

討14 継目無鋼管用ロール・工具のための対話型計算機援助設計加工システム

新日本製鐵(株) 八幡製鐵所

小園東雄 久保田直治 ○田中俊雄

1. 緒 言

Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturingシステムが爆発的勢いで金属加工部門に拡がり出しており¹⁾、マイクロエレクトロニクスの飛躍的發展を基盤に技術革新をとげるコンピューター類の価格性能比の革命的な向上²⁾に支えられて、この趨勢は止まりそうにない。一方、先の石油危機以来、鉄鋼製品として市場構造の大きな変化を迫られた継目無鋼管は、今なおその製造設備の新增設が活発に行われ、投資額700億円を越す豪華なものまでである。こうした最新の製造分野にこそ、上記コンピューター技術の粋を応用すべきであるが、継目無鋼管のロール工具にCAD/CAMスタイルの設計システムを適用したとの報告は、turnkeyシステム³⁾を含めても、寡聞にして見当らない。本システムの開発に先だち、1975年以来筆者らは、三次元座標測定機を対話型図形処理システムの入力デバイスとして用いる構成を特徴とする条鋼用孔型ロールのための非turnkey CAD/CAMシステムを開発実用化して⁴⁾⁵⁾きた。この製造設備の投資額の0.5%にも満たないシステムをベースに、折から建設中であった中径シームレス工場向、ロール、工具、ガイドシュー等々の設計のシステム化並びに継目無鋼管用形状解析システムを開発し、これら設計精度の向上、設計期間、同ワードタイムの短縮、効率化により新設圧延ラインの早期立上がりにも大きく貢献するとともに、寸法精度の高い鋼管製造体制確立に貢献することが出来た。本システムの対象は継目無鋼管の圧延から整形スタンドの全てのロール、プラグ、ガイドシュー、補助具類の設計にはじまり、生産能力算定、マンネスマンピアサーの圧延反力、所要動力計算、アップセッターの金型に至るまでの対話型設計を行うもので、設計や形状測定結果の自動製図機による出図、ロール、プラグ旋削加工情報の出力、計算機システムに直結された三次元座標測定機によるパイプ、ロール工具類の形状測定などである。

2. システムの構成並びに機能仕様の概要

前節の三次元座標測定機が自動、手動が各々2台の対話型ディスクオペレーティングシステムの下に動くミニコンピューターに接続され、形状測定されたデータは直ちにグラフィックディスプレイでモニターされ各種の解析を経て、結果を自動製図するための作画テープを出力する工程までデータの一貫処理が可能となっている。又このミニコンには二次元のワイヤフレーム型の図形処理ソフトがあり、ロール、工具などの図形定義が容易に行えるようグラフィックディスプレイ、ディジタイザーによる対話式スタイルとなっている。一方複数の設計者が同時に設計作業を実行出来るよう、リモートまで含めると10台の端末をTSS(Time Sharing System)でサポートするスーパーミニコンを配し、ストレッチレデューサーのリダクションパターン⁶⁾の計算等収束に時間を要する設計計算も直ちに解が得られるよう考慮されている。(表1参照)

Table 1. CAD Main Devices

三次元座標測定機 (2台)	高速高精度自動製図機 (1台)
ミニコンピューター (2台)	グラフィックディスプレイ (3台)
スーパーミニコン (1台)	ディジタイザー (1台)
対話式端末 (10台)	紙テープリーダー、パンチャー (各2台)
(注) コンピューターには各々Mt, ディスク, ラインプリンター付	



Photo 1. CAD System

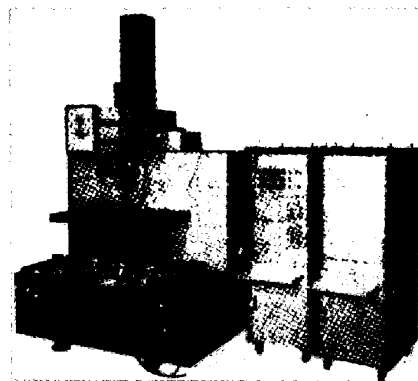


Photo 2. CNC 3 Dimension Measuring Device

3. CADによるロール、工具の設計

図1に示した八幡シームレス鋼管工場の製造プロセスに対し適用されている。CADによるロール、工具の設計法について以下に述べる。

3-1 ロール

PRP、エロンゲータ、プラグミル、リーラの各ロールについては前述のワイヤーフレーム型図型処理ソフトを用い、予め直線と円弧よりなる図型パターンをプログラミングしておく。設計者はロール各部の寸法を計算機端末よりキーインすると、自動製図機により図面がつくられ同時にNC加工用データがアウトプットされる。

