



日本鉄鋼業における独自技術の開発と現在-7

熱延ペアクロスミルの開発とその実機化

Development of a Pair-Cross Mill for Hot Strip Rolling

北九州市立大学 国際環境
工学部 教授松本絃美^{*1} Hiromi Matsumoto三菱日立製鉄機械(株)
技術開発統括部 技師長林 寛治^{*2} Kanji Hayashi新日本製鐵(株)
広畑製鉄所 薄板工場 マネジャー

平石勇一 Yuichi Hiraishi

新日本製鐵(株) 環境・プロセス研究
開発センター 圧延研究開発部 部長

小川 茂 Shigeru Ogawa

1 はじめに

ペアクロスミルは、三菱重工業株式会社(以後「MHI」と略す。組織名は引用当時の名称、以下同様)によって提案され、予備的検討を経た後、1979年12月から2年間にわたって、同社と新日本製鐵株式会社(以後「NSC」と略す)との共同研究によって、ホットストリップ圧延(以後「熱延」と略す)におけるクラウン・形状制御を目的として開発された。この形式の圧延機は、1984年にNSC広畑製鉄所の熱延工場にはじめて設置されて以後、現在までに、厚板ミルや冷延ミルも含めて多くの工場で採用されている。

これについては、すでに多くの論文¹⁻⁹⁾や解説記事^{10, 11)}があるため、本稿では、あまり知られていない開発当時の技術動向や多少裏話めいた内容も紹介しながら解説し、また、現在の視点からこの技術に対する評価を試みる。

2 共同研究開始時の状況

ペアクロスミルは、図1のように、4段圧延機で、作業ロール(以後「WR」と略す)とその補強ロール(以後「BUR」と略す)を平行に保った状態でペアとし、上下ペアロール間で任意の角度(数度以下)だけロール軸をわずかにクロス(=軸の交差=「スキュー skew」とも言う)させるものである。従来、WRだけ、あるいはBURだけをクロスする方式は知られていたが、ロール軸方向のすべりによる大きなスラスト力(=軸方向力)とロール摩耗のため実用になっていなかった。これに対して、スラスト力の主原因は、弾性接触をするBURとWRの軸間でクロスすることによる摩擦力であって、WRと被圧延材が多少クロスしていても、もともと被

圧延材の塑性変形によって圧延方向すべりが生じているため、両者間すべりのロール軸方向成分は中立点の前後以外では小さく、したがって、発生するスラスト力は小さい。

当時、クラウン・形状制御用の圧延機としては、(株)日立製作所による中間ロールを軸方向にシフトする形式の6段圧延機(以後「6段ミル」と略す)が、すでに多くの冷延ミルだけでなく、少数ではあるが一部熱延でも実用されており、「これからの板圧延機は6段ミルだ」という雰囲気さえあった。この状況に危機感をもったMHIの技術者達は、6段ミルの亜流のような形式まで含めて多くの新方式を検討し、本アイデアに到達した。ただし、MHI自身も、当初から十分な確信があったわけではない。

一方、提案を受けたNSCでは、八幡製鉄所の熱延工場に上記6段ミルを建設中でもあり、「いまさらペアクロスミルを開発するニーズはない」という異論があった。これは、「基本的に4段圧延機であるペアクロスミルの方が、既存ミルの改造により適している」という目標の追加によって説得され、共同研究が開始された。この判断は、すでに高度成長

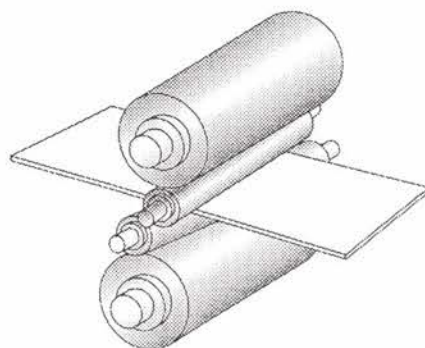


図1 ペアクロスミルの基本構成

*1 元新日本製鐵(株) 生産技術研究所

*2 元三菱重工業(株) 広島研究所

期が終わって熱延ミルの新設がほとんど見込めないという当時の状況を反映したものである。

3 ラボ実験の経過

共同研究開始直後の実験は、MHI広島造船所にある1/3モデルの冷間圧延実験機で行われ、熱間圧延実験は、NSC生産技術研究所にある2段熱間圧延実験機を1/2モデル機に改造して、1980年10月から開始された。熱延実験機改造の設計・製作・工事を10ヶ月間で行ったわけである。実験の目的は、スラスト力の発生機構など本圧延機の基本特性の確認と、ハード設計のためのデータ収集である。このようにハード開発に集中できたのは、本圧延機によるクラウン・形状制御の原理が純幾何学的で単純なものであり、一方、上下ロール間のすきま分布を変えると、それが被圧延材にどの程度転写されるかという理論もすでに解明済みだったからである。

