

寸法制御と精度向上に関する計測制御技術

歳弘 卓也*

Measurement and Control Technology for Improvement in Gauge Control

Takuya TOSHIHIRO

Key words : measurement & control technology ; process control ; sensing technology ; AGC ; simulator ; fuggy control.

1. はじめに

鉄鋼製品に対する需要家の要求は高級化、高品質化、多様化の傾向をますます強めている。棒鋼については次工程の寸法調整工程省略を可能とする高寸法精度のものが望まれ、冷延鋼板では圧延方向の板厚の均一性は言うに及ばず、幅方向での均一性も強く望まれている。これらの要求に答えるため形状制御性の優れた6hiミル、ペアクロスミルなどの設置、高応答油圧圧下装置の設置、高性能交流電動機システムの設置などがなされている。

また、全スタンドに板厚計、板速度計を設置し、圧延途上のデータを入力して各スタンドの圧下、ロール回転数を制御する多変数制御の高性能圧延機¹⁾の実現、鋼板形状(平坦度)の向上を目的としたファジィ理論応用による鋼板自動形状制御²⁾の実現、など計測制御技術の貢献なくして今日の圧延製品は製造できないと言っても過言でない状態になっている。本論文では寸法制御と精度向上に関する計測制御技術の現状と展望について述べる。

2. 品質精度にたいする計測制御技術の役割

品質精度制御(板厚制御)という意味では、早くも'50年代には板圧延においてBISRA AGCが開発されている。その後、モニターAGC、FF(Feed Forward)AGC、MF(Mass Flow)AGCなど種々の方式が考案、実用化されている。最近では、非干渉制御、最適制御、スミス法などの新しい制御理論の成果を充分にとりいれた制御システムが、情報伝達の高速ネットワークで密に結合された複数台のコントローラ上で構築されている。

一方、装備力でも進歩が著しく、①ロール偏芯の少ないローラーベアリングの採用、②高性能油圧圧下装置の採用、③ACミルモータの採用、④各スタンド間への板厚計の設置

などで板厚精度の改善を推進している。図1に冷延タンデムミルにおける、装備力と板厚精度向上率の関係を示す。図の縦軸は板厚精度比率の傾向を示す。加減速部の板厚精度を定常部と同等にするには各スタンド間に板厚計を設置する必要がある。

高応答油圧圧下装置、高性能ACドライブ、全スタンド間に板厚計、板速度計を装備し、最新制御を適用した冷間タンデムミルが'90年8月新日鉄(株)八幡製鉄所で稼働を開始した。板厚精度は±0.5%を加減速領域を含む全領域で達成している³⁾。図2にこのAGCシステムを示す。図3には制御システム構成を示す。図3で判るようにAGC用コントローラ、ドライブ主幹コントローラ、プロセスコンピュータが同一の高速ネットワーク(32Mbps)で密結合されている。

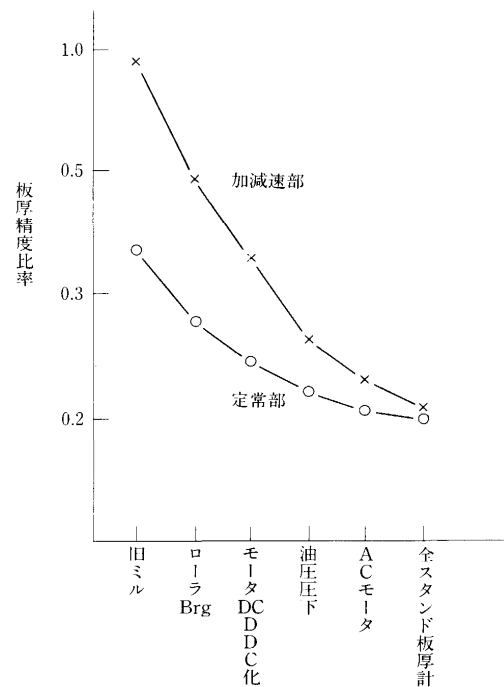
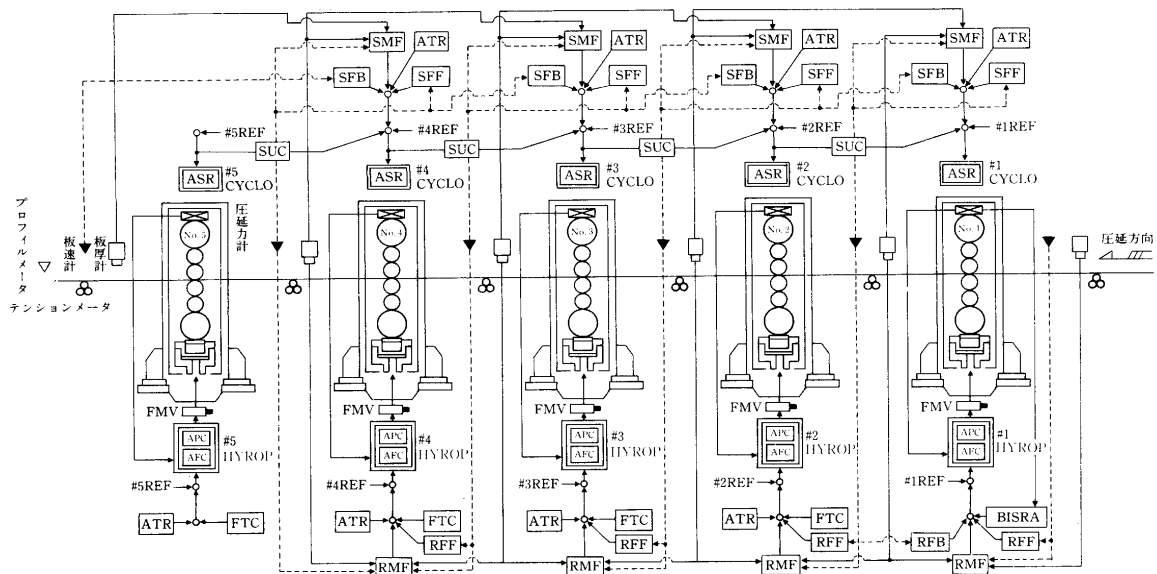


