分布の原因になっている。

一般に板幅比が15を超えると幅広がりが無視できるとされているが、これは板幅に対する端部非定常域の占める割合が小さくなることで、定常域への影響が小さいことおよび板幅端部が張力を受け、逆に幅縮みを生じ全体としての幅広がりを相殺するためと考えられる。

以上のように通常の平板圧延においても、種々の幾何学的条件によって幅広がり大きく変化する。

3・2 平板の幅方向不均一圧延時のメタルフロー

通常ドッグボーン形状のウェブの圧下率は**Fig. 4**に示すようにウェブ端部の板厚が中央部より厚いため幅方向に不均一である。したがってウェブだけ切り離して考えた場合、端部の圧下率は中央部より小さい点が3・1で述べた平板圧延と大きく異なる。

平板材に幅方向不均一圧延を行った時の断面縦縞模様の変化を**Photo. 3**に示す。**Fig. 1**と同様に、

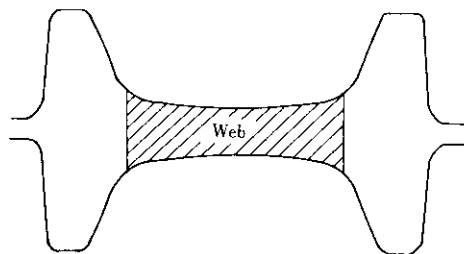


Fig. 4 Inhomogeneous rolling in transverse direction of web part by caliber roll



(a) $B_0 = 64$, Plane part width = 34



(a') $B_0 = 34$



(b) $B_0 = 102$, Plane part width = 72



(b') $B_0 = 72$

(a), (b): Inhomogeneously rolled
(a'), (b'): Homogeneously rolled

Photo. 3 Spread of plasticine models inhomogeneously rolled in transverse direction in comparison with homogeneously rolled ones

これらの板厚中心における幅広がり比の板幅内の変化を Fig. 5 に示す。図中の○印(a')(b')は平坦部に相当する幅の材料に平板圧延を行った場合の幅広がり比であるが、不均一圧下の際に平坦部は同一幅の平板圧延より大きな幅広がりを生じていることがわかる。つまり強圧下部(平坦部)から軽圧下部(端部)へのメタルフロー量を ΔM とすると

$$\Delta M = \Delta M_1 + \alpha \Delta M_2 + \beta \Delta M_3$$

なる関係が存在すると考えられる。

ここで ΔM_1 : 平坦部相当幅の材料を平圧延した時のメタルフロー量(幅広がり量)

ΔM_2 : 強圧下部と軽圧下部の相互作用に

よるメタルフロー量

ΔM_3 : 端部のみ圧下時のメタルフロー量

α, β : 係数

したがって、このような不均一圧延の場合のメタルフロー量を平圧延に近似した矩形換算法で求めても著しく過小評価するおそれがある。

上述はウェブの不均等圧延についてであるが、ウェブとフランジを有するドッグボーン形状における圧下不均等にもそのまま適用できる。すなわち強圧下部(ウェブ)と軽圧下部(フランジ)があり、フランジ部の断面積が圧倒的に大きいということによって ΔM_2 が大きくなり、ウェブの幅広がり

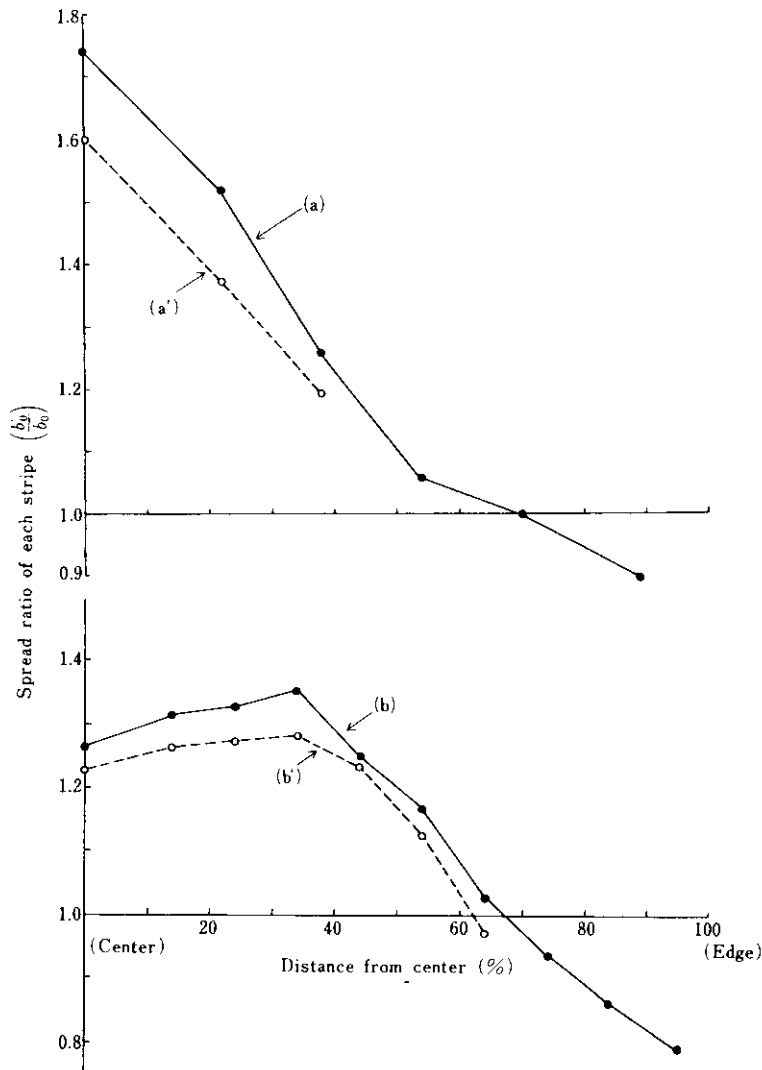


Fig. 5 Spread ratio in transverse direction at mid-section of plasticine models shown in Photo. 3