3.1 クラウン制御機能

直径 D_W の上下WR間で軸を角度 2θ だけ交差させると、幅中央から x の位置における最小すきま分布（幅中央との差） $g(x)$ は、幾何学的関係から、ほぼ次式で表される。

$$g(x) \cong \frac{2 \tan^2 \theta}{D_W} x^2$$

これは、直径で $c_W \cong l^2 \tan^2 \theta / 2D_W$ (l は胴長) の2次式クラウンの上下WRを使うことと等価である。ただし、WRとBUR間の接触状態が変化しないように、BURに同じ大きさの凹クラウンを付けるものとする。ここで、 θ は、上および下ロール軸各々の水平面内回転角度 (= 上下軸間交差角の1/2) であり、「クロス角」と呼んでいる。

実際には、等価なロールクラウンが変わっても、板幅内の荷重分布が変化するため、厚さ分布の変化はそれより小さい。しかし、被圧延材の変形条件を考慮した理論予測と比べることによって、ロールクロス効果为上式によるロールクラウンと等価なことが確認できた。

3.2 WRおよびBURクロス方式の問題点の確認

ロール同士がクロスすると、すべり方向はロール軸方向を向いており、摩擦係数を μ 、接触荷重を P として、 $F_T = \mu P$ に等しい大きなスラスト力が発生する。交差角が 0.5° 程度以下では弾性変形のため小さくなるが、それ以上の交差角になると、弾性変形の影響はなくなる。

ロール間クロスでは、スラスト力がこのように大きいだけでなく、ロール摩耗も大きい^{2,6)}。とくにWRとBUR間クロスの場合、相対的に硬度の低いBURが激しく摩耗する。こ

れは、開発初期に、直径200 mmのロール転動摩耗実験で確認した。余談ではあるが、後に開発された非駆動式オンラインロールグラインダーはこの実験がヒントになっている。

一方、本圧延機で、WRと被圧延材間でクロスしてもWR摩耗への影響は見られない¹⁾。これは、別の小型2段熱間圧延機（ロール径250 mm、高合金グレーンロール）で確認した。クロス角は $\theta = 1^\circ$ と通常圧延とで比較し、それぞれ、厚さ30 mm × 幅100 mm × 長さ2.9 mの試験片（SS400）を120本（各5パス、延べ圧延長さ約2.5 km）ずつ圧延している。これらロール摩耗特性は、スラスト力と合わせて、第2章の冒頭で述べた本圧延機開発の出発点を確認したものである。

3.3 スラスト力

本圧延機で、WRと被圧延材との間で発生する摩擦応力の大きさは、各場所のロール面圧力を s として、 $\tau = \mu s$ で与えられる。しかし、被圧延材の塑性変形のため、WR軸と板幅方向とが多少クロスしていても、すべり方向の圧延方向に対する傾き角 ϕ は小さい。摩擦応力 τ の幅方向成分 f_T は $f_T = \tau \sin \phi = \mu s \sin \phi$ で与えられ、スラスト力 F_T はこれを積分したものである。 F_T と圧延荷重 P との関係を $F_T = \mu_T P$ とみると、中立点の近くを除いて $\sin \phi$ が小さいため、 μ_T は摩擦係数 μ よりかなり小さく、また、圧下率が大きいほど小さくなる。 μ_T を「スラスト係数」と呼ぶ。

ここでは、設計データとして使用したスラスト係数 μ_T の実験値 ($\theta = 1^\circ$) を図2に例示する。ばらつきがかなり大きい、理論¹⁾は安全側の値を与える。また、同図では明らかに、スラスト力 $F_T = \mu_T P$ は圧下率がほぼ $r = 30\%$ 程度の条件で最大になる。