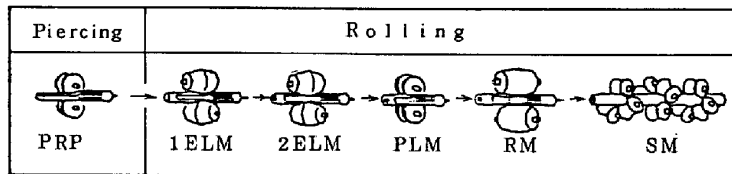


Fig 1. Manufacturing Process of SML Pipe Mill

サイザーロールの孔型設計に当っては、まず所要スタンドを定め各スタンドの孔型のA、B(図2)の概略値を端末よりキーインする。すると外径減少率、楕円度、ラップ量、ラップ比等の諸特性が計算されCRTに表示される。設計者はこれらの特性値の吟味とA、Bの値の修正をくり返すことにより孔型設計を行う。A、Bの値が決定されれば式(1)~(2)を用いて図3に示す丸バイトの径(D_T)と仕上旋削時のオフセット(ℓ)および粗旋削から仕上旋削に至るオフセットのピッチが計算される。

サイザーロールの孔型数は総数で約120ほどあり、すべての孔型データは常時磁気ディスクに記憶されており、設計変更や新規サイズの追加が簡単に行える。

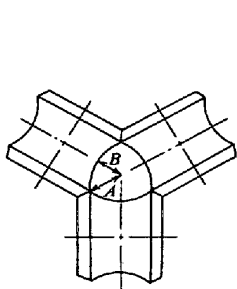


Fig 2. Sizing Roll

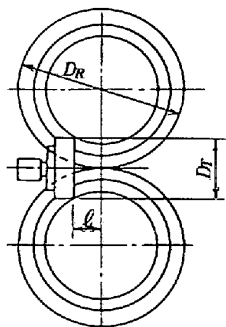


Fig 3. Machining of Sizing Roll

$$D_T = \left(B - \frac{B^2}{D_R} - \frac{A}{2} + \frac{A^2}{D_R} \right) + \frac{3}{4} \frac{A^2}{B - \frac{B^2}{D_R} - \frac{A}{2} + \frac{A^2}{D_R}} \dots \dots \dots (1)$$

$$\ell = \sqrt{\left(\frac{D_R}{2} - B \right)^2 - \left(\frac{D_R}{2} - \frac{D_T}{2} \right)^2} \dots \dots \dots (2)$$

3-2 プラグ

PRP、プラグミル、リーラのプラグについては前述のワイヤーフレーム型図型処理ソフトを用いる。エロンゲータプラグの設計には geometrical pass⁶⁾の考え方を導入している。エロンゲータでは管材は

スパイラル状に前進しながら半回転毎にロールとプラグにより圧下される。このときの圧下率が一定となる様プラグ形状を決定するが、自動製図機と組合せた計算機の使用により従来行われていた計算簡略化の為の近似なしに短時間で高精度の設計が可能である。

設計の手順は、出側、入側の管材の外径、肉厚、プラグ径、Working length（圧延部長さ+リーリング長さ）をキーインすると、ドラフト率、半回転当りの圧下率が計算されCRTに表示される。設計者はこの2つの特性値を吟味し設計条件の修正を行いながらプラグ形状を決定し、結果は自動製図機にアウトプットされ同時にプラグ重量の計算も行われる。こうして設計されたプラグ形状をグラフィックディスプレイに表示したものを写真3に示した。

3-3 ガイドシュー

傾斜ロール圧延機のガイドシュー設計の重要なファクターの一つはシュー幅の決定であり、Vedyakin⁷⁾らによる設計法があるが、我々は傾斜ロール表面を表わす二次曲面の方程式を求めシュー幅を決定している。

この二次曲面の方程式は(3)式で表わすことができる。

$$Z = F(x, y, x_i, \alpha, \beta, R, h) \quad (3)$$

- x_i : ロール傾斜中心よりゴージ前端までの距離
- α_i : 出側もしくは入側の面角
- β : ロール傾斜角
- R : ゴージ部ロール半径
- h : ロール開き