さらに拡大される。

実際の圧延では、これに加えてフランジ部に孔形の拘束が作用するので現象をいっそう複雑にしている。

4. H形鋼粗圧延時の変形挙動

材料の幅方向に圧下率が著しく不均一となるドッグボーン状鋼片の圧延においては、フランジの肉ひけ、フランジのプルダウン、ロール噛み込み前変形、先後端部の極端な幅広がりなどのさまざまな現象が現れる。

以下にH鋼粗圧延時のこれら特徴的な変形について述べる。

4.1 ウェブとフランジ間の不均一圧下に伴う現象

4.1.1 圧延定常域

プラスチックモデル圧延機でウェブ厚 16mm のビームブランクを 10mm まで圧下し、途中噛み止めた材料の外観を Photo. 4 に、ウェブ厚、ウェブ高さの変化を Fig. 6 に示す。これらから未圧下側でウェブ高さが増加し、ウェブとロールとの接触開



P: Front line Q: Roll center

Photo. 4 Beam blank of plasticine model incompletely rolled (web thickness: 16mm → 10mm)

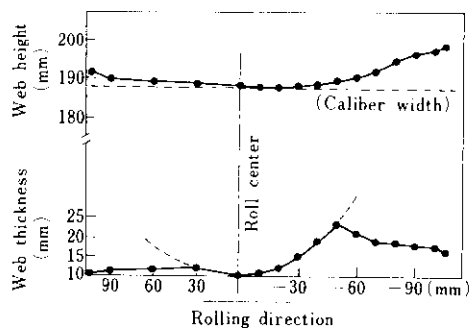
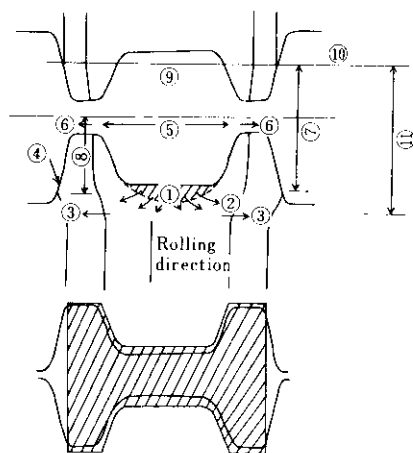


Fig. 6 Distribution of web thickness and height in rolling direction in beam blank of plasticine model incompletely rolled

始直前ではウェブ厚が著しく厚くなっていること、またロールの中心を 30mm 過ぎたところでウェブがロールから離れ、ロールの中心に比べてウェブ厚の回復およびウェブ高さの増加を生じていることがわかる。

このような状況を模式的に示したのが Fig. 7 であり、これはドッグボーン状材料の不均一圧下率



①	Accumulated metal of web
②	Spread of accumulated metal of web
③	Flange is pressed to outside wall of caliber
④	Pull down of flange by caliber wall
⑤	Spread of web by reduction
⑥	Metal flow from web to flange
⑦	Restriction of web spread by caliber wall
⑧	Formation of underfill of flange
⑨	Recovery of web thickness
⑩	Finishing line of deformation
⑪	Deformation range

Fig. 7 Schematic representation of beam blank deformation rolled by caliber roll

分布によって生じる通常の変形を表わしたものである。圧延前材料断面とロール孔形から定まる圧下率は必然的にウェブの方がフランジより著しく大きくなるが、一体物として変形した平均圧下率は両者の間にくる。この平均圧下率とウェブ圧下率の差を埋めるために生じる現象としては、Photo.5

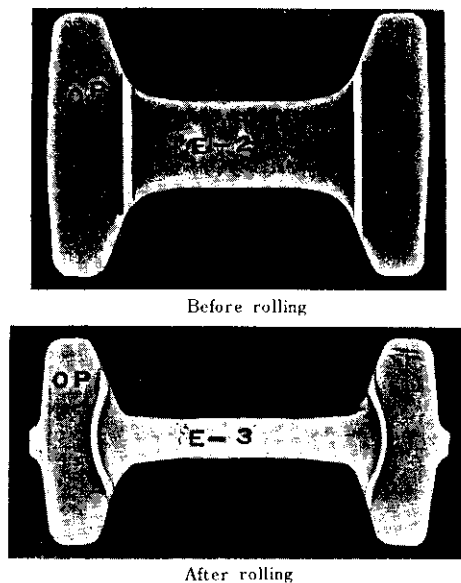


Photo. 5 Metal flow from web to flange
(web thickness: 25mm → 10mm)

に示すようなフランジ方向へのメタルフローであり、Fig. 6に見られるような圧延後のウェブ厚の復元であり、さらに、噛み込んだ状態でロール接触点の直前に生ずるウェブ厚の急激な増加である。ウェブ厚の増加で見られるようなロール噛み込み前の定常的な余肉の蓄積は、幅方向へのメタルの解放を伴う。これがドッグボーン圧延時に特有のいわゆる圧延前変形であって、ウェブは圧延される前に大きく幅広がりを生じ、その結果フランジが孔形外壁部へ押しつけられる。

このあとロールバイト内でのウェブ圧下によるウェブの幅広がりも生じるが、孔形外側壁の拘束を受けるので結局、広がれずその分の圧下が加算されることになる。

ウェブ表面の幅広がりを標線間隔の変化から調べる実験を Fig. 8 のウェブ高さの異なる材料で行った。圧延中は表面はほぼロールに固着され幅広がりにしないためウェブ表面の幅広がり率は、ロー

ル噛み込み前の変形を表わすと考えられるが、Fig. 9に示すようにウェブ減面率・フランジ減面率でプロットすると、材料寸法（ウェブ高さ）によらず一定になることがわかる。