図1 装備力と板厚精度

平成4年8月4日受付 平成4年12月8日受理 (Received on Aug. 4, 1992; Accepted on Dec. 8, 1992) (依頼展望)

* (社)日本鉄鋼協会共同研究会制御技術部会長 (Chairman, Control Technology Committee, The Joint Research Society, The Iron and Steel Institute of Japan, 1-9-4 Ohtemachi Chiyoda-ku Tokyo 100)



ASR : Automatic Speed Regulator
 SFF : Speed Feedforward AGC
 SFB : Speed Feedback AGC
 SMF : Speed Massflow AGC
 ATR : Automatic Tension Regulator
 SUC : Successive
 APC : Automatic Position Controller
 AFC : Automatic Roll Force Controller
 RFF : Roll Force Feedforward AGC
 RFB : Roll Force Feedback AGC
 RMF : Roll Force Massflow AGC
 FTC : Front Tension Compensator

図2 新板厚制御システム

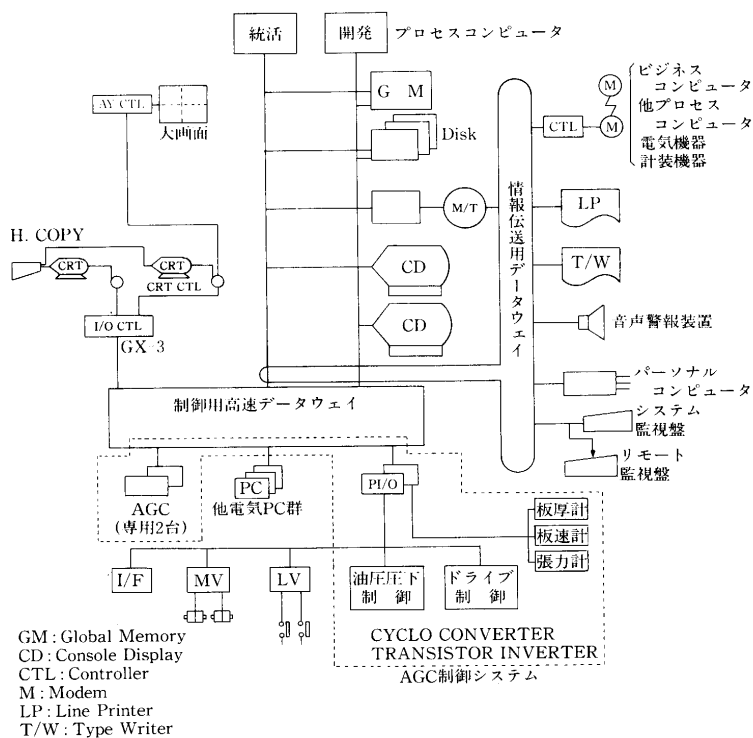


図3 新板厚制御の制御システム構成

さらに操作用として電気・計装・計算機共用の高応答 Intelligent CRTを用いて操業のインテリジェント化を実施している。本システムのプロセスコンピュータは32MB、8 MIPSのもの3台で下位コントローラも32ビット、64KW13 セットで構成されている³⁾。この新AGCシステムを検討するに際しては厳密モデルによる冷間圧延シミュレータを自己開発し、多岐にわたるシミュレーションと既設圧延機による検証試験の繰り返して新技術を確認した。

さらに圧延スケジュールのセットアップに最近注目されているファジィ推論をセットアップモデルの圧延荷重予測に適用して高い予測精度を得ている⁴⁾。

この例で明確のように計測制御技術は圧延プロセスの根幹をなしている。ここでは線材から冷延薄板までの圧延プロセスにしめる計測制御技術の現状と今後の課題について①プロセス制御技術、②センシング技術、③ドライブシステム、④プラントシミュレータの各技術動向として述べる。

3. プロセス制御技術の動向

プロセス制御技術は、品質精度向上、省力化などを追求しながらその技術範囲を拡大してきた。この結果、プロセス制御は今やプラント運営の中核技術としての地位を占めるようになっており、今後ますますその重要性を高めていくものと思われる。

プロセス制御技術の動向を概括すれば、下位コントローラレベルの制御では、最適制御、多変数制御、非干渉制御、 H_{∞} 制御、 μ 制御などの近年の制御理論の進展の成果を適用しながら制御性能を極限まで追求していく方向のアプローチが盛んになされている。一方、スーパーバイザリコントロールレベルの設定機能では、AI、ファジィ、ニューロなどの知識工学的手法を適用しながらシステムの柔軟性を指向するアプローチが盛んに行われていると言え、今後とも、両者のアプローチが融合しながら高精度、完全無人化を目指した高度な制御システムが構築されていくものと思われる。

