

横形マシニングセンタ FH1250SX

Horizontal Spindle Machining Center FH1250SX

今西耕造 K. IMANISHI

Based on technology cultivated through the conventional FH-SX series, which features high cutting performance and productivity, the Horizontal Spindle Machining Center FH1250SX has been developed as a machine tool that leads its class in processing range and high-speed, high-rigidity performance.

Key Words: horizontal spindle machining center, heavy machinery, high speed, high stiffness, roller guide

1. はじめに

近年、地球温暖化に代表される世界的な環境問題への対策が進められており、排気量の大きな大型輸送用トラックや建機・農機などの新型ディーゼルエンジンの開発が急速に進んでいる。また、日本においても2010年に施行される新排ガス規制に向けて同様の設備需要が増加しつつある。

さらに、最近の原油価格高騰などにより、リージョナルジェットとよばれる燃費の良い小型ジェット機や、石油プラント向けの設備の需要なども増加傾向にある。特に欧州では、風力発電による化石燃料の削減および環境保護が活発であり、そのための設備需要も増加している。

これら環境対応関連の製造設備には、大型の部品をより高能率に生産できる、従来よりも広い加工範囲と高い生産性を持つ加工機が要求されている。

2. FH1250SX開発のねらい

従来、大型部品の加工には、高負荷に耐え減衰性の高い角スライド構成の加工機が多用されてきた。重切削のニーズは今も強く、当社の横形マシニングセンタ FA800S/1050Sなどをラインナップし、ご好評をいただいている。

しかし近年では、ニーズが多様化し、大型のマシニングセンタにおいても高速化による生産性の向上の要望が強くなってきている。

そこで、高速で高負荷の加工が可能な、当社のリニアガイド機 FH-SX シリーズで培った技術をもとに、あら

ゆる材料の大型部品を高速・高能率で加工できる高剛性の大型横形マシニングセンタ FH1250SXを開発した。

3. FH1250SXの特長

FH1250SXの仕様を表1に示す。また、機械の全体構成を図1に示す。

3.1 広い加工範囲

FH1250SXは最大工作物振り $\phi 2400\text{mm}$ 、最大積載質量 5000kg と、本クラス最高水準の大きな工作物が積載可能で、必要かつ十分な機械ストロークを有している。

また、テーブル中心から主軸端面までの最短接近距離を 200mm とし、短い工具で工作物が加工できるよう配慮した。

工具仕様は最大工具径 $\phi 350\text{mm}$ ×工具長 800mm 、許容工具質量 35kg とし、許容工具モーメントは $40\sim 121$ 本のポットタイプのマガジンで $29\text{N}\cdot\text{m}$ 、マトリクスタイプのマガジンで $50\text{N}\cdot\text{m}$ まで対応し、工作物の大きさに見合った選択が可能である。

表1 主な仕様
Main specifications

			FH1250SX
移動量	X 軸	mm	2 200
	Y 軸	mm	1 600
	Z 軸	mm	1 850
	パレット上面から主軸中心までの距離	mm	100 - 1 700
	テーブル中心から主軸端面までの距離	mm	200 - 2 050
	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 42
		Y 軸	m/min 42
		Z 軸	m/min 42
	切削送り速度		m/min 30
主軸	主軸出力 (15 分/連続)		30/22 kW OP : 37/30 OP : 30/25
	主軸最高回転速度		6 000 min ⁻¹ OP : 8 000 OP : 15 000
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
	工具交換時間		sec 4.0 (C-C)

3.2 高速・高剛性

FH1250SX 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、全軸の早送り速度を 42m/min とした。

また、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 により最適なリブ配置を行った。

さらに、Y 軸のリニアガイドブロックを従来機で通常使用の 4 個から 6 個に増やすことと、リニアガイドおよびボールねじを最適配置することで、Y 軸本体部の剛性を高め、主軸の突出し量を大きく取ってテーブル中心から主軸端面までの距離を小さくしている。

3.3 新開発 8 000min⁻¹ 高トルク主軸

本機は、鉄・鋳物系部品の切削に適した 6 000min⁻¹ ビルトイン主軸を標準装備し、オプションとしてアルミ系部品向けの、高速 15 000min⁻¹ 主軸を準備している。