一方フランジについては、平均伸び率に接近するように圧延方向に大きな張力が働く。Fig. 8の各材料圧延後の断面形状を Photo. 6に示す。ウェ

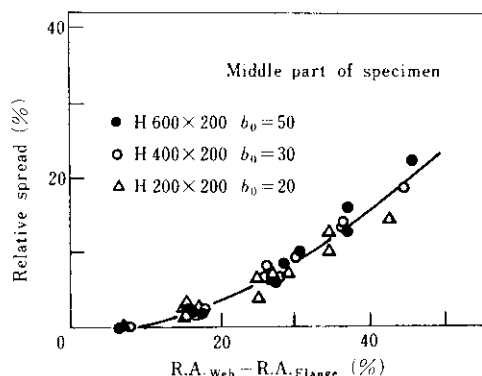


Fig. 9 Relation between spread ratio of web surface and difference in reduction of area between web and flange

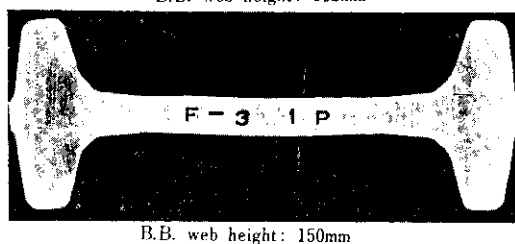
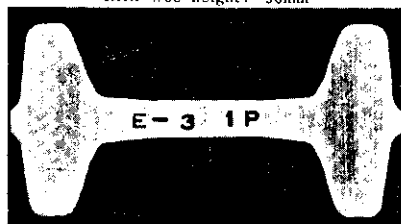
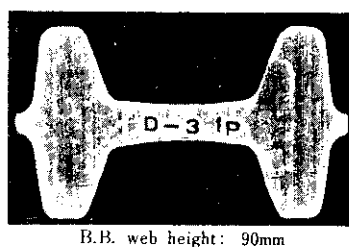


Photo. 6 Underfill of flange after rolling beam blanks with various web height
(Each flange area before rolling is constant. Web thickness: 25mm → 15mm)

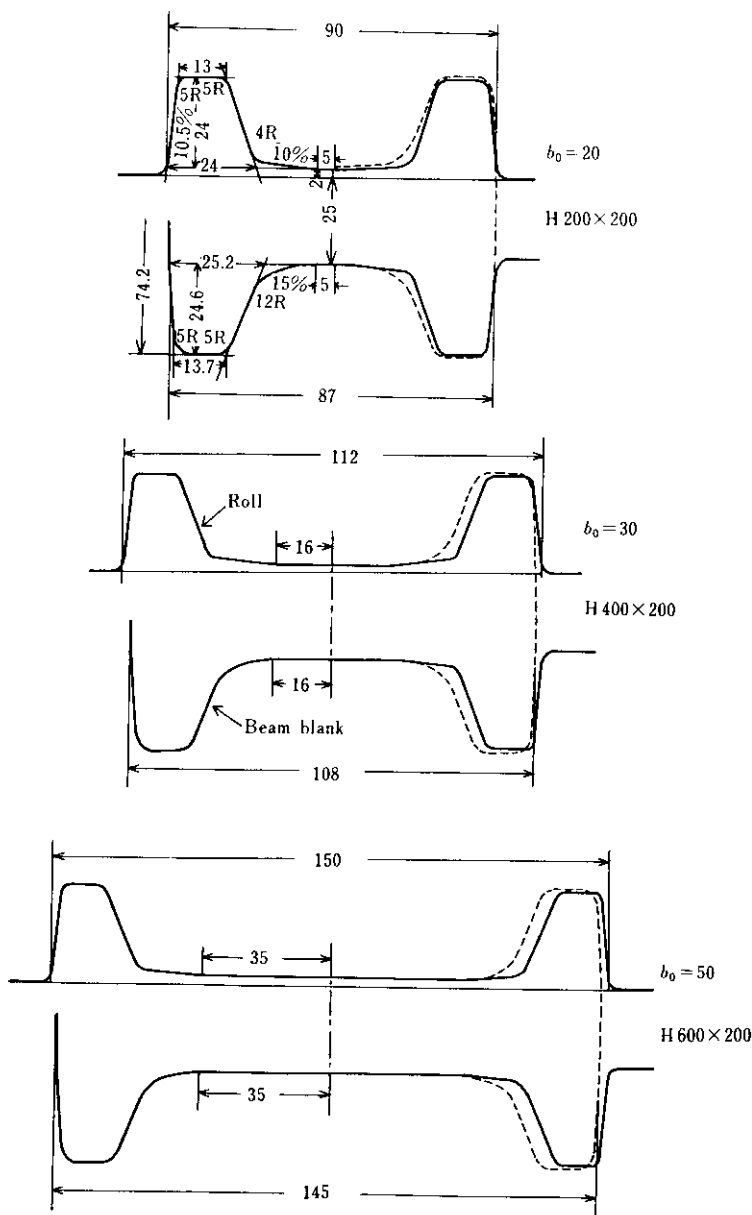


Fig. 8 Shape and dimension of beam blank and caliber to investigate the spread of web surface

ブの板幅比の大きいものでは、フランジに著しい肉ひけを生じている。これは実操業でもウェブ高さの大きい 900×300 , 800×300 , 700×300 各 H 形鋼のブレードダウン圧延で日常経験されているものであるが、ウェブの板幅比が大きくなるとウェブからフランジへのメタルフロー率が小さくなるので、ウェブの圧延方向伸びが大きくなり、それだけ張力も大きくなるためである。このような場