3・1 下位コントローラレベルのプロセス制御技術の動向

圧延分野における下位コントローラレベルのプロセス制御は、板厚制御や張力制御に代表されるが、これらの制御では、近年の制御理論の発展の成果を充分に取り入れた制御システムが、高速で動作するコントローラ上に構築されるようになってきている。例えば、前述の新日鉄(株)八幡製鉄所で稼働を始めた冷間圧延ライン¹⁾では、31ループの板厚制御(AGC)系、8ループの張力制御(ATR)系により構築された制御システムが15msecで動作している。これらの制御系は、リアルタイムデジタルフィルタによる圧下AGCと速度AGCの非干渉化、AGCとATRの非干渉化、板厚計、板速計全スタンド装備による高精度マスフローコントロールなど制御理論を駆使した高度な制御システムとなっており、高応答油圧圧下装置、高精度主機駆動装置の優位性を最大限に発揮しながら板厚変動 $\pm 0.5\%$ 以内の制御精度を実現している。

熱間圧延ミルにおいても、多変数制御を用いた板厚制御やループ制御⁵⁾、非干渉制御を用いた張力制御、絶対値AGCの適用⁶⁾など制御技術の粋を結集した制御系が組まれてきており、今後とも、制御理論の発展とともににより高い精度を目指した高度な制御システムが構築されていくものと思われる。

また、厚板ミルや線材ミル、形鋼ミル、鋼管ミルにおいても、同様の取り組みが盛んになされている。例えば、最適レギュレータを用いた線材ミルにおける多変数制御⁷⁾⁸⁾や形鋼ミルにおける多変数厚み制御⁹⁾などがある。

さらに、熱間圧延や冷間圧延分野では、板厚制御の他、板幅制御、クラウン制御、形状制御なども自動化されるようになってくるなど、寸法制御の対象が板厚制御以外へも拡大してきており、今後とも、あらゆる角度からの品質精度向上が引続き図られていくものと思われる。

3・2 スーパーバイザリコントロールレベルのプロセス制御技術の動向

スーパーバイザリコントロールレベルのプロセス制御は、例えば熱間圧延や冷間圧延における圧延スケジュール計算とそのセットアップなどに代表される設定機能が中心である。これらの機能は、物理現象への考察や統計的手法、経験則などにより得られた知見をもとに構築されたモデル式により実現される場合が多く、従来より、精度向上を目指して数多くのモデル式が実用化されてきた。例えば、熱間圧延における仕上げセットアップでは、ストリップ温度予測モデル、圧延荷重モデル、負荷配分モデル、変形抵抗モデル、圧延トルクモデル、ミルストレッチモデル、オイルフィルムモデル、ロールプロファイルモデルなどのモデル式が開発されてきており、現在オンラインで使用されている。

これらの理論的、解析的なアプローチによる精度向上のための努力が引続きなされている一方、最近では、AI、ファジィ、ニューロなどの知識工学的手法によりプロセスモデリングを行う試みも盛んになってきている。例えば、冷

間圧延におけるファジィ理論を適用したセットアップモデル⁴⁾では、圧延荷重の算出に、従来の重回帰法によるプロセスモデリングに代えてファジィ理論を適用し、プロセスの非線形性を取り込むことで約20%の精度向上を実現している。また、理論的、解析的なアプローチと知識工学的手法とを組み合わせ使用して精度向上を図る試みもなされており、例えば、熱間圧延における仕上げセットアップにファジィ理論を適用したダイナミックセットアップモデル¹⁰⁾では、上述の仕上げセットアップモデルにより得られた結果を、前段スタンドの噛み込み時の実績を用いたファジィ推論によりダイナミックに修正し、約18%の精度向上を実現している。

図4にダイナミックセットアップシステム構成を示す。

さらに、図5に示すようなファジィ理論による冷延形状制御、AIによる熱延仕上げ通板速度決定や熱延物流制御、冷間圧延ライン速度決定、棒鋼ミルペーシングなど知識工学的手法の適用により複雑な操業形態や特殊作業、オペレータの勘に頼っていた作業などを広くカバーしていく試みも盛んになされており、システムの柔軟性を指向しながらプラントの総合的な自動化推進が今後とも図られていくものと思われる。

4. センシング技術の動向

量から質の時代への社会変化に対応しセンシング技術へのニーズもここ10年の間に大きく変化してきた。鉄鋼各社でまとめた圧延プロセスにおける特殊センサ開発ニーズについて、寸法制御の観点より優先度の高いものを抜粋し表1¹¹⁾に示す。この表で示すようにセンサ開発は、寸法/形状/