μ_T のばらつきの主な原因は、実験して初めて気付いたことであるが、WRの軸方向移動が完全に停止するまでに時間のかかることである。すなわち、WRがスラスト支持機構に

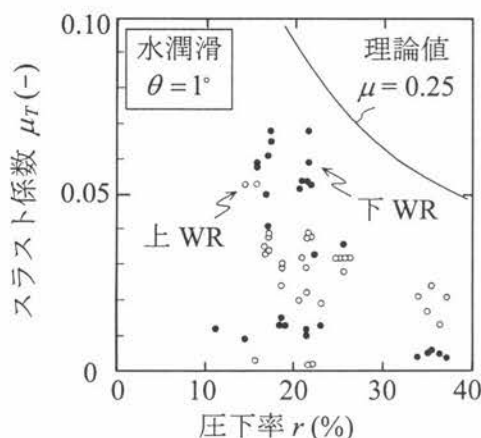


図2 熱延実験におけるスラスト係数

十分押し付けられるまでは、支持機構の弾性変形とがた分だけWRが移動し、その移動中はBURからも軸方向支持力を受ける。このため、図2のデータは、スラスト支持機構の反力が最大になった時点の値をプロットしているが、試験片の長さが十分長くないと判断を誤ることになる。さらに、温度が低下した圧延材尾端部の値なども誤差の原因になっているであろう。

3.4 ハウジングの力学とAGC特性

スラスト力はWR表面で作用する一方、これに対向する反力の作用線は、支持機構の構造にもよるが、使用した熱延実験機のように、スラスト力をWR軸受けを通じて直接ハウジングで受ける場合は、WR軸心上にある。このため、被圧延材からのスラスト力 F_T が発生すると、図3に示すように、WRは鉛直面内(=紙面内)の回転力を受ける。このモーメントは接触荷重を通じてBURに伝わるから、圧下軸からBURショックに加わる反力(以後「ロードセル荷重」と呼ぶ)は左右(=操作側と駆動側)で異なる。また、被圧延材からのスラスト力は上下で逆方向だから、反力の左右差は上下で逆になり、結局、ロードセル荷重が上下左右で異なることになる。

ロードセル荷重が上下で異なるという状況は奇妙に思えるが、左右のハウジングが、基礎への取り付け部から(自重以外に)反力とモーメントを受けるという力学で説明できる。また、BURショックが圧下軸に対して圧延方向の前後にずれ、圧下軸に偏心荷重が掛かる。

共同研究の開始以前に製作された1/3モデル冷延機では、このように従来の4段圧延機では見られなかった力が作用することを考慮して、上下に左右一体構造のインナーハウジングを設け、その中に上下各ペアロールを組み込むという設計がされた。これに対して1/2モデル熱延機では、「既存ミルの改造」という目標もあって、スラスト支持機構とクロス角

設定機構以外は、ほとんど通常の4段圧延機と同じ構造とした。このようにシンプルな設計を決断したことは、スラスト力などロールクロスに付随して生じる力が十分小さいという予想だけでなく、NSCの設備技術部門の意見に負うところも多い。共同研究の大きな効果と言える。

ただし、自動厚さ制御(以後「AGC」と略す)に使用する圧延荷重の測定値としては、左右のロードセル荷重の和(または4個のロードセル荷重の和)をとってスラスト力の影響を除かなければならない。また、上記したハウジングの力学は通常の4段圧延機より複雑であるため、ミル剛性に差があるかもしれないし、AGCのためにロールを上下移動するときハウジングとの摩擦が大きいかもしい。これらの懸念に対して以下の項目を調べた結果、データは省略するが、いずれの実験においてもクロス角の影響は観察されなかった。ただし、ハウジングとの摩擦を小さくする特別な対策として、スラスト支持機構にころを設けている。

- キスロール時、および各種幅の材料の圧延におけるミル剛性
- キスロール時の圧下位置対ロードセル荷重曲線におけるヒステリシス
- 圧延中の油圧圧下位置のステップ指令信号に対する応答
- 圧延中のBISRA方式AGCにおける最適ゲインと圧延材の厚さ精度

3.5 表面性状

被圧延材に対するロールの相対移動に幅方向成分のあることは、製品の表面性状になんらかの影響を及ぼすことが心配されたため、圧延材表面の調査が行われた。まず、被圧延材に対するロールすべりのモデルを検証するために、なめらかなロールで冷間圧延した鋼板の表面を電子顕微鏡で観察した。図4に写真例を示す²⁾。