合、もしフランジに欠陥があれば、フランジは圧延中に割裂することがある。

4.1.2 先後端の圧延非定常域

ここで非定常域とは、体積一定則にしたがわない変形が行われる部分のことで、Fig. 10 のようにして求める。この図は、ウェブ厚を 25mm から 15mm に圧下し材料表面各部の圧延方向伸び率を、圧延

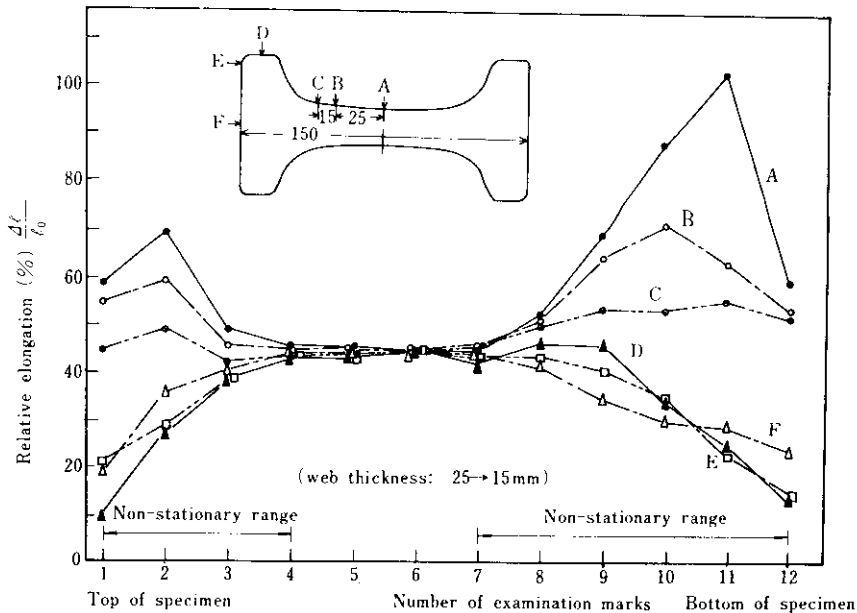


Fig. 10 Non-stationary deformation range of beam blank rolled by open caliber

材の各位置における変化で表わしたものである。

位置 No. 1~No. 4 および No. 7~No. 12 では断面内で伸び率が一様でなく、それぞれ先端側、後端側圧延非定常域の範囲に当たっている。

このように非定常域では、断面内の压下率分布に応じた伸び率が測定される。したがって压下率の大きなウェブでは、Photo. 7 に示すように舌型のクロップが大きく出ることになり、歩止り上り好ましくない現象を生じる。

Fig. 10 と Photo. 7 からわかるように、圧延先端より後端の方がクロップが長く、また非定常域も長くなっている。これは 4.1.1 で述べたようにロール噛み込み前に蓄積するウェブの余肉が、圧延後端で解放されることによる。

非定常域に見られるクロップ以外の不都合な現象としてフランジ外面に生成する圧延疵⁴⁾があり、これを Photo. 8 に示す。この圧延疵発生を実機圧延で説明する模式図が Fig. 11 である。

この図でわかるように、ウェブ压下が行われる 1 パス後に材料先端側のウェブ高さが増加し、次の帰りのパスで後端側となったこの部分がロール噛み込み中さらにウェブ高さを増大し、孔形の幅からはみ出したフランジ外面が、ロールで削られて

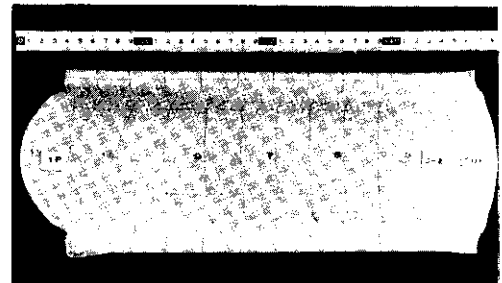


Photo. 7 Formation of tongue crop after rolling (web reduction: 25mm → 10mm)

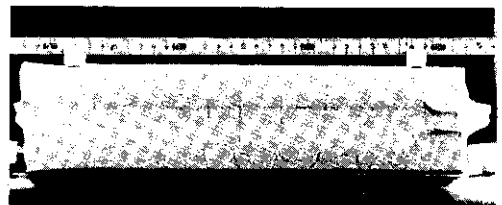


Photo. 8 Overlap at end of flange outside

圧延疵となる。この第 2 パスでの先端側では同様にウェブ高さが増加し、次の 3 パス目では後端側となり、同様にロールによって削られることにより往復圧延では両端とも圧延疵を生成する。

圧延疵の原因となる前パスでの圧延先端側のウェブ高さの増加は、压下率が小さい両端フランジ

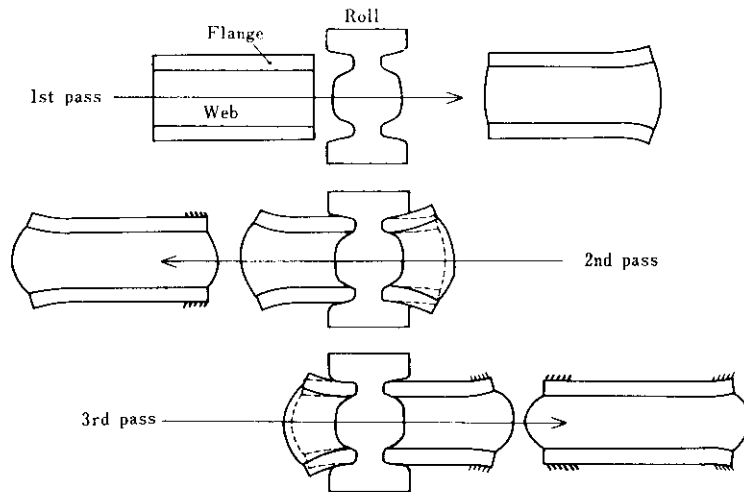


Fig. 11 Schematic representation of forming overlap defects at both ends of flange outside