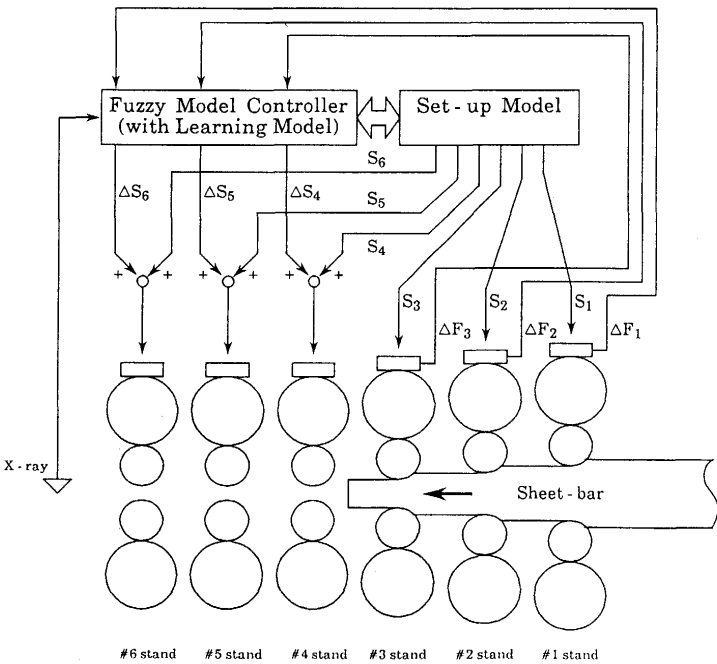


図4 ファジィ推論によるダイナミックセットアップモデル

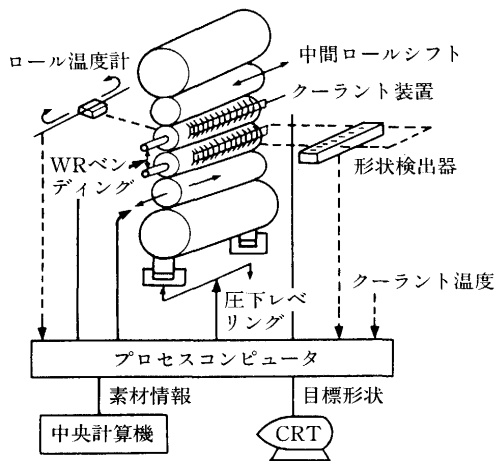


図5 形状制御システムの概要

品質などの最終製品に関連する方向に向かっている。今後センシング技術は品質管理の厳格化並びに高度自動化の実現のためにより重要な役割を担ってくるものと言える。

4・1 鉄鋼用センシング技術の特徴

鉄鋼用特殊センサの主な特徴をまとめると次のようになる。①測定場所が高温、多湿、粉塵および振動などの有る極めて過酷な条件であり且つ要求される測定精度が厳しいことから環境対策がセンシング技術の重要な要素の一つとなっている。②多くのセンサは、連続プロセスに設置されることから高信頼性とメンテナンスフリーが求められる。そのために一般の汎用センサでは対応できなく対象プロセスにあったセンサ開発が必要になるケースが多い。③一方センサの実現によるメリットが非常に大きいことからセンサに対する要求機能が高度となりその実現に当たっては、知能化・多機能化センサが要求される傾向にある。以上述べた様に鉄鋼用特殊センサの実現に当たっては数々の厳しい条件が有る。しかし最近の集積回路技術やマイクロマシン技術などの周辺技術の進歩によって課題を解決し新しいセンサの実現が可能になってきた。

4・2 圧延プロセスへの新しいセンシング技術の実用例

各圧延プロセスでの最近の特殊センサの導入例を紹介す

表1 圧延プロセスにおけるセンシング技術への開発ニーズの一覧表

プロセス	計測対象	計測目的	課題と期待
形 鋼	・熱間断面プロフィール計 ・長さ計	圧延制御精度向上 寸法精度向上 歩留向上	オンライン自動全面全長計測化 フィードバックによる高精度圧延 寸法精度の向上
厚 板	・鋼板平面形状検出器（熱間） ・平坦度計（熱間、冷間）	歩留向上 歩留向上	測定精度の向上 センサ信頼性の向上
熱 延	・仕上げワークロールオンライン プロフィール計 ・炉内スラブ温度計	板厚プロフィール制御精度向上 歩留向上／省エネ	測定環境が悪い 測定精度の向上
冷 延	・板厚プロフィール計 ・鋼板形状 ・ワークロールオンライン プロフィール計	品質保証 板厚制御精度向上 品質保証／プロセス管理 板厚プロフィール制御精度向上	高精度検出技術の実現 測定環境が悪い

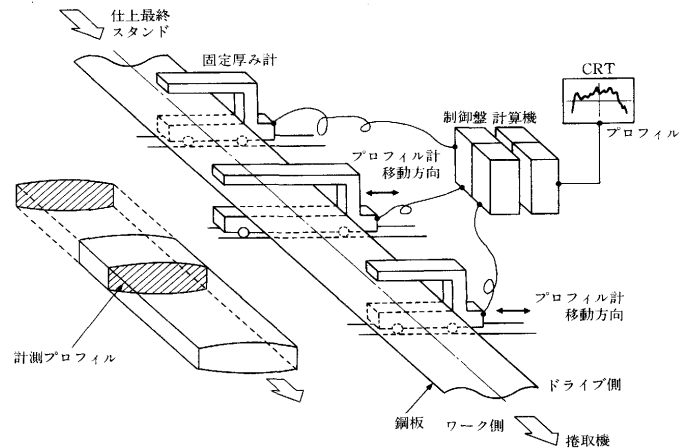


図6 熱延鋼板プロフィール計の概念図

る。

4・2・1 熱延

熱延ラインでは寸法計測（厚み、幅、プロフィール）のオンライン化への開発着手は早かった。図6は、X線透過式を使ったプロフィール計の例である。初期のプロフィール計は仕上げ最終スタンドの出側に1台設置し全板幅のプロフィール測定を行っていた。最近のミルでは、品質管理の一層の厳格化の要求があり、それによりワーク側とドライブ側の各々に1台ずつプロフィール計を設置し、より詳細な板幅方向のプロフィール計測を可能にした計測システムを導入している。また、上流の固定厚み計は最終板厚測定の目的の外その測定結果は、各プロフィール計と固定厚み計の設置位置ズレによる位置補正用としても使用されている。この技術は計算機処理能力の大幅な向上によって実現できた例である。測定精度はオフラインで測定板厚の $\pm 0.2\%$ (3σ)である。また、最近の熱延では品質要求の厳格化に伴い高度制御精度の実現のため、条件の厳しい仕上スタンドの間に板厚計をはじめ各種のセンサを設置する傾向にある。