鋼板表面についた線状マークは、ロール表面の凝着物や突起部などが被圧延材表面上を移動した軌跡であり、その傾き

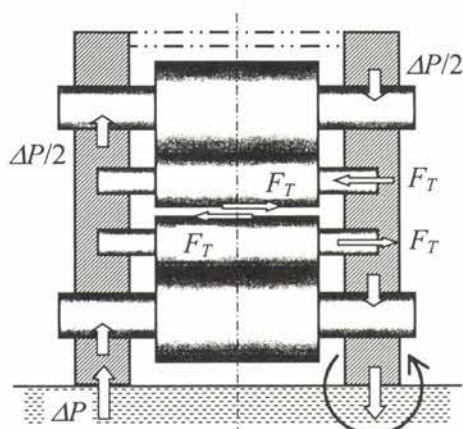


図3 ハウジングの力学

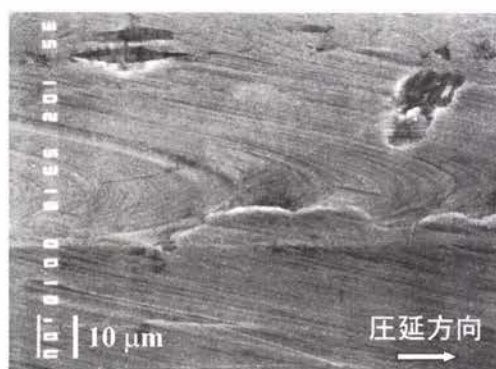


図4 冷延鋼板表面の電子顕微鏡写真²⁾

は各時点の相対すべり方向を表していると考えられる。変形域の初期についた軌跡はその後別の軌跡で上塗りされて消えてしまうが、ロール面がなめらかな場合は、ロール表面の凝着物などが少ないため比較的初期についた軌跡まで残る。線状マークの大部分は接触域出口近くのものであり、その方向は先進率とクロス角から計算した値と一致する。図4には中立点以前からの軌跡が残っている箇所が写っており、すべり方向が接触域内で変化する様子がわかる。いわば「中立点を見た」もので、被圧延材とロール表面のすべり方向に関するモデルの証拠である。線状マークはロール面が粗い熱延などの場合は観察されない。

熱延では、このようなすべりマークそのものは問題にならない。しかし、被圧延材表面の変形になんらかの影響を及ぼして、途中パスで生じたスケールきずやロールきずなどが拡大する可能性が指摘されたため、アルミニウム板の冷延によるシミュレーション実験が行われた¹⁾。その結果、ゆるやかなへこみきずは以後の圧延でなくなり、また後まで残るするどい表面きずの場合も、クロス圧延すると通常圧延より浅くなることがわかった。

すべりマークは、冷延板の表面性状にはなんらかの影響があることが考えられるが、共同研究の目的が熱延であったため、これ以上の追求はされなかった。

3.6 端面のせん断変形

被圧延材表面で幅方向に摩擦応力が掛かることは、圧延材に幅方向せん断変形が生じることを意味する。これは、材質への影響が考えられる他、最も問題視されたのは圧延材端面のせん断変形である。すなわち、端面のせん断変形が大きいと、歩留まりの低下や端面きずの原因になる可能性がある。この問題は、クロス方向を交互に変えるというアイデアによってクリアされた。

図5 (a)¹⁾に、アルミニウム板を同一方向に多パス冷延したときの端面のせん断変形を示す。1パスでのせん断変形は小さいが、同一方向多パス圧延ではせん断変形が累積、また

は拡大することがわかる。これに対して、同図 (b) は、熱延実験機で、30 mm厚さから6.5 mm厚さまで5パスのレバース圧延をした結果であり、端面のせん断変形は観察されない。レバース圧延では、圧延材のせん断変形の方向がパスごとに入れ替わるから、熱延仕上げミルの場合は、各スタンドのクロス方向を交互に逆方向に設定することに相当する。

3.7 ねじれ

クロス圧延をすると、図6のように圧延材がねじれる場合がある。当初、この現象は重大な問題になるかもしれないと心配されたが、開発目的である熱延では発生しないことが、ラボテストと次章で説明する実機テスト²⁾で確認された。しかし、その後本圧延機が厚板ミルや冷延ミルにも適用されるようになったため、本稿では、その用途拡大にあたって正しい判断ができるように、熱延以外の状況も含めて説明する。

