

FH1250SW 横形マシニングセンタ

FH1250SW Horizontal Spindle Machining Center

今西耕造 K. IMANISHI

FH1250SW horizontal spindle machining center possesses a quill spindle and a boring function with added W-axis. This newly developed large machine covers a wide range of machining types, possesses superior cutting capability, and enables the further consolidation of machining processes.

Key Words: horizontal spindle machining center, complex machine, quill spindle, heavy machinery, roller guide

1. はじめに

近年、輸送機器やエネルギー関連分野での需要が好調な大型部品において、部品の一体化によるコストダウンや能力向上などの要求により、部品の大型化がますます加速している。たとえば風力発電機用風車においては2005年ごろまで1機当たりの発電能力は2.5MWクラスが主流であったが、ここ数年はより発電効率が高く、出力変動の少ない5MWを超えるクラスが主流になりつつある。

世界的に経済が低迷している昨今においても、大型の部品をより高能率に生産できる加工機への要望が拡大している。

2. 開発の狙い

当社は2007年、高い生産性を持つ大型マシニングセンタへの要望にこたえるため、高速・高剛性のFH1250SX横形マシニングセンタの販売を開始し、市場で高い評価を得ている¹⁾。

2009年はFH1250SXにクイル主轴を搭載し、W軸を付加して中ぐり機能を持たせたFH1250SW（パレットサイズ1250mm×1250mm）を開発した。本機は通常のマシニングセンタでは難しかった大型部品の大径深穴加工や中ぐり加工、高い壁に囲まれた奥側の加工などを可能にし、従来はマシニングセンタと中ぐり盤の2工程で加工していた工作物をワンチャッキングで高能率に加工できる。FH1250SXより受け継いだ高速性能と、大型部品ではより煩雑となる段取り替え作業の削減によって、大幅な総加工時間の短縮を図ることが可能である。



図1 FH1250SW 横形マシニングセンタ
FH1250SW Horizontal spindle machining center

3. FH1250SWの特長

FH1250SW (以下、本機と称す)の仕様を表1に示す。また、機械の全体構成を図2に示す。

3.1 新開発 3 000min⁻¹ クイル主軸

本機には、鉄・鋳物系部品の切削に適した最大トルク 1 305N・m、最高回転速度 3 000min⁻¹の新開発のギヤ駆動クイル主軸を装備した (図3)。

新開発の 3 000min⁻¹クイル主軸は、フロント軸受を4列のφ180mmの大径アンギュラ玉軸受で構成し、軸受へ一定の油圧力を与える定圧予圧方式で制御している。最大出力 45kW、連続定格出力 37kW の高出力スピンドルモータを搭載し、ギヤ駆動により回転方向のトルク伝達を2段階に切換え可能とした。高トルクが必要なら 1 000min⁻¹以下とそれ以上の回転速度でギヤのかみ

あいを変えて減速比を変更することにより、最大 1 305N・mの高トルクを発生させて、高負荷の加工を高能率に行うことができる。図4に本主軸の出力・トルク線図を示す。

クイル主軸の外径はφ150mm以上の大径深穴加工や中ぐり加工とクイル軸の剛性を考慮してφ130mmとした。クイル主軸の突出し行程 (W軸移動量)は大型工作物に適した550mmとし、主軸テーパ基準面がテーブル中心を290mm超える範囲まで到達できる。

大径深穴加工時にかかる、10kNを上回るW軸への加工反力は、φ50mmのボールねじをクイル主軸に直列に配置して推力を伝達することにより実現した。最大許容推力はφ170mmの大径深穴の突っ切り加工を想定し20kNとした。

クイルのW軸案内はクイル突出し時の剛性を確保するため、しゅう動面のすきまを最適設計とした。クイル軸はその構成からクイルハウジング外周に発熱源である軸受を配置しているため、短時間の主軸回転時には軸受部とそれ以外の部分で温度分布に不均衡が生じる。ハウジング部とクイル部の部分的な熱膨張差から懸念されるW軸駆動時の食付きを防止するため、適正なはめあい寸法とすることが重要である。本機では、CAEによる熱伝達解析により最適なクイル主軸のしゅう動面すきまを設定した。