4・2・2 冷延

従来より冷延は最終製品としての需要家からの厳しい要求に対応し比較的各種の寸法計測センサの開発がなされて

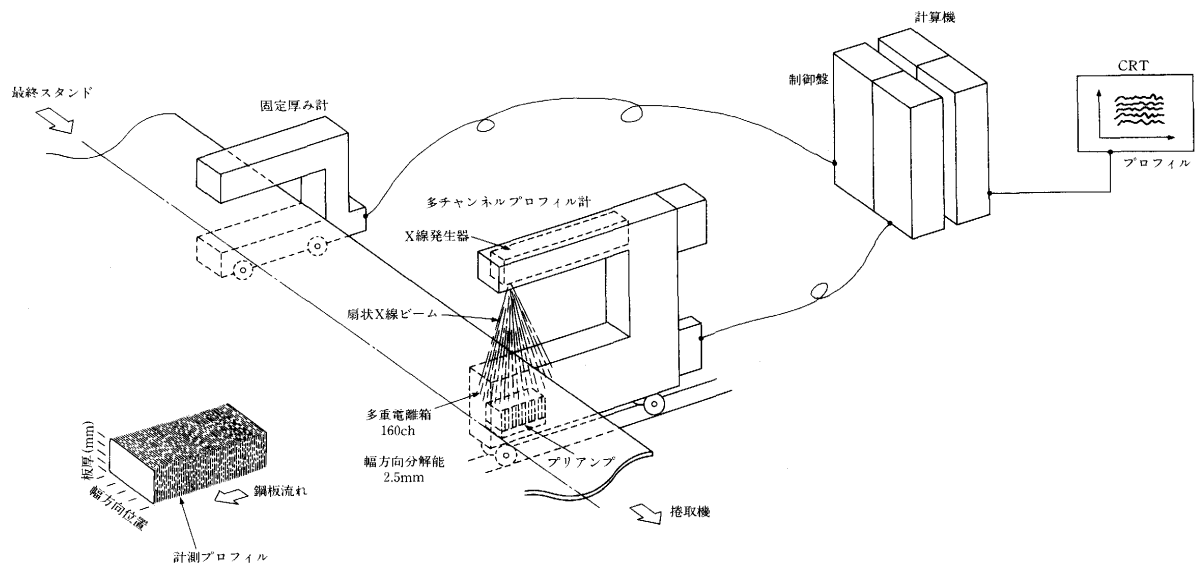


図7 冷延鋼板プロフィール計の概念図

きた。しかしミルスタンド間へのセンサ設置については測定環境が厳しくコストがかかるなどの理由から、今まであまり実現できてなかった。ところが最近の厳格な製品品質要求の対応による高度自動制御の実現のために図1に示すようなセンサのフル装備を実現した例がある。これらセンサのフル装備により、この冷延ミルでは定常圧延時はもとよりミル加減速時の板厚制御精度の大幅な向上¹⁾が図れた。従来の圧延用の寸法計測センサは圧延ミルの一段目スタンドの入側と最終スタンドの出側に設置するケースが多かった。最近では圧延寸法の精度が厳格化されるにつれ圧延中のスタンド間の鋼板挙動を計測しそれを制御に使用するニーズがでて過酷な測定条件でセンサを使用することが多くなった。今後は冷延を含め他の圧延ラインもますますこの傾向に進んでいくものと言える。ここでは特徴的なオンラインプロフィール計を図7に示す。冷延のように2000mpmで圧延する高速ラインでのプロフィール測定は応答性の面から図6のような台車走行方式では要求される鋼板プロフィール測定ができない。新しいシーズ技術の出現により図7に示すような板幅に多チャンネルセンサを有した固定式プロフィール計を導入し今までの課題であったプロフィールの幅方向の一様性およびエッジ部のプロフィールの検出限界が解決された例である。従来のプロフィール計ではエッジ部のプロフィールの測定限界は鋼板エッジから25mmであったが新しいセンシング技術の導入により5mm領域まで向上できた。このセンサは、医療分野のシーズ技術を産業分野へトランスフ

アーして実現できた例である。

4・3 圧延プロセスにおけるセンシング技術の今後

ますます厳格化する寸法精度の向上に対応してセンサ開発は、大いに期待されているところである。最近の集積回路技術やマイクロマシニング技術などの周辺技術の進歩によってセンシング技術はさらに高度化するものと期待される。

5. ドライブシステムの技術動向

サイリスタに代表されるパワーデバイスの発展、マイクロプロセッサの飛躍的発展によりパワーエレクトロニクス技術は急速に発展した。これによりドライブシステムも直流一辺倒の世界から高性能化した交流ドライブに急速にとって代わりつつある。最近建設された冷間タンデムミル、プロセスラインは全て交流（可変速）ドライブである。また、更新時期にきた熱延ミルも交流ドライブ化で計画されている。本項では交流ドライブの寸法制御技術適用への現状、交流ドライブの今後の課題について述べる。

5・1 交流ドライブの種類と特徴

低速で被圧延材料を噛み込んだのちスタンド間で揃速性を保ちながら高速の圧延速度まで加速する熱延タンデムミル。極低速圧延状態で材料の疵、形状を点検確認するため高速圧延速度から揃速性を保ちながら頻繁に加速・減速を繰り返す冷間タンデムミル。このように圧延用ドライブシ

表2 交流ドライブの性能と期待効果

	交流ミルモータ	直流ミルモータ	期待効果
速度制御範囲	0~100%	1~100%	板破断減少
速度制御精度	±0.01%	±0.05%	板厚精度向上
	(0~100%スピード)	(1~100%スピード)	板破断減少
速度制御応答	$\omega_c=30\sim40\text{rad/s}$	$\omega_c=5\sim20\text{rad/s}$	AGC効果向上
電流制御応答	$\omega_c=600\text{rad/s}$	$\omega_c=100\text{rad/s}$	軸共振抑制
ストール運転	100%負荷、連続運転	50%負荷、30s運転	巻形状向上