図6は、被圧延材の温度を520℃として、クロス角 $\theta = 1^\circ$ で圧延したときの圧延材のねじれを示す。このねじれは、幅方向摩擦力の方向になわをなうときと同じ方向であり、「なわない効果」と呼んでいる。しかし、塑性域でねじり変形が生じているわけではないから、この呼称は厳密には誤解を招く。真の原因は、塑性域の幅方向せん断変形のため塑性域出口でねじり応力が発生しており、圧延後そのねじり応力が解放されるときに生じる弾性変形である。

熱延実験によれば、少なくとも圧延温度が700℃以上の場合には、圧延材のねじれは観察されない。これは、出口におけるねじり応力自体が小さく、また自重などによる圧延後の拘束によって、ねじれない状態のまま残留応力が緩和されるためであろう。このため、鉄鋼材料の熱延ではこのねじれは問題にならないが、冷延や何らかの目的による温間圧延の場合は、ねじれが生じる。対策は、最終パスはクロスをしないう矯正パスにすることである。

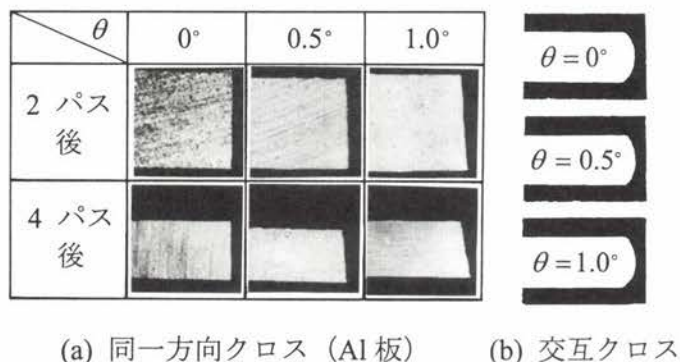


図5 圧延材端面のせん断変形¹⁾ ((b) は5パス後)

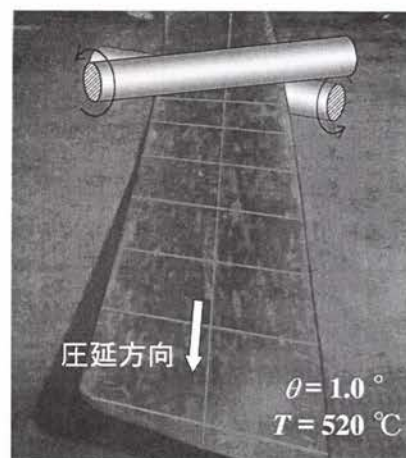


図6 温間圧延時のねじれ

また、熱間で厚手材の場合は、上記とは別種のねじれが生じる。これは、上下ロールすきまの3次元的な形状がねじれた形になっているため、圧延材先端と尾端のごく短い範囲で「なわな効果」と逆方向のねじれが生じるもので、「幾何学原因のねじれ」と呼んでいる。厚板圧延では歩留まり低下や矯正が必要になる可能性があるが、この問題はクロス圧延の必要性の少ない厚手材に限られ、また、必要なら、冷延の場合と同じ対策をとることができる。

4 実機による高速圧延実験

前章で見たように、ラボテストで多くの知見が得られたが、実機適用を想定するとき、とくにストリップの高速通板性が最大の議論になった。すなわち、ロールクロスしている場合、上下ペアロール間で圧延方向に相対移動するだけでロールすきまが左右非対称になり、ストリップが蛇行する原因になる。一方、WRチョックとハウジングとの間にはロール組み換えのために一定のすきまが必要であり、高速圧延では、かみ込み時の衝撃のためWRチョックがそのすきま内で圧延方向に振動することは、操業担当者にとって日常的な経験である。このための対策、すなわち、上下WRの相対移動をなくすためには、次のどちらかの方法が考えられる。

- ①WRをBURに対して圧延方向の前後にオフセット(=平行移動した位置に置く)し、WRを圧延方向のどちらかのハウジングに押し付けておくことが従来の4段圧延機でも行われているが、どの程度のオフセットが必要か、また、この対策だけで十分かを調べる。
- ②その場合でも、かみ込み時の衝撃により上下WRがすきま内で圧延方向に振動することは避けられない。このため、すきまを十分小さくして、WRの移動を抑えればより確実である。本圧延機では、クロス角設定機構にそのようなすきま調節機能をもたせることができ、そうすることによって、従来の4段圧延機以上の通板性が期待される。

