

討15 スラブからのユニバーサル・チャンネルの製造法の開発

新日本製鐵(株) 広畑製鐵所

知野英三 塔本展夫○帽田浩司

野口政雄 水沢六男 久保 弘

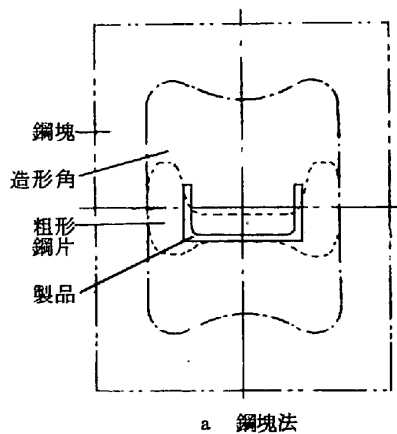
1. はじめに

スラブより形鋼を製造する方法に関しては従来より数多くの報告がなされているが、これらの多くは対称断面を有する形鋼の製造法に関するものであり、市販形鋼の大半を占める非対称断面を有する形鋼の製造法を取扱ったものは極めて少ない。本報では連铸スラブ(以下スラブと略称)より非対称断面を有する形鋼を製造する場合の1例として、スラブより断面の非対称度が非常に大きいユニバーサル・チャンネル(大形深溝形鋼、以下UCと略記)を製造する場合について、基本的な造形技術を明らかにするとともに、実ラインでの確性結果について報告する。

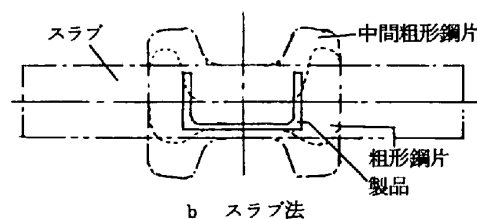
2. UCの製造工程と開発上の問題

図1に示すように、UCの製造工程は分塊圧延、大形粗圧延、ユニバーサル粗圧延およびユニバーサル仕上げ圧延工程に大別され、素材を鋼塊よりスラブに変更する場合、このような大断面非対称形鋼においては、初期造形すなわち分塊圧延における新しい造形法の開発が不可欠であり、以下主としてこの工程に関して述べる。

写真1は分塊圧延後の粗形鋼片のメタルフローを示し、フランジ表層部の孔型壁によるすり下げと中心部の押し上げが特徴的である。図2aは従来の鋼塊法を示し、十分なウェブ圧下量が得られる造形角から成形を開始するので、断面全体の延伸バランスが保ち易く、圧延も比較的スムーズであり、粗形鋼片の充満度と作業性を考慮した造形角の選定のみ留意すれば良かった。これに反しスラブ法の場合には、図2bに示すように、まずスラブを幅方向に圧下し粗形鋼片のフランジ幅を確保するために十分な大きさのフランジを有する中間粗形鋼片を製造し次いで非対称孔型圧延を行なうが、この工程ではフランジ幅が大きいほど



a 鋼塊法



b スラブ法

図2 UCの分塊圧延工程断面概要図

粗形鋼片の充満度と作業性を考慮した造形角の選定のみ留意すれば良かった。これに反しスラブ法の場合には、図2bに示すように、まずスラブを幅方向に圧下し粗形鋼片のフランジ幅を確保するために十分な大きさのフランジを有する中間粗形鋼片を製造し次いで非対称孔型圧延を行なうが、この工程ではフランジ幅が大きいほど