表1 主な仕様
Main specifications

			FH1250SW
移動量	X軸	mm	2 200
	Y軸	mm	1 500
	Z軸	mm	1 850
	W軸	mm	550
	パレット上面から主軸中心までの距離	mm	200 - 1 700
	テーブル中心から主軸端面までの距離	mm	260 - 2 110
	床面からパレット上面までの高さ	mm	1 500
テーブル & パレット	パレット作業面の大きさ		mm 1 250 × 1 250 (1 250 × 1 600)
	工作物制限	工作物最大振り	mm φ2 400
		工作物最大高さ	mm 1 800
		パレット上最大積載質量	kg 5 000
送り速度	早送り速度	X軸	m/min 32
		Y軸	m/min 32
		Z軸	m/min 42
		W軸	m/min 5
切削送り速度 (X, Y, Z軸)		m/min	30
主軸	主軸テーパサイズ		ISO R297/No. 50
	主軸出力 (15分/連続)		kW 45/37(ギヤ駆動)
	主軸最高回転速度		min ⁻¹ 3 000
	主軸最大トルク		N・m 1 305
	クイル径		mm φ130
工具	工具最大長さ		mm 800
	工具最大径		mm 350
	工具最大質量		kg 35

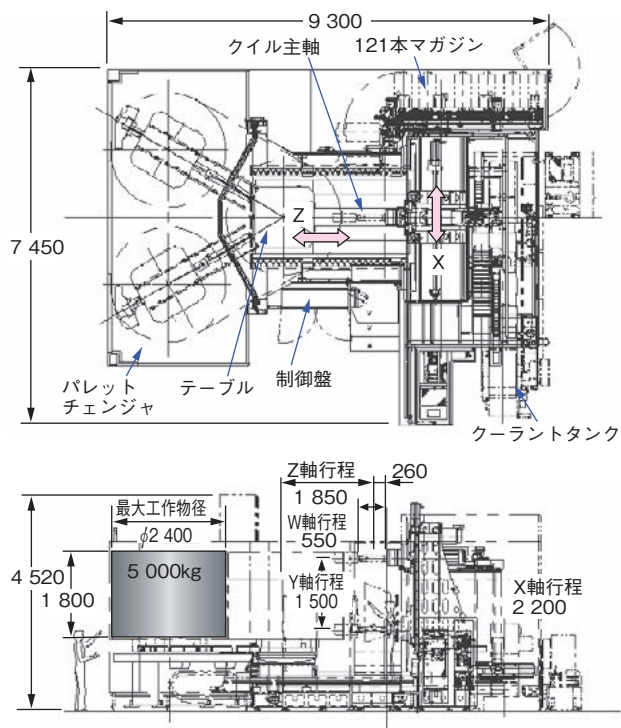


図2 構成図
Machine layout

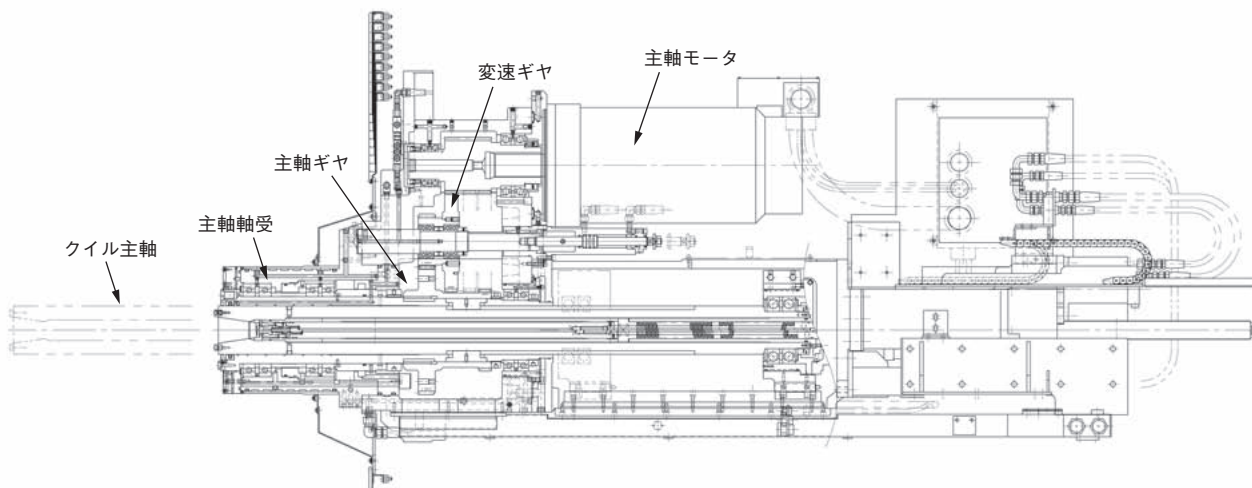


図3 クイル主軸の構成
Structure of new quill spindle

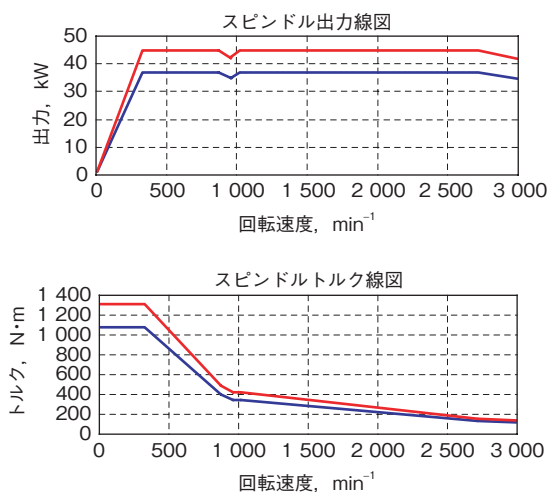


図4 クイル主軸の出力・トルク線図
New quill spindle output/torque diagram