によりフィレット近傍のウェブは伸びが拘束される結果、幅方向に変形するために生じる。ただし、その増加量に対しては孔形状からの制約があるが、これを Fig. 12 で説明する。

即ち、フランジ外面上端部はロール入側では、 $A' \rightarrow B'$ (孔形のフランジ外側テーパに沿って変形する)、出側では $B' \rightarrow C'$ と変形するのでウェブ高さの増加量は最大 C' までということになる。ただこれはあくまでもウェブの圧下率がフランジより大きく、ウェブの幅広がりが起こることを前提にしている。

圧延後端側では、ウェブに蓄積する余肉の解放があるので前パスでのウェブ高さの増加と合算されて、孔形に入る前にウェブ高さが孔形幅より大きくなり材料のフランジ外側面が削られること

なる。

このような圧延疵の生成傾向は、ウェブ圧下量を一定にした場合ウェブ高さが大きい方が発生しやすい。Fig. 8 に示した孔形と素材を種々の圧下率で圧延した後の圧延後端側のウェブ表面幅広がり率とウェブ、フランジの減面率差の関係を Fig. 13 に示す。図中×印が圧延疵を生成したもので、ウェブ高さが大きい方が小さい幅広がり率でも疵を生じていることがわかる。

圧延疵の発生条件は、簡単に言えば孔形に導入する前に、材料のウェブ高さが孔形の幅より大きくなることであり、この条件はウェブ高さが大きいものほど容易に満足される。その理由として次の二つが挙げられる。まずウェブ幅広がり率が一定であっても (Fig. 13 によればウェブ高さによら

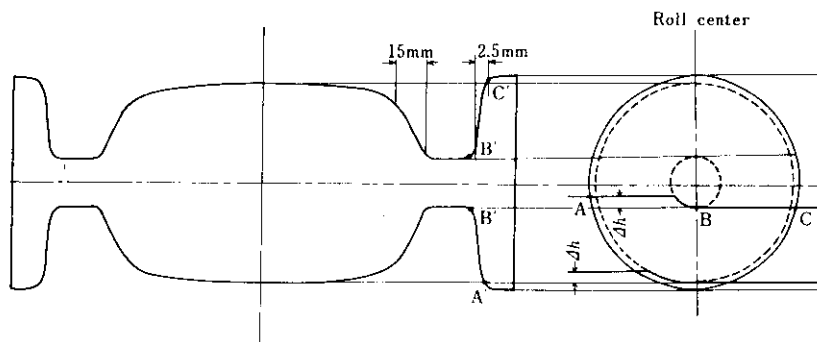


Fig. 12 Restriction of web height spread by caliber profile

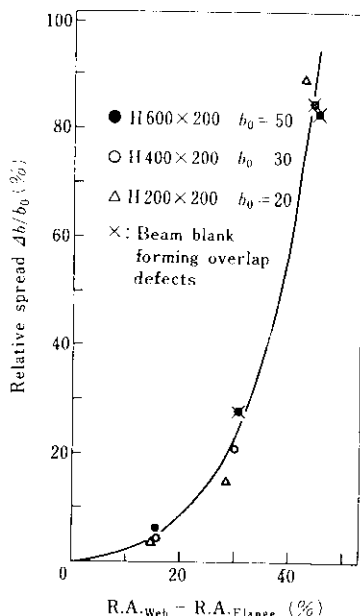


Fig. 13 Spread ratio of bottom end web surface vs. difference in reduction of area between web and flange by the use of caliber and beam blank shown in Fig. 8

ずフランジとウェブの減面率差によって幅広がり率は決まる), ウェブ高さが大きければ増加量の絶対値は大きくなるからである。もう一つの理由はウェブ高さの大きいほうが非定常域が長くなるからであるが, これはウェブ高さが孔形を外れるのは非定常域に限られることと対応している。先の Fig. 8 の実験で得られた非定常域長さは, Fig. 14 (ただしこの値は圧延前素材での長さに換算した) に示すようにウェブ高さが大きいほど長くなっており, これはメタルフローの難易と関係している。ところで実操業でウェブに舌型のクロップが形成されると圧延疵は出にくくなることが経験されるが, これは Fig. 15, Fig. 16 に示すように, クロップが付加されるとウェブの幅広がりが大幅に減少することと, 非定常域長さも減少することとに起因している。

上に述べた圧延疵を防止するためには, 次に述べる手段が有効である。

(1) ウェブ圧下開始以降の数パス以内 (舌型クロップが出るまで) に軽圧下率のエッジング圧延を各パス間に入れる (実機圧延では 1 パスでウェブ高さが孔形幅より大きくなるような強圧下は実際

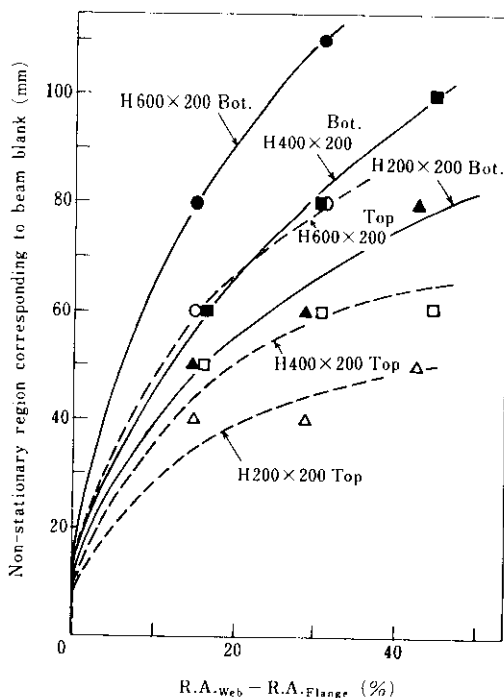


Fig. 14 Length of non-stationary deformation range near both ends of beam blank for various shape factors