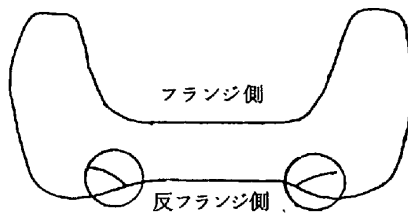


図3 ラップ疵模式図

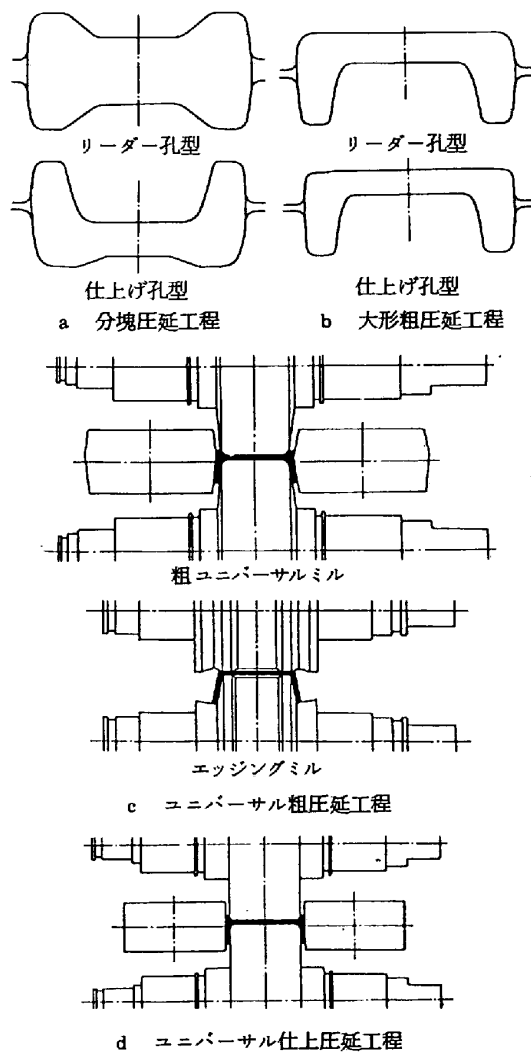


図1 UCの製造工程



写真1 粗形鋼片メタルフロー

断面内の延伸バランスがくずれ圧延が困難になるとともに、例えば図3に示す圧延欠陥が生じ易くなる。このような圧延欠陥を生じることなく、しかも大きなフランジを確保する粗形鋼片を製造する技術の開発が必要となった。

3. 試験方法

試験は初めにプラスチックを用いた縮尺 $1/5$ の模型圧延を行ない、各因子の影響度・適正範囲等を求め、次いで実物圧延で確性し、必要に応じて模型圧延を追加した。模型圧延には石膏ロールを用い、潤滑剤として炭酸カルシウムを用いた。実物圧延は分塊圧延機で実施した。試験は、第1に粗形鋼片のフランジ幅を確保するために必要な中間粗形鋼片の最小フランジ幅を求め、第2に反フランジ側に欠陥を生じない造形条件を求め、第3に圧延歩留を最大にする造形条件を見出すことを目的として実施した。

第1の試験に対しては、表1に示す諸元の間中間粗形鋼片形状の試料を使用し、フランジ幅は図4に示す如く、予め求めたスラブ幅の圧下量と中間粗形鋼片の片フランジ幅の関係より、スラブ幅を適宜変更して得たものである。表2はこれと同じ要領で得た第2の試験用試験片寸法を示し、幅Wは孔型圧延時のすり下げ、嚙出しの影響等を調査する目的で2種類とした。

孔型圧延ではリーダーおよび仕上孔型においてそれぞれ数パスの圧延を行なうが、それぞれの初期パスにおいて、特に図5に示す反フランジ側の寸法 h_L 、 h_F 、角度 θ_L 、 θ_F の相違による造形上の問題が生じ易い。そこでこれらの因子の組合せを中心に模型による多種類の試験を行なった。

4. 試験結果

4.1 フランジ造形特性

図6は中間粗形鋼片のフランジ幅Fと粗形鋼片の片フランジ幅 F_1 の関係を示し、Fが520mmになるとフランジ先端が孔型底に当り F_1 は飽和することがわかる。一方、図7はFとフランジ先の未充満量の関係を示し、Fが520mmまでの未充満量は過大であり、さらに大きくなると急激に減少するが、Fが550mmを超えると未充満量の改善効果は減少し、特にBにその傾向が大きい。これは、リーダーおよび仕上孔型における圧延の初期段階においては、ウェブの切り込みと反フランジ側からの押し上げ効果が相乗されて、フランジが急速に充満しつつあり、この時期にフランジ先端が孔型底に当たると、フランジが非常に充満し易いが、圧延の進行とともにフランジがある程度充満してくると、フランジ側壁摩擦によるすり下げ、あるいはウェブとフランジ間の延伸アンバランスにより、フランジの肉引け現象が助長されるためである。さらに図8は実物圧延における粗形鋼片とこれを製品化した場合のフランジ先の充満程度を示す。図から粗形

表1 試験片寸法表 (mm)

区分	スラブ厚 T	フランジ幅 F
模型	50	100, 115, 120, 125, 130 135, 140, 145
実物	250	520, 530, 550, 580, 600
	300	520, 560