プのマガジン (2種類: 60本, 121本) で29N・m, マトリクスタイプのマガジン (3種類: 180本, 240本, 330本) で50N・mまで対応できる (図5).

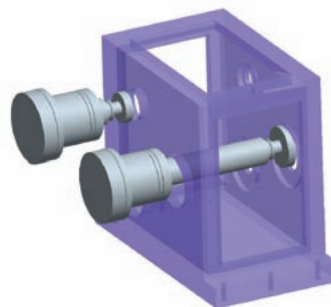


図5 クイル主軸での加工例
New quill spindle machining example

3.2 広い加工範囲

ベッド, コラム, テーブルなどの基本構成部はFH1250SXと共通とし, 最大工作物振り $\phi 2400\text{mm}$, 最大積載質量 5000kg と, クラス最高水準の大きな工作物を積載でき, 必要で, また十分な機械移動量を有している.

クイル主軸の突出し行程 (W 軸移動量) は 550mm とし, 短い工具で工作物が加工できるよう配慮した. さらに Z 軸移動量を 1850mm としたことで, 主軸に長い工具を装着した状態でも工作物形状や工作物振りなどの制約が少なく, ツーリングや治具の選定の自由度を高めた.

工具は最大工具径 $\phi 350\text{mm}$ × 工具長 800mm , 許容工具質量 35kg とし, 許容工具モーメントはポットタイ

3.3 高速・高剛性

本機の送りには, 高速性と高剛性を両立させるため, ころタイプのリニアガイドを採用し, X, Y 軸の早送り速度を $32\text{m}/\text{min}$, Z 軸を $42\text{m}/\text{min}$ とした.

切削負荷を大きく受ける Y 軸と Z 軸は, ボールねじ2本で構成するデュアル駆動とし, それらを支えるベッドやコラム, テーブルなどの主要構成部も十分な剛性を有するよう, CAE により最適ナリブ配置とした.

全軸のボールねじ両端のサポート軸受部は, ボールねじをアキシャル方向両側に拘束するダブルアンカ方式を採用し, 行程全域での高い剛性を確保するとともに振動も防止した.