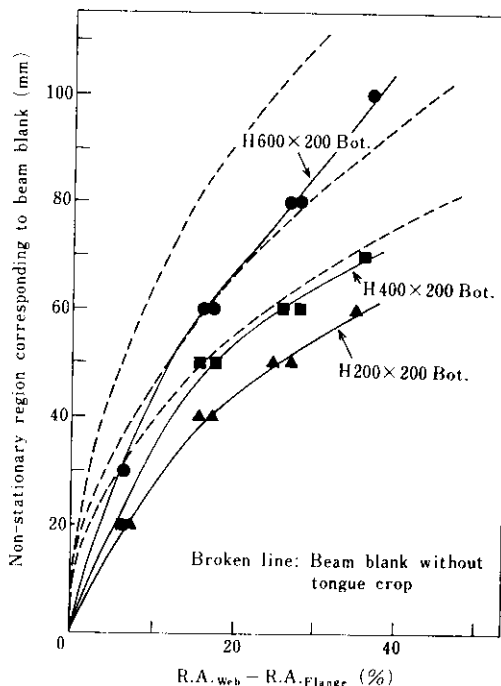
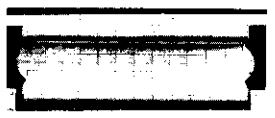
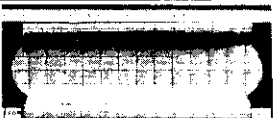
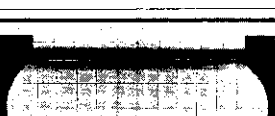


Fig. 16 Length of bottom end non-stationary deformation range of beam blank with tongue crop at various shape factors

	Tongue length = 11.6mm Tongue radius = 20.2 H 200×200
	T.L. = 18.3 T.R. = 31.8 H 400×200
	T.L. = 30 T.R. = 52.3 H 600×200

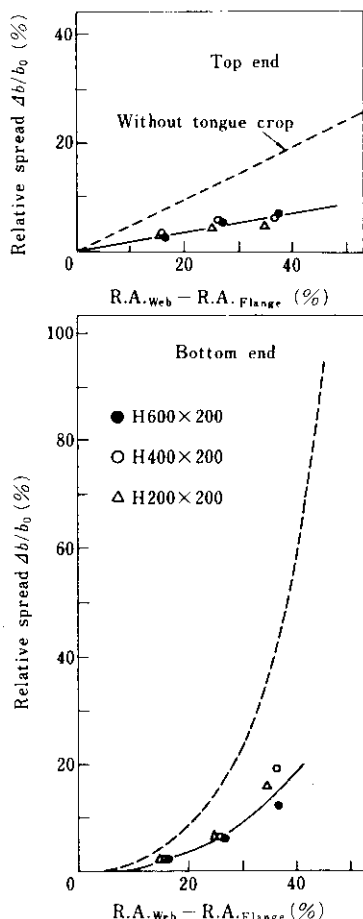


Fig. 15 Web surface spread of beam blank with various tongue crop

上不可能であり、これにより先端側の幅広がりを抑える。

(2) 舌型クロップが形成されるまでの各パスで材

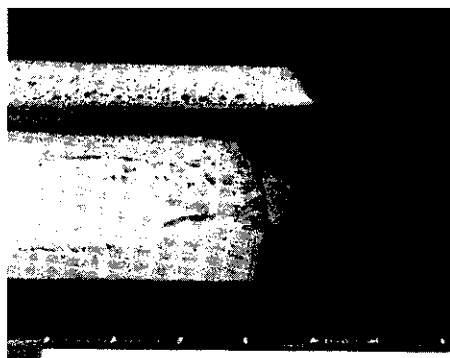
料後端部分の圧下をしない。

(3) ビームブランクのフランジ断面積を増加させ、ウェブとフランジの減面率差を小さくする。

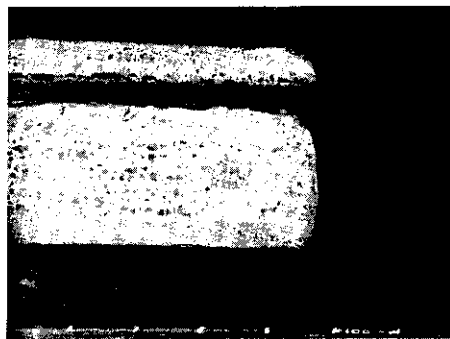
(4) 舌型クロップ付きの素材を圧延する。

(5) Fig. 12 の A' (又は C') の部分の R を大きくし、孔形形状を改善する。

Photo. 9 に (1) の対策の有無による粗圧延後の先端フランジ側面の疵発生状況を示す。



After break down rolling with conventional pass schedule



After break down rolling with suitable pass schedule

Photo. 9 End flange shapes obtained by applying suitable pass schedule to break down rolling of H900×300

4.2 フランジのブルダウン現象

開孔形によるドッグボーン状材料の圧延中に生じるもう一つの特徴的な変形にフランジのブルダウン現象がある。Fig. 7 に示したように、ロールバイト内でウェブが幅広がりするとフランジ外面が孔形外側壁に押しつけられ、ロール中心まではロール回転による摩擦力によってフランジ幅が引き下げられる。あるいはフランジの内側に孔形が

強く接触する場合にもフランジ引き下げを生じ、フランジ幅が減少する。

つまり圧延によるフランジ幅減少量は、圧延方向伸びによるフランジ幅の縮み量と孔形による引き下げ量の和で表わされる。孔形が拘束することによって発生するフランジ引き下げ現象をプルダウンと称し、所定のフランジ幅を確保するためには少ないほうが望ましい。