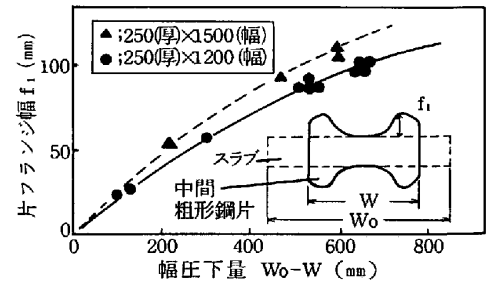


図4 スラブ幅圧下量と片フランジ幅

表2 試験片寸法表 (mm)

T	F	W	備考
50	80, 100, 110, 120	100, 110	
60	80, 100, 120	100, 110	
70	80, 100, 120	100	

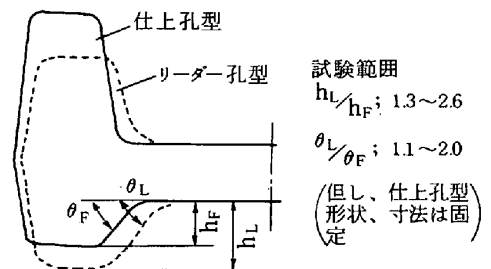


図5 試験用孔型

鋼片の片フランジ幅 F_1 (mm) と中間粗形鋼片のフランジ幅 F (mm) の関係を示す。図から粗形

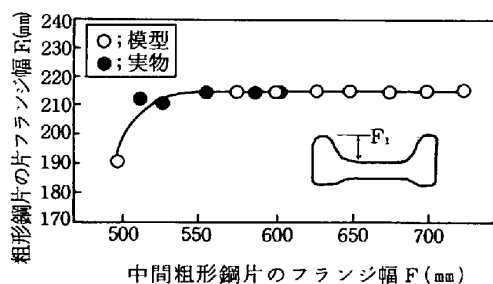


図6 粗形鋼片のフランジ幅

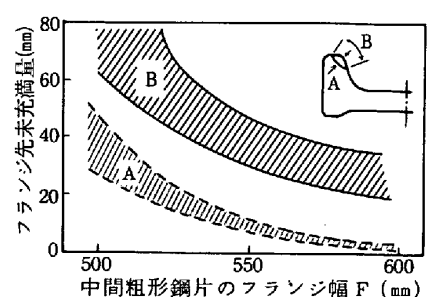


図7 粗形鋼片のフランジ先端未充満量

鋼片の未充填量AとBの発生状態に相関が見られるが、製品への影響はAが大きく、10mm以下で製品化可能なことが判る。

以上のことから、必要な中間粗形鋼片の最小フランジ幅を求めることができる。

4.2 反フランジ側の造形特性

前述のように、当工程においては、設備制約上、リーダーおよび仕上の2個の孔型のみで、ラップ疵等の欠陥を発生させることなく、反フランジ側の膨みを消去させる必要がある。なお、後工程における当該部の吸収代を考慮しても、仕上孔型における寸法形状の変更代は僅少である。したがって、ラップ疵の防止手段は、主として、中間粗形鋼片形状、リーダー孔型形状に求めざるを得ない。

図9、図10にそれぞれ、同一の孔型を使用した場合の中間粗形鋼片形状とラップ疵の関係、同一の中間粗形鋼片を使用した場合のリーダーおよび仕上孔型の反フランジ側の寸法形状とラップ疵発生状態との関係を示す。図11に図10の結果をまとめて示す。

図9より、中間粗形鋼片のフランジ幅Fが大きく、スラブ厚Tが薄く、全幅Wが大きいほど、ラップ疵が発生し易く、かつ、レベルが悪くなることが判る。これは孔型圧延の特性上、Fが大きくTが小さい、すなわち膨みが過大になると、これを縮小する場合に局部圧下され、スムーズなメタルフローとならず、表層部のみに余肉を生じ、側方に流動するためである。また、Wが大きい場合には、反フランジ部分は孔型の外側壁により内方へ押し戻され、中間粗形鋼片の当該部分の傾斜が見掛け以上に急になり、かつ、共下り現象によるくぼみがラップ疵発生を助長しているものと考えられる。

