金属および合金の高温変形挙動

5. 熱間圧延における板クラウンおよび板形状の造形性*

中 島 浩 衛** 菊 間 敏 夫*** 松 本 紘 美****

1 結 言

近年、自動車、家庭用電気機器、容器、建材など薄鋼板を使用する諸産業の急速な発展および需要増大は、鋼板およびストリップ製造技術を著しく進歩させてきた。このような情勢のもとで製品品質に対する需要家の要求は一段と厳しいものとなり、材質特性は勿論、板厚、形状、クラウン等の寸法精度の高精度化が強く要望されるようになった。

板形状に関しては通常の4段圧延機においてワークロールベンディング装置によってかなり広範な圧延条件に対して形状制御が可能である。一方板クラウンに関しては通常の4段圧延機では効果的な制御手段がなかったためにクラウン、プロフィール制御法の顕著な進歩が得られなかったのが現状である。

ホットストリップを例にとると、鋼種によって所望の板クラウンが異なり、冷延材の場合は冷間圧延性の面から適度な大きさのクラウン値を必要とするが、熱延板として使用する場合はデッドフラット(クラウン0)が要求される。しかもこの板クラウンはロール組替直後から次の組替までのロール熱膨張および摩擦によるロールプロフィールの時系列的変化に対しても常に一定値を確保することが必要とされるため、クラウン制御法の重要性がある。

ホットストリップのクラウン制御法として従来より操業技術面から圧延鋼種に合ったロールカーブ調整、¹⁾仕上げ圧延負荷配分調整、仕上トータルフォース制御などの努力がはられてきた。

一方設備面では4段圧延機でのワークロールベンダーが主体であったが、その制御機能が不十分なために、さらにワークロールベンド力を強化した方法としてダブルチョックベンダー(DCB)の提案が行われている。さらには異径ロール駆動に代表される上下ロールの異速圧延による荷重減少効果の利用などもある。またロール変形をより容易に行うことによって板形状、板ク

ラウン制御機能を拡大した6Hi中間ロールシフトミ^{5)~9)}ルが開発された。

本報告はホットストリップミルにおける板クラウン制御法を中心に板形状と関連させながら最近の新しい技術動向について述べる。

2 圧延における板形状、クラウンの圧延理論

2・1 板クラウン変化と板形状の関係

図1に示すように上下の2本ロール間で生ずる断面形状、すなわちクラウンは、ロールの弾性たわみおよびロール扁平変形に基づいて材料横断面プロフィールが変化することによって、板クラウンおよび板平面形状が中伸び、端伸び、あるいはこれらの組合せ形状不良、さらには目的とするフラットな形状などが得られる。

図1 4 Hi ミルのロール変形と圧延材の断面変形

図2 板クラウン変化と形状の関係

板クラウンは図2に示すように $C_h = h_c - h_{20}$ で表され、板幅中心の板厚 h_c と板端部 20 mm 点の板厚 h_{20} との差で定義する。圧延前の板クラウン C_H が圧延後の板クラウン C_h となると、圧延前の板クラウン比率 C_H/H と圧延後の板クラウン比率 C_h/h の大小関係

* 原稿受理 昭和56年2月19日

** 正会員 新日本製鉄(株)生産技術研究所

北九州市八幡東区枝光

*** 新日本製鉄(株)八幡製鉄所 北九州市八幡東区枝光

**** 新日本製鉄(株)生産技術研究所 北九州市八幡東区枝光

係によって、すなわち断面内の幅方向位置によるクラウン比率の不一致によって形状が支配される。すなわち $C_H/H = C_h/h$ のときフラットな形状であり、 $C_H/H > C_h/h$ のとき中伸び、 $C_H/H < C_h/h$ のとき端伸びとなる。したがって一般に形状は板クラウン変化による場所による延伸差 $\Delta \varepsilon_h$ (1式) によって表される。