これらの対策は、低速の実験機では確認できないため、NSC広畑製鉄所の熱延仕上げ圧延機のF5(全6スタンド中)で、一定角度のロールクロスをしてテストを行うことになった^{2,7)}。当時、工場では、「ロールをクロスするなどとてもない、圧延できるはずがない」という空気であったが、本プロジェクトの要望と綿密な実験計画を説明して合意をとりつけた。

ロールクロスのためには、図7に示すように、WRチョックを抱き込んだ形の既存BURチョックを削ってライナーを挿入した⁷⁾。WRのスラスト力は、BURチョックを介してハウジングで受ける構造とした。ころは設けていない。クロス角は、スラスト力が既存の軸受けのままで耐えられるように

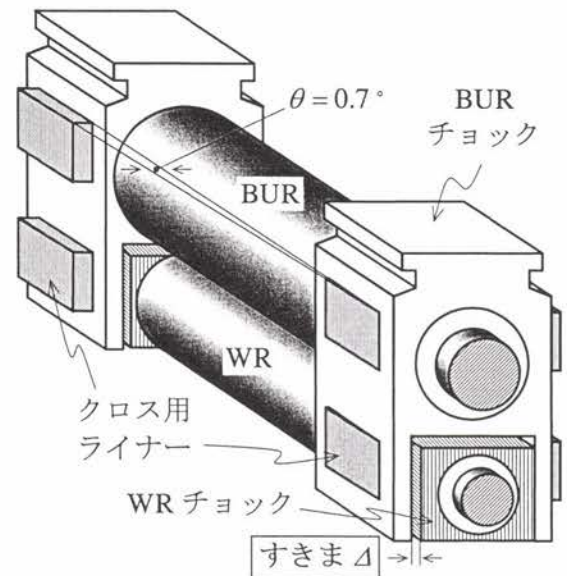


図7 実機固定クロス実験方法

$\theta=0.7^\circ$ とし、その分だけWRに凹クラウンを付けて、通常の4段圧延機と同じ等価クラウンになるようにした。通板性への影響が大きいと考えられるWRチョックとBURチョック間のすきま Δ は、通常操業における管理範囲の最小値 $\Delta=0.7\text{ mm}$ と最大値 2.5 mm の2水準を選んだ。比較対象とする通常圧延はすきま 0.7 mm とした。なお、すきま Δ に対応して、BURチョックとハウジング間のすきまも変えているが、数値は省略する。

クロス圧延と通常圧延との比較精度をあげるために、合計82コイルの通常操業薄物の同一チャージ材を、クロス圧延と通常圧延とに2分(各41コイル=450トン)して同一条件で圧延し、各々の通板状態とコイル巻き姿を比較した。すきまを $\Delta=2.5\text{ mm}$ に拡大したクロス圧延では、ねじれないことと表面性状を確認するためにF5で仕上げたものも含め、別に47コイル(=500トン)を圧延した。

開発関係者立ち会いのもとで最初のストリップがスムーズに圧延されたときは、感激して喜び合ったものである。結果は、すきま 2.5 mm のケースでも上下ロールの相対位置関係が狂うことはなく、安定した圧延であった。実は、通板性に対する心配は別の理由もあったが、それらもこの実験で一気に解決したわけである。

ただし、定常圧延時に各ロールがハウジングの所定の側に押し付けられるように、前述①の対策として、WRとBUR間のオフセット量を従来圧延機の2倍程度に設定するのがよい。なお、その後本形式圧延機の実機操業を通じて、前記②で予想したように、クロス角設定装置ですきまを最小に調節することにより、従来圧延機でも生じるロール間クロスによるスラスト力を軽減でき、また、通板性が一層向上すること

が確認されている。

さらに、この実験では、クロス角設定機構に加わる衝撃力も測定され、十分なハード設計データが得られた。また、従来あまり関心が払われていなかった、ロールオフセットの理由、かみ込み時のWR振動の原因と挙動などに関して、多くの知見が得られたことを追記しておく。