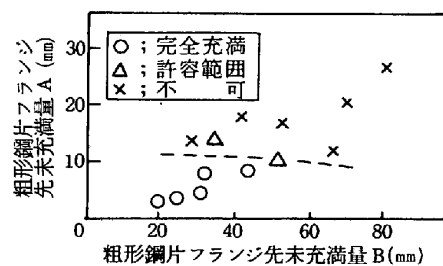


図8 製品のフランジ充填程度

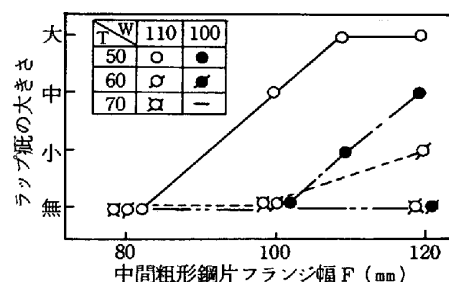


図9 粗形鋼片のラップ疵
(使用孔型 $\alpha=1.5, \beta=1.5$)

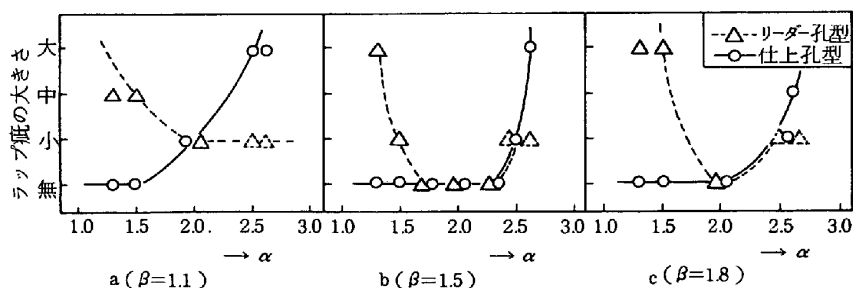


図10 リーダー、仕上孔型でのラップ疵発生の関係(T=50, F=110, W=110)

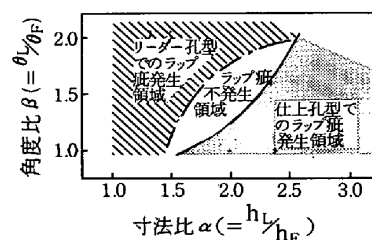


図11 ラップ疵不発生領域

図10 a ~ c より、 β にかかわらず、 α の値が1に近づくとリーダー孔型で、また、3に近づくと仕上孔型で、疵の発生程度の大きくなることが判る。これは、前者ではリーダー孔型で、後者では仕上孔型での圧延初期に、それぞれ一挙に反フランジ側を縮小するため、局部過大圧下によるラップ疵が発生するためである。また、図aにおいては、リーダー孔型における疵の発生レベルが高い。これは、中間粗形鋼片の比較的立上った当該部分を、仕上孔型に近い滑らかな傾斜で圧縮するため、噛込み初期に内方に空隙を生じ、表層じりを生じ易いためである。なお、 α が2.5では、凹状が大きくラップ疵と同等の扱いとした。図C $\alpha > 2$ 領域の仕上孔型で、同様のことが起っている。この結果、ラップ疵を生じない領域は、図aでは皆無、図cでは狭いが、図bでは安定して得られることが判る。図11から疵の発生しない α, β の最適な位置が求まる。

なお、実物圧延に適用する場合には、この他に、圧下スケジュール、温度条件等を十分に配慮した。

4.3 クロップ特性

スラブを幅圧下して得られた中間粗形鋼片のクロップ形状は、幅方向の端部が先行したフィッシュテールとなり、これは幅圧下量に比例して拡大される。一方、次の孔型圧延では逆に中央部が押し出されてくる。中間粗形鋼片のフランジ幅を大きくするには、相当量の幅圧下が必要となるため、大きなフィッシュテールが発達するが、孔型圧延後のクロップは上述の現象の組合せによりかなり小さくすることができる。