クラウン変化に基づく延伸差

$$\Delta \varepsilon_h = \frac{C_h/h - C_H/H}{1 - C_H/H} \quad (1)$$

2・2 形状、クラウンの圧延理論

2・2・1 ロールの変形式 6段圧延機を含めて一般に多段圧延機のロール変形を簡明なロジックで解析することが必要であり、等価 2 Hi ミルの概念を導入して、積分方程式をマトリックス表示して数値計算を行うという方法について述べる。

まず図3に示すような両端を支持した円柱はり（バックアップロール（BUR）がこれに相当する）に、 $p_0(x)$ という分布線荷重が加わったときの軸心の変形は材料力学より次式で与えられる。

図3 円柱はりの変形

$$y_0(x) = \int_{-l}^l K_0(x, \xi) p_0(\xi) d\xi + \frac{M}{2 \cdot \frac{\pi}{4} ER^4} (x^2 - a_0^2) \quad (2)$$

(l : ロールパレル中央部を原点にとり、荷重がかかっている範囲)

ただし、

$$K_0(x, \xi) = \frac{1}{6a_0} (a_0 - \xi)(a_0 + x) \times \left[\frac{a_0^2 - \frac{1}{2}(\xi^2 + x^2) + a_0(\xi - x)}{\frac{\pi}{4} ER^4} + \frac{3}{\frac{3}{4} \pi GR^2} \right] \quad (3)$$

ここで、 E 、 G : ロールの縦剛性係数および横剛性係数

R : ロール半径

M : 支持点におけるモーメント

つぎに、図4に示すように、上方にいくつかのロール系によって支持されているロール（図4ではワークロール）の変形も(2)式と同様に(4)式のように表すことを考える。

$$y(x) = \int_{-l}^l K(x, \xi) p(\xi) d\xi + f(x) \quad (4)$$

図4 等価 2 Hi ミル

この式は積分核 $K(x, \xi)$ や一定関数 $f(x)$ は BUR のそれとは異なるが形式的には同じ形で表されており、この意味で(4)式で変形を表したとき、これを等価 2 Hi ミルの変形と呼ぶ。

このようにして図4に示すロール系の等価 2 Hi ミルが得られるから、初めに BUR のみの系から出発し、順次ロールの数を増していくことによって、一般に多段圧延機の等価 2 Hi ミル、すなわち(4)式における関数 K 、 f が求められる。

こうして、直接圧延材と接するワークロールの軸心の変形が(4)式で与えられ、これにワークロールと板との間の扁平変形を加えて、圧延中のワークロール表面の形が(5)式で与えられる。

$$y_s(x) = \int_{-l}^l K_s(x, \xi) p(\xi) d\xi + f(x) \quad (5)$$

出口板厚分布は上・下ロールが点対称の関係にあることから、

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} h(x) + \text{const} &= \frac{1}{2} \{y_s(x) + y_s(-x)\} \\ &= \int_{-l}^l \bar{K}(x, \xi) p(\xi) d\xi + \bar{f}(x) \end{aligned} \quad (6)$$

が成立する。

2・2・2 板クラウンを求める方程式系 板クラウンおよび伸び分布を計算するための方程式を列挙すると以下のようになる。

ロール変形式は(6)式より、

$$\frac{1}{2} h(x) = \int_{-l}^l \bar{K}(x, \xi) p(\xi) d\xi + \bar{f}(x) + C \quad (7)$$

ここで、 C は BUR の支持点位置に関する未知定数であり、 $\bar{K}$ 、 $\bar{f}$ は 2・2・1 節で述べたように既知関数であり、 p は方程式を解いて求めるべき未知の荷重分布である。

出側張力分布（未知） $\sigma(x)$ に関するつりあい条件は(8)式で、

$$\int \sigma(\xi) h(\xi) d\xi = T \quad (\text{出側全張力}) \quad (8)$$

また、出側張力分布と出側板厚分布との関係は(9)式で表される。

$$h(x) = h_0(x) \left\{ 1 + \frac{\sigma(x)}{E_p(x)} - w(x) \right\} \quad (9)$$

ここで、 $h_0(x)$ は基準板厚分布で、与えられたクラウンおよび形状をもった入側板が幅広がりがなく、し

かも平坦な形状で圧延された場合の出側板厚分布で定義される (このとき, 平均伸びは与えるものとする). また, E_p は圧延材の縦剛性係数で, 一般に幅方向に分布をもっているもよい.