5 新熱延工場の建設と立ち上げ

共同研究の終了と前後して、NSC広畑製鉄所の熱延工場を更新する計画が進められていたが、この場合は新設ミルであるため、再度「6段ミルかペアクロスミルか」が議論になった。これは、「ペアクロスミルでは新しい材質の鋼が造られる可能性があり、一方他の形式の圧延機はすでに所有している」という意見に代表されるように、新しい技術の採用を進めるNSCの社風に後押しされた形で、ペアクロスミルが選択された。この決定は、「熱延のような乱暴な操業には、タフな4段圧延機の方がよい」という操業技術者の直感にも支持されたと思われるが、NSC自身が本圧延機の開発を担当したことも大きく影響したはずである。

こうして、1984年8月に仕上げ全6スタンドにペアクロスミルを設置した新熱延工場が完成した。このミルでは、全スタンドのクロス角を理論計算に基づいて決定するため、すべての操作を自動設定としている。世界最高のクラウン制御技術の確立を目標に掲げ、「赤通し」(＝最初の熱間試圧延)の当初からクロス圧延を行うという背水の陣を敷くなど、操業・制御の立ち上げを担当した技術者の意気込みは相当のものであった。その後、6ヶ月をかけて低クラウン圧延を実現しているが、この間の詳細は文献⁹⁾を参照していただきたい。

6 ペアクロスミルの建設実績

本圧延機の開発後も、新設あるいは改造用に多くの新形式圧延機が海外も含めて提案されている。ここで、6段ミルと本圧延機の優劣が問題になる。しかし、これについては、両形式圧延機をともに所有しているNSCも明言していない。実際、両者とも優れたクラウン・形状制御機能を示しており、その操業実績は製品構成などの条件や操業努力に依存するところが多いため、明確な比較データを得ることは難しい。たとえば、6段ミルはロール本数が多い分ロール原単位(＝消耗量/圧延量)が悪いと思われるのに、6段ミルである八幡熱延工場が4段圧延機である他の工場より良い実績を社内会議で報告したことがあり、差はわずかなのであろう。

関連する逸話を紹介しよう。筆者の一人である松本は、

1994年にDüsseldorfで開催された第6回鉄鋼圧延国際会議で、「各種クラウン制御圧延機の比較」と題して発表したとき、「6段ミルとペアクロスミルでメンテナンス性はどちらがよいか」という質問に対して、「メーカーの違う圧延機を同じミル内に設置するわけにはいかない。…意味が通じますか」と答えた。これは、実は質問を聞き取れなかったための見当違いであったが、聴衆は、「そうでもしなければ比べようがない」という意味のジョークと解釈してくれたらしく、この回答は爆笑で了解された。

ここでは、本圧延機の特徴を逐一説明する代わりに、現時点の評価を表す指標のひとつとして、その建設実績を表1に示す。2006年度までに、累計99スタンドへの適用が見込まれている。

表1 ペアクロスミルの建設実績 (MHI)

(* 注) 特記したものの以外は熱延

年	設置工場 (*)	スタンド	新/改
1984	新日鐵広畑	F1-F6	新
1987	光陽 1 (韓)	F3-F6	新
1989	日本鋼管京浜	F4-F7	改造
1990	光陽 2 (韓)	F3-F6	新
1991	ARMCO (米) 新日鐵君津厚板	F4-F7 仕上げ	改造 改造
1992	光陽 3 (韓)	F4-F7	新
1993	日本鋼管福山 新日鐵名古屋 住金鹿島冷延	F4-F7 F1, F2 #1-#3	改造 改造 新
1995	新日鐵君津 川鉄千葉	F2, F3 F1-F7	改造 新
1996	浦項 2 (韓) 光陽ミニミル (韓) TRICO (米) 日本金属衣浦	F2, F3 F2-F4 F1-F4 Steckel	改造 新 新 新
1997	浦項 1 (韓) 宝鋼 (中) 韓宝 (韓) 浦項厚板 3 (韓)	F2, F3 F2-F7 F2-F5 仕上げ	改造 新 新 新
1999	光陽 1 (韓) SSM ミニミル (タイ) 光陽ミニミル 2 (韓)	F7 F2, F3 F1-F4	改造 新 新
2000	鞍山鋼鉄 (中) Corus ミニミル (蘭)	F2-F4 R2, F1-F5	新 新
2002	光陽 2 (韓)	F1, F2	改造
2003	唐山ミニミル (中) 一鋼 (中)	F1-F3 F2-F4	新 新
2005	本溪ミニミル (中)	F1-F3	新
2006	通化ミニミル (中)	F1-F3	新