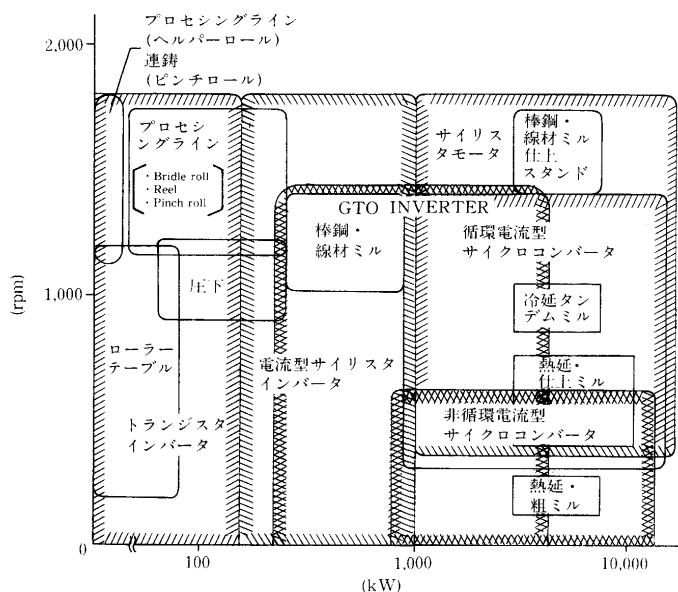


図8 鉄鋼プラント用ACドライブシステム

システムは10MWもの大容量でありながら即応性が要求される苛酷なシステムである。このような部分は従来直流ドライブが適用されてきた。しかし、ますます厳格化する板厚精度要求などに対応するためには直流ドライブでは限界がある。直流機は機械的整流機構をもつため単機最大容量限界(M 定数=容量×回転数×界磁比率)があったり、電流制御応答に限界がある。交流ドライブはこの限界値が一桁以上大きいので、表2¹²⁾に示すように直流に対して格段に優れた性能をもっている。交流ドライブは主回路方式、パワーデバイスの種類、適用電動機により圧延主機用としては図8に示す種類がある。高速度が必要で特にトルクリプルを問題にしない線材ミルには従来よりサイリスタモーターが適用されている。冷延ミルのように特に表面性状を大切にするミルで、かつ静止張力状態を必要とする場合は誘導電動機駆動・循環電流型サイクロコンバータが適用されている。これは高速度応答と極低トルクリプルのためである。噛み込み時に過大な衝撃トルクが掛かる分塊ミル、厚板ミル、熱延粗ミルでは機械的に堅牢な籠型誘導電動機を使用した非循環サイクロコンバータが適す。熱間タンデムミルでは高速度応答、極低トルクリプルを必要とするが静止張力運転を必要とせず、界磁範囲も極端に広くないため電源力率の良い同期電動機駆動循環電流型サイクロコンバータが適用している。サイクロコンバータは'79年に国内のビレットミルで世界で初めて適用¹³⁾された。'81年には西ドイツで分塊ミルに非循環型が採用されている。当時は保全性を主眼にしていたが、'86年にはデジタル化技術の発展と冷延ミルに適用するための高度な要求とがあいまって高性能の循環電流型が開発実機化している。国内鉄鋼冷延ミルではこの誘導電動機駆動循環電流型サイクロコンバータが全てに適用されているが、欧州、中国の鉄鋼冷延ミルでは同期電動機駆動非循環型が稼働している。また、国内のアルミ圧

延機でも同様の動きがある。これらのサイクロコンバータに関しては電源力率が低いため、力率改善コンデンサとサイクロコンバータ自身による無効電力制御を実施している例もある。

熱延タンデム圧延機は'82年以来新設が無いためACドライブの適用がされていないが、最近の設備老朽更新を機にACドライブ化が進行している。

5・2 ACドライブの課題と展望

速度制御応答・精度はAGC（板厚制御）性能に、電流制御応答は軸振動抑制に効果を発揮する¹⁴⁾。誘導電動機駆動循環電流型サイクロコンバータは制御性能的には速度制御応答、電流制御応答ともに非常に優れたドライブシステムといえる。しかし、電源力率が低く装置が大型化する、低次で運転周波数で変化する電源高調波が発生するため高価な高調波対策設備を必要とする。また、運転周波数を48Hz(60Hz地区で)以上あげられないという問題がある。これらの対策としてサイクロコンバータによる無効電力制御、アクティブ・フィルタが実用化されている。これに対応して最近GTOコンバータ・インバータに代表される自己消弧素子（電源の極性+、-に関係なく自由に通電を切ることができる）を利用したドライブシステムが注目されている。この方式はPWMコンバータにより特別な装置を付加することなく電源力率を1.0に保つことができ装置的利点が存在する。GTOインバータも100Hz程度まで出力周波数をだせる。電流制御精度も1000rad/s以上が期待できる。そのため速度制御応答も100rad/s以上が期待できる。このため①増速ギヤレスのドライブが実現できる、②ベース速度アップによるモータの小型化、③超高応答による軸振動抑制、超高速AGCなど夢のあるACドライブである。しかしながら、パワーデバイスは今現在まだ開発中であり単機容量はGTOインバータで2,500kWが限界である。現在主回路もNPC(中性点クランプ)インバータなど高電圧化でき、かつ出力波形リプルのない新方式の実機化がすすんでおり期待できる。