Fig. 17 に示す孔形を用い素材厚/素材幅、素材幅/孔形幅を一定にしたプラスチック矩形初断面素材を圧延した場合のフランジ幅変化は Fig. 18 のようになった。この実験では1パスあたりウェブを10mmずつ圧下し、特定パスでフランジ側面の噛み出しを押さえるエッジング圧延を行っている。Fig. 18によれば、ウェブ圧下量が増え、材料が幅広がりして側面からの拘束が始まると孔形状によるプルダウン率の相違が明瞭になり、フランジ側面の拘束面積が大きい孔形(No. 2のようなウェブ膨出高さの低いもの)ほど、フランジ幅の減少が著しくなる。圧延方向伸びによるフランジ幅減少率を補正して Fig. 18 を書き直すと Fig. 19 のようになるが、孔形状による傾向は同様である。

したがって、フランジのプルダウンは材料フランジの孔形側壁への接触面積と接触圧力により支配されるといえる。換言すれば、材料の幅広がり状況を左右する孔形ウェブの形状やウェブ圧下量のほか、フランジ拘束状況を支配する孔形と材料の全幅やフランジ厚との相対的な大小関係などが、プルダウンに対して大きな影響をおよぼしている

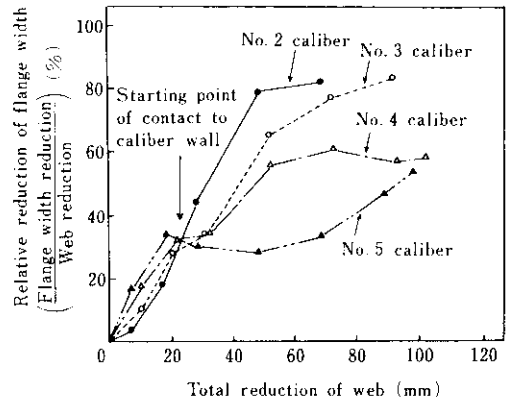


Fig. 18 Change in flange width of plasticine models with rectangular section rolled by the caliber shown in Fig. 18

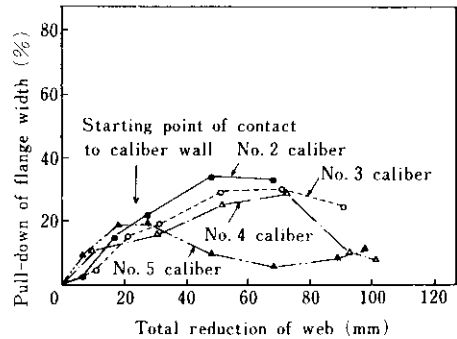


Fig. 19 Pull-down of flange width after revising elongation

のである。

5. H形鋼の新しい粗圧延法

以上述べたように通常の開孔形によるドッグボ

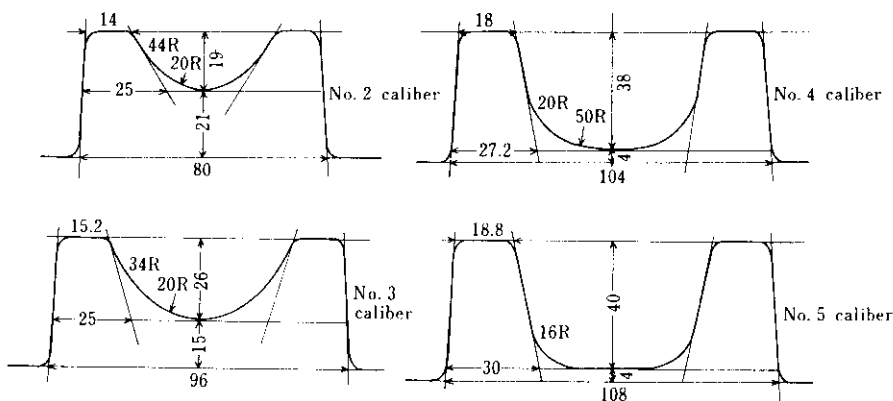


Fig. 17 Shape and dimension of calibers for pull-down test by plasticine

ーン状材料の圧延では、幅方向に不均一な圧下が避けられず、これを原因とするさまざまな現象によって製品の寸法精度、品質あるいは歩止りが著しく阻害されている。

したがってH形鋼の粗圧延では、この不均一圧下条件を極力抑制するような圧延、つまりウェブとフランジに均等な伸びを与えるような圧延が望まれる。これを可能にする圧延法を次に2、3紹介する。

(1) ユニバーサル圧延法

粗圧延をウェブとフランジの均等圧下が可能なユニバーサルミルで行う方法⁵⁾で、不均一圧下はほとんどなくなる。ただし水平ロールの幅は製品寸法に対応して定まるので用いる素材は寸法ごとに用意する必要があり、極力素材種類を少なくして集約統合しようという考えに対しては不適當であり、見方によれば柔軟性に欠ける点がある。

(2) ウェブ単独圧延法

従来の開孔形を利用した圧延法で、材料のフランジを孔形で全く拘束せずウェブのみを圧延する

方法⁶⁾ (Table 1の6参照)である。

圧下されるウェブの変形は両端に大きなフランジがついていることもあって、圧延方向にはあまり現れず、もっぱら自由な幅広がりには費されるので圧延方向伸びは従来の孔形によるフランジの拘束がある場合に比べ著しく小さくなる。

したがってウェブが圧延方向にあまり伸びないということで、ウェブとフランジの伸び変形の差も少なくなっている。

このため以下に示すように通常の開孔形圧延で生じる欠点を防ぐことができる。

- (1) 平均伸び率の低下により、フランジに働く圧延方向の張力が小さくなりフランジ肉ひけ量が著しく少なくなる。
- (2) ウェブ先後端の舌型クロップ量が少なくなる。
- (3) フランジへの孔形拘束がないため、ウェブ圧下に伴うプルダウンがなくなる。