3.4 低熱変位設計および補正機能

本機のベッドやコラムなどの主要構成部品は徹底したシンメトリー形状に設計した。

さらに室温の変動に対しても、曲がりや反りが生じない本体構成とするため、CAEを用いた熱容量解析を繰り返し行い、熱容量的にバランスの良い形状とした。

各軸のボールねじは中空構造とし、常時軸心にベッド温度に追従するようコントロールした冷却油を流して熱変位を抑え、安定して高精度な加工を実現するとともに、ダブルアンカ方式で拘束されたサポート軸受に、ボールねじの熱膨張による過大な負荷を与えないようにして信頼性の向上を図った。

また、オプションの主軸熱変位補正機能（スピンドルの伸びを直接測定し、リアルタイムに補正する機能）により総合的な熱変位対策を行っている。

3.5 接近性・操作性向上

大型機の場合、作業者が機内に完全に入り込んで行う工作物の心出しや、加工面、工具刃先の確認などが想定されるため、容易に、その上安全にこれらの作業を行うことができるよう、機械のレイアウトを考慮することが重要である。本機では、作業者扉から機内への入り込みやすさを向上させるため、機内コイルコンベヤをテーブルの左右および中央に配置してベッド高さを低くし、作業者扉からの踏越え高さを抑えるとともに、切りくずの排出性の向上を図った（図6）。



図6 作業者扉付近
Area around operator door

主操作盤は工作物を見ながら作業できるよう左手配置とし、プログラムなどの入力作業を容易にする傾斜タイプを採用した。さらに機内からもモニタが確認できるよう自在に旋回可能な構成とした。

また機内同様、パレットチェンジャ部もクレーンなどによる工作物の搬入出やパレットへの脱着などの段取り作業が容易にできるよう、前面開口部を広く取り、凹凸のないステップを広範囲に敷いた。視認性が良く十分な広さの作業エリアにより、パレット周囲のどこからでも安全に作業ができ、左右2か所にスプラッシュガン（オプション）を設けることも可能である。

3.6 保守・保全機能

本機はパソコンベースのCNC装置を採用し、視覚的に分かりやすい画面表示やタッチパネルによる直感的な操作性を迫及するとともに、当社がこれまでインラインNC専用機で培ってきた数多くの技術とノウハウを活かした診断機能を盛り込んだ。

図7は故障発生時にNC画面上に故障発生場所の写真や図面を表示する画面の一例である。これらの故障診断機能では、アラーム内容、異常発生原因、復帰手段などを視覚的に分かりやすく解説しており、機械の早期復帰と保全時間の短縮を実現できる。

また、定期診断機能は日常の定期点検項目の表示はいうまでもなく、機械据付水準やピッチ誤差、バックラッシュなどの定期的な測定を促す情報の提供とともに、その手順を分かりやすく表示して、加工精度を維持するための保守作業を支援する。

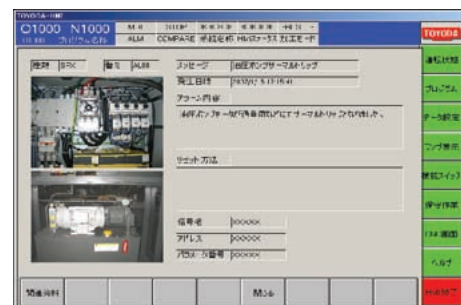


図7 アラーム詳細画面例
Example of detailed alarm screen

3.7 グローバルデザイン, 安全規格準拠

当社では従来から国際規格に準拠した機械の安全設計を行っている。本機でも作業扉は天井部まで大きく開く構造として快適な作業性を確保しつつ、扉の開放時には人がアクセスできる機器類の動力を遮断し、作業者の安全を確保している。また人がアクセスする扉には電磁ロック式キー付きリミットスイッチでインターロックをかけるなど、安全と使いやすさの両面に配慮したカバーデザインとした。

制御機器の通信はフィールドバス方式で、省配線による信頼性の向上とグローバルに通用する構成とした。

4. おわりに

本機は2007年に販売を開始したFH1250SXに、かねてより顧客からご要望の強かった中ぐり機能を追加したことで、より幅広い分野の大型部品の加工を可能にした。昨今の景気低迷による工作機械業界の景況においても、依然大型の工作機械はBRICsを中心とした顧客から多くの引合いをいただいている。今回開発したFH1250SWをはじめとする当社の大型機が、業界全体のさらなる活性化に向けた起爆剤となるよう望む次第である。

参考文献

- 1) 今西耕造：横形マシニングセンタ FH1250SX, JTEKT Engineering Journal, no. 1004(2007)105.

筆者



今西耕造*

K. IMANISHI

* 工作機械・メカトロ事業本部 開発部