さらに, $w(x)$ は考えているパスの圧延によって生じる幅方向のひずみであり, 張力分布と次の関係にあるものと仮定する.

$$w(x) = A \cdot \gamma \frac{l_d h_m}{k_{fm}} \frac{\partial^2 \sigma}{\partial x^2} \quad (10)$$

ここで, A : 幅広がり係数 (実験によって決める定数)

γ : 平均圧下率

l_d : 接触長さ

h_m : 平均板厚

k_{fm} : 平均変形抵抗

また, 荷重分布は幅方向の各場所によって 2 次元の圧延荷重式が成立するものとする.

$$p(x) = \hat{p}(h(x), k_f(x), \sigma(x)) \quad (11)$$

$\hat{p}$: 圧延荷重式

k_f : 変形抵抗

方程式(7)~(11)式を連立させて解くことによって, 板厚分布 $h(x)$, 張力分布 (形状) $\sigma(x)$, 荷重分布 $p(x)$ などを求めることができる. 実際の計算では, 積分はマトリックス演算に直して数値解を求めるが, その詳細は省略する.

3 通常 4 Hi ミルおよび段付バックアップ

ロール 4 Hi ミルの板クラウン減少法

強力に形状, クラウン制御するために, 図 5 に示すように通常の 4 段ミルのバックアップロール (BUR)

図5 圧延機各部名称および記号

の胴端部を段削りし, ワークロール (WR) の胴端部の変形を自由にして, WR のたわみ変形を軽減するとともに, WR のロールベンディング力 (F) による WR 軸たわみの 制御範囲を広くした BUR 段付 4 段圧延機 (これを BCM, すなわち Back-up-roll Cutting Mill と呼ぶ) の効果を通常の 4 Hi ミルと比較しながら理論解析および実機テストによって確認した例について述べる.

3・1 板クラウン制御特性の理論解析

80" ストリップミル (八幡製鉄所 2 熱延工場の仕上

表 I 圧延機諸元

項 目	ロール	バックアップ ロール BUR	ワークロール WR
ロール 径 (mm)		$D_B=1250\phi$	$D_W=690\phi$
ロール 胴 長 (mm)		$L_B=2000$	$L_W=2000$
チョック間距離 (mm)		2845	2845
ロールベンダー F (ton/chock)		—	0~50
*有効 BUR 胴長 L'(mm)		750~2000	—
*段 削 り 幅 l (mm)		625~0	—
*段 削 り 深 さ d (mm)		1.5	—

* 第 5 スタンドのみ適用

図6 BCMの板クラウン制御特性

圧延機を参考) を例にとつて, 表 I のような圧延機諸元を用いて解析した. なお, 圧延機の各部の名称および記号は図 5 を参照されたい.

図 6 に板厚および荷重分布の計算結果を示すように, BCM と 4 Hi ミルによる圧延板の板厚分布を比較すると, BCM の方が板クラウンが小さくなり, 4 Hi ミルにおける, ロールベンディング力 $F=50$ ton/chock よりも BCM による板クラウン減少効果の方が大きいことがわかる. また, F 自体による板クラウン減

図7 BCM 配置と板クラウンの推移
(BUR の全胴長 $L_W=2000$ mm)

表Ⅱ 各スタンドの BCM 方式の有効ロール胴長と実施期間
(前回の BCM 実験の胴長 $L'=1550$ mm)

実験 No.	有効ロール胴長 L' (mm)***						実 施 期 間**	圧 延 量 (ton)
	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6		
第 3 回	*	*	*	*	1605	1705	1976. 3. 13~3. 22	55 696
4	*	*	*	1605	1605	1705	1976. 4. 12~4. 21	60 494
5	1605	1605	1605	1605	1605	1705	1976. 4. 30~5. 5	65 174