6. プラントシミュレータの技術動向

プラントシミュレータは、計算機を用いて各種の鉄鋼製造プロセスの挙動を模擬するもので、鉄鋼プラントの設計、操業支援あるいは制御系設計を最適化する。

国内外の鉄鋼メーカーおよび電機メーカーによって、種々のプラントシミュレータが開発され、応用されている。

新日本製鉄では、プラントシミュレータ「PLASシリーズ」¹⁵⁾を開発し、現在もその拡張・レベルアップを行っている。他の鉄鋼メーカにおいても、目的に合わせてシミュレータを作成し、制御技術の開発を実施している。

表3は、「PLASシリーズ」で開発されたプラントシミュレータの一覧である。これらは、制御系の検討のために、ワークステーション、大型計算機、ミニコンピュータ上で

表3 プラントシミュレーター一覧

シミュレータ略号	シミュレータ名称
PLAS01	コークス炉温度場シミュレータ
PLAS02	連続鑄造凝固シミュレータ
PLAS03	熱間圧延ミルシミュレータ
PLAS04	デスケーリングプロセスシミュレータ
PLAS05	厚板冷却プロセスシミュレータ
PLAS06	鋼管シーム部加熱シミュレータ
PLAS07	鋼片加熱炉シミュレータ
PLAS08	熱間圧延鋼板冷却プロセスシミュレータ
PLAS09	棒鋼・線材シミュレータ
PLAS10	冷間圧延ミルシミュレータ

動作するソフトウェアである。製鉄、製鋼の上工程から熱間圧延、冷間圧延の下工程に至るまでの10システム以上で構成され、これまで開発、バージョンアップを繰り返してきた。

いくつかの代表例について内容を説明する。

6・1 熱間圧延ミルシミュレータ¹⁷⁾

本シミュレータは、熱間タンデム圧延制御システムをシミュレートする。圧延モデルと板移送モデル、各種のマイナー制御モデルから構成される。圧延モデルは、板中心板厚を対象にしたもの（1次元モデルとよぶ）と板幅方向に厚み分布を考えたもの（2次元モデルとよぶ）がある。1次元シミュレータは、板厚制御や張力、ルーパー制御などの開発に適用されている。2次元シミュレータは、形状・ク

ラウン制御などの開発に利用している。2次元圧延モデルは、圧延機のロール及び板の幅方向の状態を数十分割し、以下の5つの行列、ベクトル式を収集計算するものである。

①ワークロールたわみ変形式、②板塑性変形式、③幅広がり式、④圧延反力式、⑤出側張力式

タンデム圧延シミュレータを最近のGUI (Motif) 上で構成した例を図9に示す。

6・2 厚板冷却プロセスシミュレータ

本シミュレータは、圧延ラインでの厚鋼板の強制水冷による鋼板温度、そり形状などの挙動をシミュレーションする。温度モデルは、冷却装置の設備諸元と水量により熱伝達率を計算し、2次元(厚み方向と幅方向または長手方向)の伝熱計算を行なう。形状モデルは、冷却にともなう変態量・物性値を求め、2次元の応力計算を差分法で行なっている。図10にシミュレーションの3つのモード、図11にシミュレーション結果の1例を示す。

6・3 プラントシミュレータの今後

鉄鋼プラントは、多種のプラントの複合体である。また同じプラント、例えば熱間圧延プラントでも圧延機の形式がいくつかあり、またマイナー制御系の中味もそれぞれ異なっている。そのためプラントシミュレータをモジュールに分割し、各モジュールの再構成や部分修正により、効率よくシミュレータを構築する技術をつくることが重要であ