図12はこの粗形鋼片のクロップロス中間粗形鋼片のフランジ幅との関係で整理したものであるが、適当な条件を選ぶことによりクロップロスを最小化できることが判る。

実圧延への適用に際しては、4.1、4.2項で詳述した条件に、この特性を加味して製造条件を決定した。

5. 実ライン確性結果

以上の試験結果をもとに、スラブ専用の実機圧延ロールおよび関連技術を開発し実ラインで確性した。

図13、図14に製品歩留、表面疵、寸法実績を示す。従来の鋼塊法に対し、歩留で14%程度向上、表面疵の大幅な減少効果が得られ、寸法実績はほぼ同水準を維持している。

図15~17に製品の機械的性質、溶接性試験結果を示す。ともに従来の鋼塊法と比較して遜色なく安定した品質が得られている。

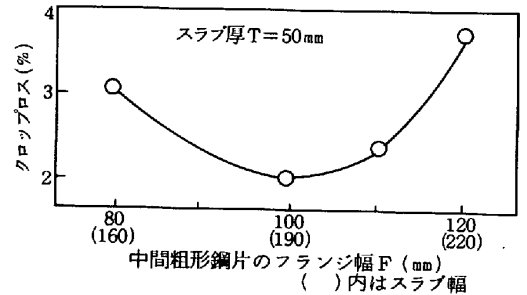


図12 粗形鋼片のクロップロス

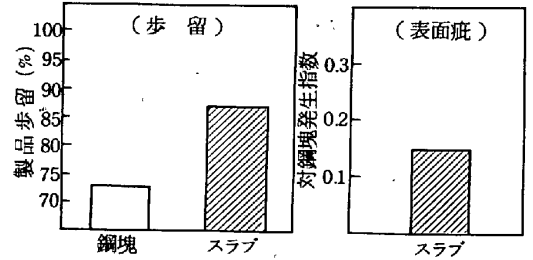


図13 製品歩留・表面疵実績

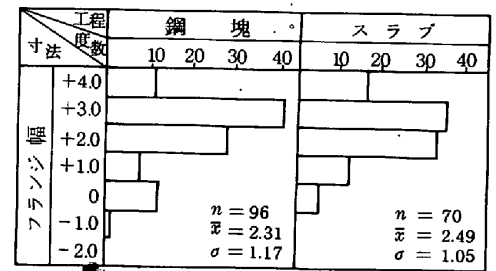


図14 製品寸法実績

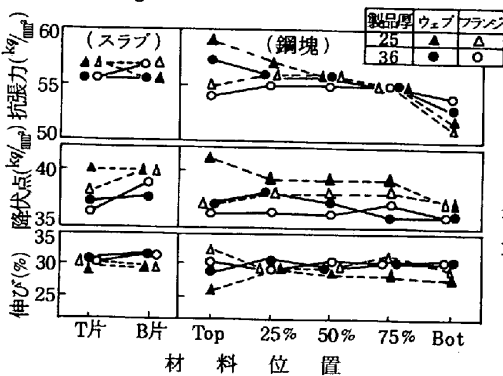


図15 引張試験結果

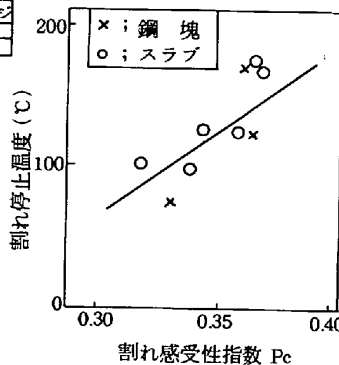


図16 斜めY形溶接割れ試験

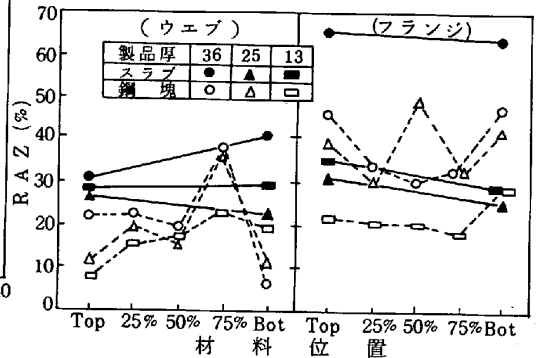


図17 Z方向引張試験絞り値

6. まとめ

プラスチックによる模型圧延、および実物圧延により、スラブから大形非対称断面を有するユニバーサル・チャンネルの製造技術を開発した。

本報告は、この開発の中心課題となった粗造形圧延段階におけるフランジ幅の確保と反フランジ側のラップ疵防止等に関し、その造形条件を明らかにし、実用化結果について述べた。

参考文献

- 1) 藤田他：製鉄研究 No.271('74) 37/66
- 2) 加藤他：28回 塑加連講('77) 130 85/7
- 3) 斉藤他：S53塑加春講('78) 225 209/12
- 4) 渡辺他：鉄と鋼 '78-S 697
- 5) 林 他：鉄と鋼 '79-S 784
- 6) 柳沢他：鉄と鋼 '80-S 274