注 * 通常 4 Hi (BUR 胴長=1905 mm)

** 第3回直前 1976. 3. 1~3. 10 に全スタンド 4 Hi 条件実施

*** BUR 段削りは上 BUR のみ実施 (下 BUR は通常のものと同じ)

少効果も、4 Hi ミルの場合より、BCM の方が大きく
なっている。

図7に通常の 4 Hi スタンドの配置と BCM スタ
ンド配置とによる成品クラウンとの関係を示す。同図か
ら BCM スタンドは下流側スタンドに配置するのが効果
的であることがわかるが、特に注意を要することは上
流側スタンドのみに配置しても効果が小さいことであ
る。下流スタンドで板クラウンを急激に変化させると、
板形状が悪化するので、板クラウン変化と形状の
関係をよく把握したうえで、最適配置を考えることが
重要である。

3・2 実機による実験結果

前項で述べた理論解析予測が正しければ、実機によ
って検証できることになる。表Ⅱに示す条件のもとで
80" ストリップミルで実験を行った例について述べる。

通板性に関しては特に異常は認められず、板形状へ
の影響は、仕上げミル第5スタンド (F_5) のみにBCM
を適用した場合には、板幅 900~1850 mm の範囲で
特に問題点は発生していない。仕上げミル第5、6
スタンド (F_5 , F_6) とともに BCM を適用した場合には、
板幅 1750 mm 以上で中伸形状が大きくなり、特にト
ップの部がまき取り機に達するまでのフリーテンシ
ョン部に発生した中伸形状はまき取り後も残存した。

このような形状不良をなくしてさらに大幅に板クラ
ウンを減少させるために、BCM 適用スタンド数を増

して実験した結果を図8に示し、このときの実験条件
を表Ⅱに示した。同表のように有効ロール胴長 L' が
長かったため、適用スタンド数の少ない場合の効果はは
っきりと現れなかったが、適用スタンド数を増したと
きの効果の増大は期待されるとおりの結果が得られた。
板幅の狭い材料の場合クラウン減少効果の少いのは、
材料幅よりも BUR の段付後の胴長 L' が大きいため
であり、材料幅に対する適用性が狭いことが欠点とい
える。

4 6 Hi 中間ロールシフトミルの板クラウン減少法

前節のように、バックアップロールに段をつけ、ワ
ークロールを支える荷重幅を小さくすることによって、
通常の 4 Hi ミルに比べてストリップ材のクラウンを
小さくできることがわかった。しかしながら、異った
幅の材料を圧延する場合、すべての幅に対して充分な
制御効果を発揮できないという欠点があるのはやむを
得ない。このような欠点のない圧延機としては図9に
示すような、中間ロール (IMR) を軸方向にシフトし
て、ワークロールを支える荷重幅を任意に変えられる
ものが、日立製作所によって提案されている。

図9 6 Hi ミル概略図

この形式の圧延機は、冷間圧延機としては NH ミ
ルという名称で呼ばれ既に実用に供され、強力な形状
制御機能を有することが確認されている。クラウン制
御は形状制御とは必ずしも同一の技術ではないが、両
者の間には密接な関係があり、またハードの制御端と
しては同一である。

したがって、このミルをホットストリップの圧延に
用いることによって、段付バックアップロールに比べ
てはるかに強力なクラウン制御を行うことが可能と推

図8 BCM スタンド数によるクラウン減少効果の相異

定される。

4・1 6 Hi ミルの単スタンド制御機能

仕上タンデム圧延をシミュレートするため、試験用熱間圧延機を用いた実験研究の結果について述べる。

同圧延機の主仕様およびロール寸法を表Ⅲに示す。材料は軟鋼で粗圧延した半成品 ($h=30$ mm 厚), または仕上げ成品 ($h=15, 10$ mm 厚) を幅 $b=400, 600, 800$ mm, 長さ 800 mm に切り出したものを用いた。