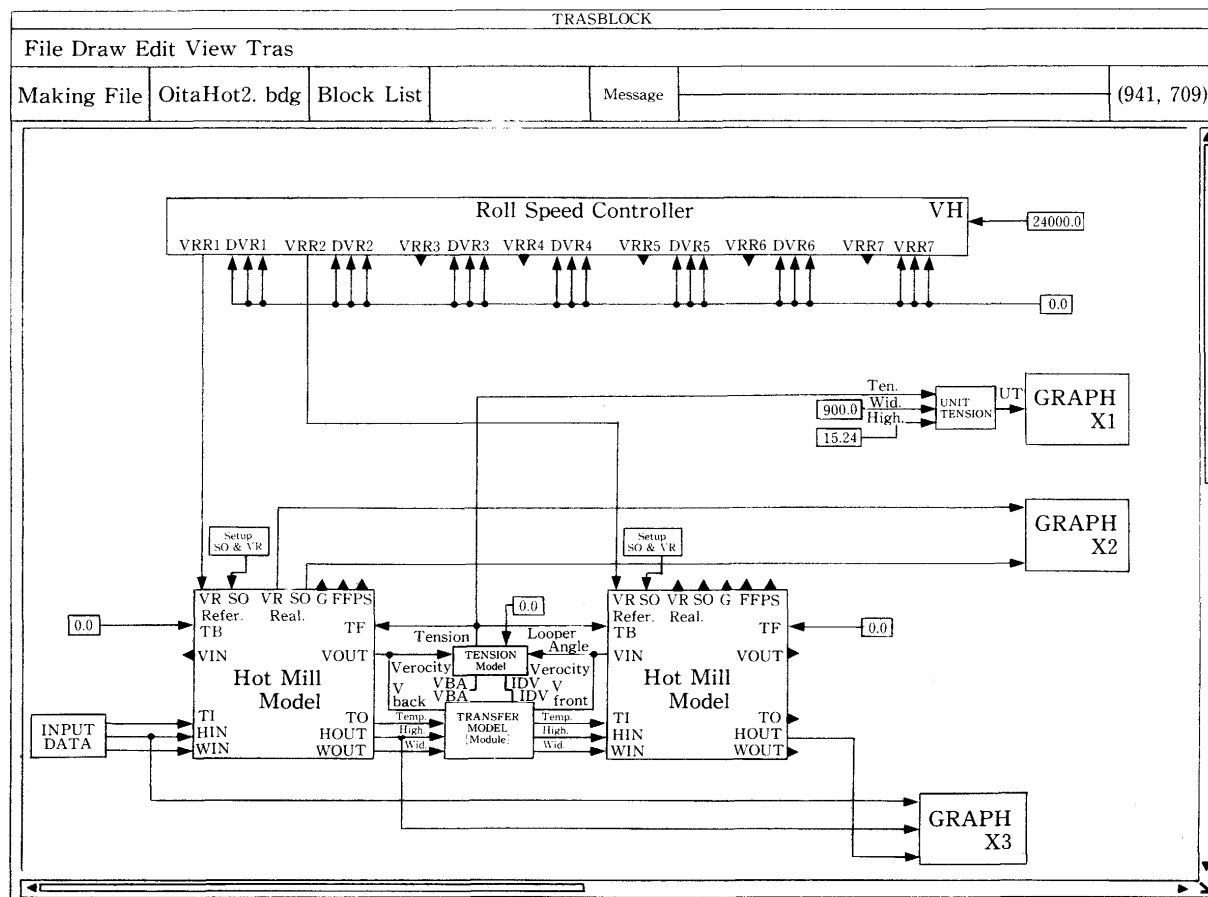


図9 最新GUIによる熱延シミュレータ構築例

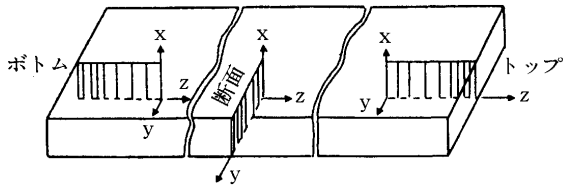


図10 厚板冷却シミュレーションモード

る。また製鉄所全体の最適化の検討できるように複数のプラントシミュレータを結合し、その間の物の流れをシミュレートする大規模プラントシミュレータの開発も今後の方向と考える。

7. おわりに

圧延プロセスにおける寸法制御と精度向上に関する計測制御技術の現状と展望について述べた。制御技術に関しては次々と提案される新制御理論の進展の成果をいち早く適用し、制御性能を極限まで追求してきた。また、数年前までは徐々に改善がすすんでいたドライブシステムもACドライブが開発されてカタストロフ的に変わろうとしている。センシングに関しては、ますます厳格化する検出精度要求に対応して機器を開発していくことが重要である。今後センシング技術の開発が進むにつれて計測制御技術も大幅に進むものと期待される。

文 献

- 1) 大西忠治, 寺崎忠男, 谷口弘志, 吉見 洋, 井ノ口齊亮, 石原明, 平山暎一, 谷口政隆, 服部正志: 材料とプロセス, 4 (1991), p. 1388
- 2) 長谷川明彦, 瀧 文男: 製鉄研究, (1990) 339, p.53

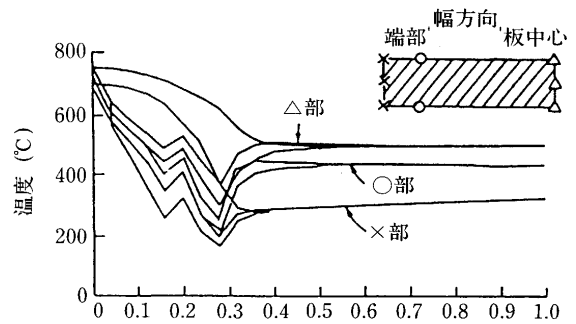


図11 厚板冷却シミュレータのシミュレーション結果

- 3) 白井雅弘, 瀧浪敏明, 服部正志, 寺崎忠男, 米田 年, 大西忠治, 藤田民男: 材料とプロセス, 4 (1991), p.139
- 4) 檜室善彦, 米田年, 新留照英, 稲葉光延: 材料とプロセス, 4 (1991), p.1389
- 5) 住友金属工業(株) (私信) 1991年4月
- 6) 新日本製鉄(株) (私信) 1985年11月
- 7) 野口幸雄, 岡村邦彦, 大貝晴俊, 川並高雄, 永沼洋一: 日本機械学会論文集 (C編), 55 (1989), p.343
- 8) 岡村邦彦, 野口幸雄, 大貝晴俊: 計測自動制御学会論文集, 26 (1990), p.1283
- 9) 福谷和彦, 川口忠雄: 計測と制御, 23 (1984), p.872
- 10) 鎌田憲幸, 内藤修治, 福島 孝, 佐藤直樹, 近江 洋: 材料とプロセス, 2, (1989), p.1474
- 11) 鉄鋼業におけるセンサ技術 (日本鉄鋼協会センサ技術調査委員研究小委員会編), (1988)
- 12) 服部正志, 谷口政隆, 小野寺有司, 植山高次, 古野英樹, 蔵田喜輝, 大西忠治, 寺崎忠男: 製鉄研究, (1990) 339, p.46
- 13) 沢田尚正, 羽片日出夫, 多々良真司, 中島喜平: 電気学会産業電力電気応用研究会, (1990), IEA-90-31
- 14) 服部正志: 平成2年電気学会全国大会シンポジウム, (1990), S.7-9
- 15) 大貝晴俊, 永沼洋一, 田中啓八郎, 増田俊一: 新日鉄技報, (1991) 342, p.50
- 16) 齊藤森生, 谷本 直, 林 美孝, 広川剛史, 藪内捷文, 宮井康之: 日本鋼管技報, 107 (1985), p.1
- 17) Y.Naganuma and H.Ogai: Control Theory and Advanced Technology, 1 (1) (1985), p.47