Fig. 20 は H200×200, H400×200, H600×200 にウェブ単独圧延法を適用した場合の減面比 (S_0/S_1 : 圧延前材料断面積, S_1 : 孔形断面積) と伸び

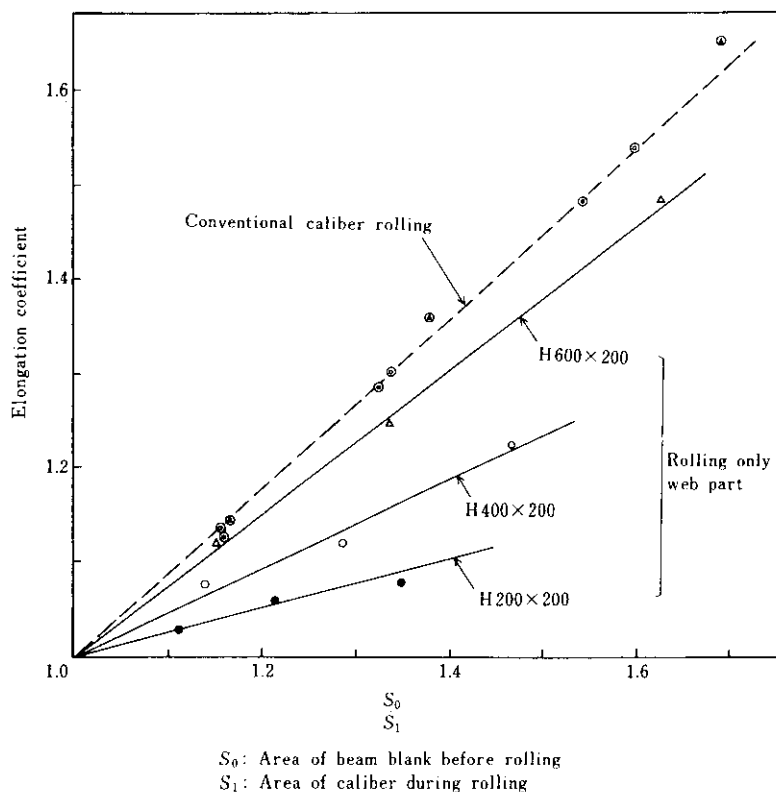


Fig. 20 Relation between elongation coefficient and reduction of area for various shape factors

比の関係を通常の孔形圧延の場合に対比して示したものである。ウェブ高さが小さいほどまたフランジ断面積の比率が大きいものほど伸び比が小さくなるので、この圧延法の適用が有効となる。

ウェブ高さの大きな寸法ではウェブ板幅比が小さくなるようなくふう、たとえば Fig. 21 に示すよ

うな孔形の組合せにすると、ウェブの幅広がりが有効に生じ伸び比を小さくすることができる。

6. 結 言

従来H形鋼製造工程におけるドッグボーン状鋼片の開孔形圧延時の変形挙動についてはほとんど解析されたことがなく、その実体を正確に把握することがまず必要と考えられた。

今回取り上げたのは、変形形態の分類法、板材圧延における幅広がり挙動、ウェブ・フランジの不均等圧延に起因する特異な変形、フランジのブルダウン現象などである。

今後は Table 1 で七つに分類したそれぞれの変形形態について、メタルフローの予測が可能になるような解析的実験を行い、オープンカリバー圧延特性の全容を把握したいと考えている。

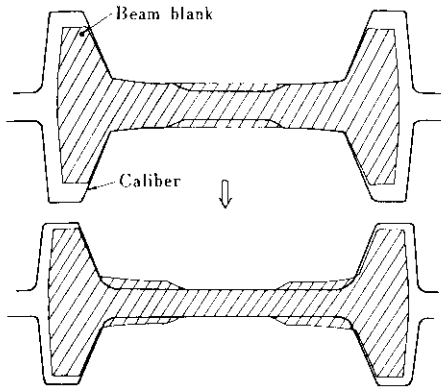


Fig. 21 Application of rolling only web part to beam blank with large web height

参 考 文 献

- 1) Ekelund: Walzwerkswesen, (1954), 79 Veb Verlag Technik, Berlin
- 2) Wusatowski: Fundamentals of rolling, Pergamon Press, (1969)
- 3) 柳本: 塑性と加工, 5 (1964-5) 40, 315
- 4) 草場, 佐々木, 橋本, 三浦: 鉄と鋼, 64 (1978) 11, 295
- 5) 京井, 中島, 五十住, 渡辺, 時田, 久保田: 鉄と鋼, 64 (1978) 11, 297
- 6) 田中, 山下, 人見, 永広, 阿久根, 草場: 川崎製鉄技報, 10 (1979) 4, 69

大形H形鋼用素材の全面連鑄化を達成(その1)

川崎製鉄水島製鉄所では、H形鋼の製造について

- (1) H形鋼用ビームブランク連鑄機の導入
- (2) 単一サイズビームブランクからの多サイズH形鋼の圧延技術の確立(54年度日本塑性加工学会会田技術賞受賞) 川崎製鉄技報 Vol. 10 No. 4(1979)

69 ページ参照

などによりウェブ高さ 500mm、フランジ幅 370mmまでのH形鋼につき素材の連鑄化を達成していた。

しかし、今回連鑄製スラブから大形H形鋼を圧延する技術を次の2ルートにより開発し、すべてのH形鋼用素材の連鑄化が達成できることになった。

1. 連鑄スラブ→分塊→大形ミル
(H600×300~900×300) クラス
2. 連鑄スラブ→大形ミルで直接圧延(ブレイクダウンミルにてビームブランク成形)
(H600×200, H400×400)

(写真は P.30 を参照)