図10は板幅 $b=800$, 素材厚 $h=10$ の材料を厚さ $h=3.4$ まで3パスで圧延するとき、最終パスで中間ロール位置 δ (中間ロール端の板端に対する相対位置), およびロールベンディング力 F を変えて圧延したときの板厚分布を示す (圧延条件は図中の表に示す)。

表Ⅲ 圧延機の主な仕様およびロール寸法

ミル本体	6重可逆式		
ロール寸法	300 ϕ /295 ϕ /650 ϕ ×1000 mm		
主電動機	DC 2000 kW, 450/300 rpm		
圧延速度	65/130 mpm		
圧延荷重	Max. 700 ton		
圧延トルク	Max. 14 ton·m		
圧下装置	電動+油圧圧下 (HYROP-F)		
中間ロールシフト	Max. 300 mm		
ワークロールベンダ	Max. 23 ton/chock		

項目 \ ロール	BUR	IMR	WR
胴 径 (mm ϕ)	650	295	300
胴 長 (mm)	900	900	1000
支点間隔 (mm)	1550	1430	1430

圧 延 条 件				
項目 \ パス	0	1	2	3
板厚 (mm)	10	7	4.9	3.4
δ (mm)	—	+50*	+50*	+50*
F (ton/chock)	—	5	5	5, 23

板幅=800mm, ロールカーブ=フラット

* 中間ロールをシフトしない状態 (δ の値は板幅によって異なる)

図10 板厚分布と制御条件の関係 ($h=10 \rightarrow 3.4, b=800$)

このように 6 Hi ミルでは中間ロールを移動させて、ワークロールを支持する荷重幅を変えることによって、板厚分布を中凸から中凹まで広範囲にクラウンを変えられ、またワークロールベンディングの効果をも大きくできることがわかる。

このようなクラウン制御能力を定量的に表すために、板端から 25 mm 点の板厚と、中央部の板厚との差で板クラウン C_h を定義し (中央が厚い場合を正とする), 制御条件と板クラウンとの関係を実験によって求めた。

圧延条件は図10中の表に示したものと同じで、3パス目で制御条件 (δ, F) を種々変えて圧延した。結果の一例を図11に示した。4 Hi ミルおよび段付バックアップロール 4 Hi ミルと異り、中間ロールシフト δ (図9にて定義) によって板クラウンを大幅に制御できることがわかる。

図11 制御条件 (δ, F) と板クラウンとの関係 (フラットロール, 仕上げ厚 $h=3.4$ mm)

4・2 連続圧延における板クラウンの遺伝性

タンデム圧延におけるクラウン制御を考えるうえで、上流パスで板クラウンを変えた場合、次スタンド以降の板クラウンにどのような影響を与えるかを知っておく必要がある。すなわち、入側板厚分布によって出側板厚分布が変わること、すなわち板クラウンは上流から下流に遺伝する。

冷間圧延の場合は板厚分布がほとんど相似に保たれたまま圧延されるから、板クラウンはほとんど100% 遺伝するわけであり、冷間圧延において板クラウンを効果的に変えることは困難と思われる。これに対してホットストリップ圧延の場合は、メタルの板幅方向へ

の移動がある程度生じ得るから、入側クラウンと出側クラウンとの対応は一対一ではない。

このような板クラウンの遺伝性を定量的に表すため、圧延条件を一定にしたときの出側クラウン C_h に対する入側クラウン C_H の影響係数 $\eta = \Delta C_h / \Delta C_H$ (これを板クラウン遺伝係数と呼ぶことにする) で評価する。

図12にこの遺伝係数を理論および実験によって求めた結果を示す。切板圧延実験では圧延条件を一定に保つのが難しく相当ばらつきが大きい、理論計算と比較してほぼ妥当なクラウン遺伝係数が得られ、板幅が広く、板厚が薄いほど入側クラウンの影響が大きいと思われる。ただし、この係数はホットストリップ圧延では1よりかなり小さく、例えば上流パスでクラウンを変えても、その影響は各パスごとに指数関数的に減少するから、クラウン制御は下流パスで行うのが効果的と思われる。