(3)式をプログラミングして所要位置のロール表面を表わす曲線を点列におきかえ自動製図機により作画し

傾斜ロールの水平垂直断面が得られ、これをもとに図5に示すようにシューの幅を決定すると同時にシューベースその他の周辺設備とロールとの干渉のチェックも行っている。

ガイドシュー・シェル接触面の形状については、使用後のガイドシューの形状を三次元座標測定機により形状解析を行い設計に反映させている。

3-4 形状解析と設計モデルへのフィードバック

本システムの特徴は、以上の様に単に計算機を利用してロール、工具の設計を行うのみでなく、形状解析機能を利用して設計モデルの修正が可能となる点にある。

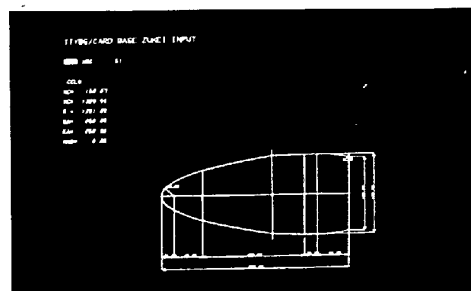


Photo. 3 Elongator Plug

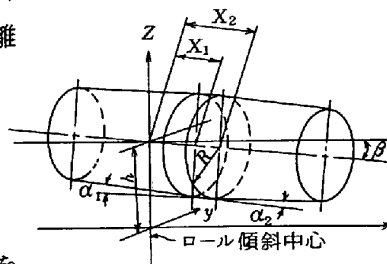


Fig. 4 Elongator Roll

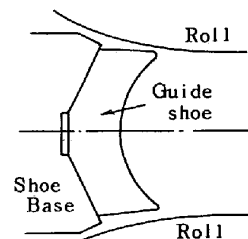


Fig. 5 Cross-Section of Elongator Roll and Guide Shoe

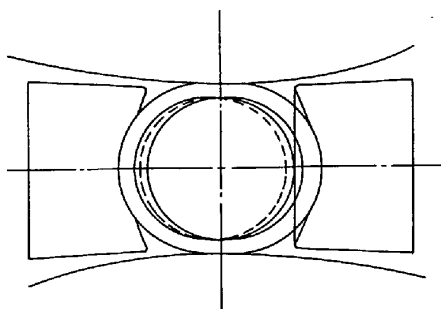


Fig. 6. Analysis of Elongator Rolling

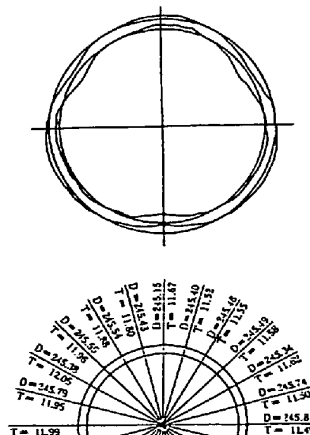


Fig. 7. Analysis of Pipe Contour

製品もしくは咬み止め材は三次元座標測定機により断面輪郭形状を多数点列座標値群で表わし、これらに図形処理ソフトにより数学的处理を施し図7に示す様な等径歪円⁸⁾の検出などの形状評価が行われるとともに、図形処理の重ね合せ機能を利用し断面輪郭形状とロール、プラグおよびガイドシュアの断面形状を重ね合せた圧延状態を再現する図形(図6)を作成し圧延解析を行うことにより、設計モデルへのフィードバックを行っている。

4. 結 言

Turn Around Time (待ち時間)の長いバッチシステムではなく、図形処理機能を有する対話型コンピューターシステムを上手に使いこなすことにより、継目無鋼管の製造の死命を制する圧延用ロール、プラグ、ガイドシュアに至る設計と自動加工をサポートするシステムを開発実用化した。最新世代のアーキテクチャーを有する機器を積極的に導入することにより、コストパフォーマンスの高いシステム構成となり、この豊富なコンピューティングリソースとコンピューターを恐れぬ世代の設計者達との合体によって、理想的な設計システムの実用化をみる事が出来た。従来、斜交ロール圧延の理論化の段階で行われたモデル化定式化された近似式を更に、計算手段がないために精度の低い近似解法を用いることを余儀なくされていた Geometric Pass Design などの問題も、高精度の数値解が得られるようになった。更には圧延現象解析のためにも重要である鋼管サンプルなどの形状測定も人海戦術を排したシステム化により、直径計測のみでは検出不能な円筒形状における形状不良「等径歪円」⁸⁾⁹⁾の検出など、本システムの導入による発見的副産物も多々あり、ロールや形鋼に比し当社における歴史的背景の異なる新規分野での製造技術の開拓に資する処大であった。又油井管には必須のねじ部の形状解析まで発展し、設計、加工、圧延、解析、修正設計が文字通り一貫してシステム化されたことになり、今後も小径シームレス工場の建設にも本システムの威力を発揮させたい。最後に、本システムの開発運営に貢献のあった、当所ロール設計技術課並びにCADグループの各位に深甚の謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) IRON AGE Dec.28,1981
- 2) Scientific America Sept.7,1977
- 3) Business Week June.23,1980
- 4) KOZONO, H. : 19th MTDR Conf.1978
- 5) 荒川, 岩本, 小園, 第100回鉄協講論集'80-S943,65,1980
- 6) 第34回圧延理論部会, 第2報(1968-3)日本鋼管技研
- 7) N.M.Vedyakin, A.N.Sultinskikh Stal, 549-554 July.1964
- 8) 吉岡, 小園: 製鉄研究 №303, 1980
- 9) 伊藤, 荒川, 岩本, 小園, 第100回鉄協講論集'80-S946,65,1980