7 おわりに

熱延用ベアクロスミルの開発と実機建設・立ち上げの経緯を、多少裏話めいた議論も紹介しながら解説し、未発表の事項も含めて、現在の視点による本技術に対する評価を試みた。本圧延機の適用や類似の開発にあたって、何らかの参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) H. Tsukamoto and H. Matsumoto: Iron & Steel Engineer, 61 (1984) 10, 26-33, または、中島浩衛, 川本利治, 波多江誠亮, 大森舜二, 塚本顕彦, 日野裕之, 荒谷博史: 三菱重工技報, 21 (1984) 6, 809-815.
- 2) H. Matsumoto, H. Tsukamoto, S. Hatae and H. Hino: Advanced Technology of Plasticity (Proc. of the first Int. Conf. on Technology of Plasticity), Vol. II (1984), 1372-1377.
- 3) 大森舜二, 塚本顕彦, 日野裕之, 中島浩衛, 中沢吉: 塑性と加工, 28 (1987) 321, 1067-1074.
- 4) 大森舜二, 梶原哲雄, 田浦良治, 貞広真二, 松本絃美: 塑性と加工, 28 (1987) 323, 1259-1266.
- 5) 大森舜二, 梶原哲雄, 葉山安信, 西崎純一, 岩谷浄: 塑性と加工, 29 (1988) 325, 123-130.
- 6) 大森舜二, 林寛二, 荒谷博史, 川並高雄, 小川茂, 上堀雄司: 塑性と加工, 29 (1988) 327, 349-355.
- 7) 大森舜二, 岸治, 三登良紀, 平世和雄, 波多江誠亮, 山内信一: 塑性と加工, 29 (1988) 328, 448-455.
- 8) 大森舜二, 梶原哲雄, 飯伏順一, 林寛二, 大園隆一: 塑性と加工, 29 (1988) 330, 701-709.
- 9) 辻勇一, 島津智, 平石勇一, 福島賢也, 加藤勝弘, 平世和雄: 鉄と鋼, 74 (1988) 3, 481-488.
- 10) 武田豊, 中沢吉, 松本絃美, 坂口敏明, 大森舜二, 日野裕之: 機械振興, 19 (1986) 12, 46-50.
- 11) 塚本顕彦, 森本和夫, 大園隆一: 圧延理論部会第100回記念シンポジウム資料, (1994), 139-150.

(2004年12月17日受付)

ブックレビュー

「誇り高い技術者になろう」
黒田光太郎、戸田山和久、伊勢田哲治 編
2004年4月 (財)名古屋大学出版会
A5判 263頁 定価2,940円(消費税込)

本書はいわゆる「工学倫理」をわかりやすく解説した入門書である。名古屋大学を中心に14人の教授、助教授が執筆及び編集に関わっている。まず、「誇り高い技術者とは」と題し、INAXやデンソーでの商品開発の具体例から解説が始まる。ここに登場する技術者たちは、中村修二さんや田中耕一さんのような飛び抜けてすごい人ではない。彼らは社会の多様なニーズや地球環境のために配慮した設計を日常業務の中できっちりとこなしているだけである。“これが誇りある技術者?”と疑問に思うかもしれないが、技術者の誇りというものは何も特別な場面で発揮されるものではなく、日常業務の中で十分発揮されるものだという。また、本書では「技術者とは①人工物を介して人と関わる、②チームを組んで仕事する、③新しいものをつくる」という根本的なことを読者に強く訴えている。これが同じ専門家でも、直接人間を相手にする医師や弁護士、個人で仕事をしていた昔の職人と大きく異なる点である。言われてみれば当たり前のことだが、この点に注意して本書を読むと技術者として何をすべきかが理解できるようになるであろう。最後には、技術者の責任ある行動を社会はどうサポートするべきかについても論じられており、その中で学協会による「工学倫理」の取り組みについても記述されている。

最近、もんじゅナトリウム漏洩事故や三菱自動車リコール隠し事件等の不祥事が相次いで起こっている。「工学倫理」が大きく問われる今の時代の技術者にとって、本書は是非お勧めしたい一書である。

(愛知製鋼(株) 技術開発部技術統括室 永田弘光)