図12 入側クラウンの出側クラウンに及ぼす影響

4.3 板クラウン変化と形状との関係

2節で述べたように板形状と板クラウンとの間には密接な関係があり、熱間圧延においてはクラウンを所定の値にすると同時に板形状が良好でなくてはならない。

図13はクラウン比率の変化量(クラウン比率の出側と入側の差) $\Delta \epsilon_h$ に対して、伸びひずみ差(波を中央と板端部の長さの相対差で表したもの) $\Delta \epsilon_s$ をプロットした例である。同図は入側クラウン C_H の異ったもの(凸および凹)をあわせて示したが、圧延材の形状 $\Delta \epsilon_s$ は入側クラウンによらず、クラウン比率変化 $\Delta \epsilon_h$ のみで整理できて、両者はほぼ原点近くを通る直線関係にあることがわかる。板幅方向の材料の流れがない

図13 板クラウン変化と形状の関係 ($h=3.4$ mm)

場合は、この直線のこう配は1になるべきであるが(薄物の冷延の場合に相当する)、ホットストリップ圧延の場合はクラウン比率変化 $\Delta \epsilon_h$ の一部のみが長さの差 $\Delta \epsilon_s$ に現れることがわかる。

すなわち、図13の直線のこう配は、クラウン比率変化(=厚さ方向ひずみ)のどれだけが長さ方向ひずみ差になるかを示す量であり、特に形状変化係数と呼ぶことにする。

形状変化係数 ξ は圧延材の寸法、ミルディメンションによって異なり、板厚 h の薄いほど、また板幅 b の広いほど大きい。実機に適用する場合、実機ミルにおける ξ を推定する際の相似則を見つけることが必要である。広範囲の材料寸法および材質(アルミニウム圧延等)について実験を行った結果、図14に示すように、 ξ はほぼ無次元パラメータ $(D/D_0) \times \sqrt{Dh} \cdot h/b$ (D : ワークロール径)によって整理できる。

図14 形状変化係数の相似則 (25mm 点クラウン)

同図において八幡製鉄所厚板ミルにおけるデータと実機ホットストリップミルとして、広畑製鉄所で得られた実験データを整理したものである。これらのデータを用いることによって実際のホットストリップミル圧延のクラウン、形状を求めることができる。

5 各種ミル形式とクラウン制御機能の比較

ここで、現在板クラウン制御法として有効と考えられる各種のミル形式による板クラウン制御効果の比較を行う。比較の対象とするミル形式として

- (1) 従来の 4 Hi ミル
- (2) BCM (段付バックアップロール 4Hi ミル)
- (3) 中間ロールシフト 6 Hi ミル
- (4) 異径ロール圧延法 (5 Hi 形式)

の 4 形式を用いた。

上記ミルのモデル化および諸元については表Ⅳに示すとおりである。

6 Hi ミルの板クラウン制御法は、BCM 同様、WR とそれを支持するロール胴端を互いに接触させないようにする方法で、当然のことながら BCM と同様の板クラウン

表Ⅳ 各ミル形式のモデル化および諸元

名 称	4 Hi	BCM	6 Hi	異径ロール
ミル形式				
BUR 径 (mm)	—	1520 ^φ	1520 ^φ	1520 ^φ
IMR 径 (mm)	—	—	760 ^φ	760 ^φ
* WR 径 (mm)	—	760 ^φ	—	—
胴長 (mm)	—	2283	3250	—
チャック間距離 (mm)	—	1257	1257	—
L' (mm)	—	—	—	—
板幅 (mm)	—	1257	1257	—
板厚 (mm)	—	0.2	0.2	—
入側クラウン	—	120 ^{μm}	120 ^{μm}	—

* 異径ロール圧延のシミュレーションは上側の 6 Hi 圧延と下側の 4 Hi 圧延の理論計算結果を平均した。ただし、圧延荷重は 6 Hi 圧延に合わせた。(小径ロール)

** WRクラウンなし。(フラット)

制御性を有する。さらに 6 Hi ミルの場合には、中間ロールを軸方向にシフトさせて、有効ロール胴長を変化させることができるので、BCM に比べて、板幅変化に応じた制御が容易であることはすでに述べたとおりである。ここでは各ミルの効果を単純に比較するため単一幅に対する比較に止める。

異径ロール圧延法は、上下の WR 径に大きな差をつけて、大径側の片駆動によって圧延する方法であるが、上下非対称条件によって圧延荷重が下がるのでロールたわみおよび扁平が軽減され、板クラウンおよびエッジドロップ減少効果が期待される。また、片方のロールが小径であるので、ロール扁平の軽減およびエッジドロップ減少効果が増すと考えられる。

図15は、上記 4 形式のミルによる圧延板のクラウンを棒グラフで表し、比較したものであり、 $F=0$, ± 50 ton/chock の 3 条件の場合を示す。

図15 各ミル形式の板クラウンの比較

$F=0$ で、各ミルの板クラウンを比較すると、BCM、6 Hi ミルはともに、4 Hi ミルに比べて約 $35\mu\text{m}$ の板クラウン減少効果があるのに対し、異径ロール圧延法では約 $10\mu\text{m}$ の減少効果に止まる。

F を -50 ton/chock $\sim+50$ ton/chock の範囲で変動させると、4 Hi ミルでは約 $20\mu\text{m}$ の板クラウン制御範囲であるのに対して、BCM では約 $50\mu\text{m}$ 、6 Hi

ミルでは $130\mu\text{m}$ と大きな制御範囲があるが、異径ロール圧延では約 $35\mu\text{m}$ であり、4 Hi ミルに比べて若干制御範囲が広がっている。

また著者らは 6 Hi 中間ロールシフトミルと同等の効果をもったミルとして、バックアップロールのスリープシフト方式の 4 Hi ミルの研究を行って、BCM の欠点をなくすることができた。

最近、板形状制御ミルとして、4 Hi のバックアップロールのスリープを油圧で膨張させてクラウンを付ける VC ロール (Variable Crown) が開発されて、冷間圧延の形状制御に効果があることが報告されている。

6 結 言

ホットストリップ仕上げミルにおける板クラウンおよび板形状の造形性について、通常の 4 Hi ミルと比較しながら段付バックアップロール 4 Hi ミルおよび中間ロールシフト 6 Hi ミルを例に上げて述べた。

これらの圧延機は、従来の 4 Hi ミルに比べて格段に優れたクラウン、形状制御機能を有しており、これらの圧延機を仕上ミルに適用することによって強力なクラウン制御を行うことが可能である。また、通板形状および成品の平坦度を確保するために、これらのクラウン制御ミルを後段に連続して配置し、複数のスタンドで操作することによってクラウン制御を行うことが重要である。

参 考 文 献

- 1) 鎌田征雄他, 塑性加工春季講演会前刷, 41 (1978).
- 2) 土屋健治, 若子敦弘, 福田武幸, 猪井善生, 鉄と鋼, **61**, 202 (1975).
- 3) 高島義昭, 木崎皖司他, 石川島播磨技報, **19**, 133 (1979).
- 4) 例えば, 中島浩衛, 菊間敏夫, 大上哲郎, 塑性加工春季講演会前刷, 25 (1978).
- 5) 児子 茂, 古谷 尚他, 塑性加工連合講演会前刷, **11**, 53 (1975).
- 6) 中島浩衛, 菊間敏夫他, 塑性加工連合講演会前刷, **11**, 9 (1979).
- 7) 中島浩衛, 菊間敏夫他, 日立評論, 61 (1979).
- 8) Nakajima, K., etc., International Conference on Steel Rolling, Japan, **1**, 544 (1980).
- 9) 中島浩衛他, 製鉄研究, **299**, 92 (1979).
- 10) 中島浩衛他, 塑性加工春季講演会前刷, 37 (1977).
- 11) 加古幸博, 阿高松男他, 塑性加工春季講演会前刷, 453 (1979).
- 12) Metals and Materials, May (1980).
- 13) 向井哲也, 小野博幸他, 塑性加工春季講演会前刷, 73 (1980).