さらに 2007 年度には、大径工具などの高トルクが必要な加工に対応するため、高剛性・高トルク 8 000min⁻¹ 主軸を新規開発し、ラインナップに加えた。

新開発の 8 000min⁻¹ 主軸は、フロント軸受を φ120mm のアンギュラコンタクト軸受で構成し、回転速度に応じて最適な予圧を軸受に与える当社独自の機構（フレキシブル・バリュアブル・プリロード・システム、以降 F.V.P.S と呼ぶ）とした。この機構により、低速から高速まで十分な支持剛性を有し、さらに最大トルク 1 009N・m の高出力ビルトインモータの採用により、高負荷の加工を高効率に行うことができる。

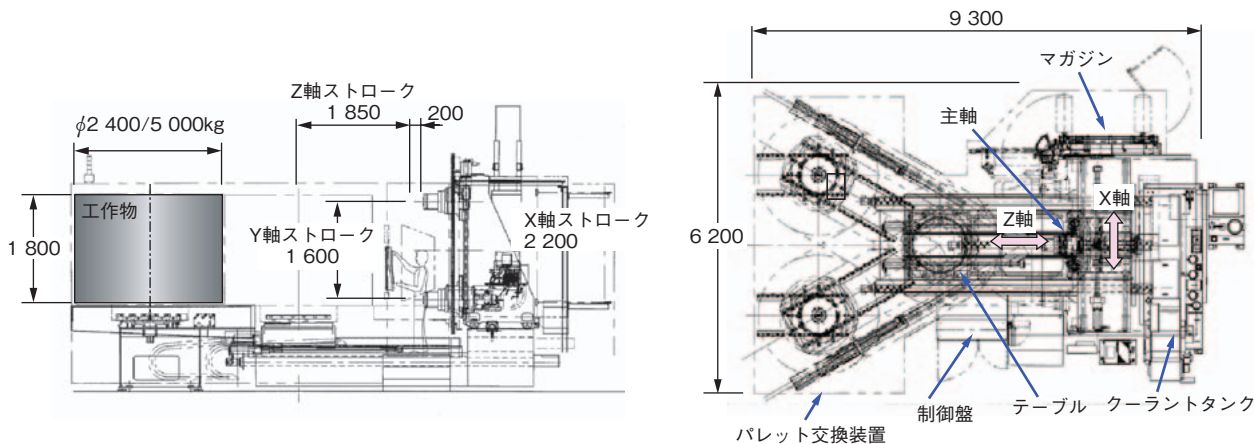


図1 機械の構成
Machine layout

表2 主軸ラインナップ
Lineup of main spindles

主軸端形状		#50 (MAS, CAT, DIN, HSK)		
回転速度	min^{-1}	6 000	8 000	15 000
出力	kW	30/22	37/30	30/25
トルク	$\text{N} \cdot \text{m}$	600	1 009	262.6
軸受径	mm	$\phi 110$	$\phi 120$	$\phi 100$
予圧方式		定位置	F.V.P.S	定圧

図2は、軸受予圧に従来の定位置予圧方式を採用した場合と F.V.P.S を用いた場合の主軸剛性の比較である。従来の定位置予圧方式においては、回転速度の増加に伴い主軸剛性が増加していたが、F.V.P.S を用いた場合は、特に高いトルクの発生する低速回転域の主軸剛性がラジアル方向、アキシャル方向共に飛躍的に増加しており、高負荷の加工に適した予圧方式であることが分かる。

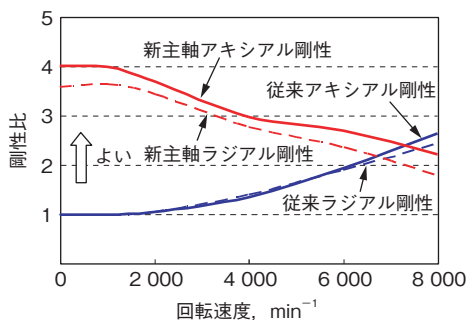


図2 新8 000 min^{-1} 主軸の剛性
Rigidity of new 8 000 min^{-1} spindle

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では徹底してシンメトリな形状に設計した。

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

図3は、CAE による熱容量アンバランス改善の例を示す。改善前はコラム後方の熱容量が少なく、室温上昇時に後方が先に伸びてコラムが前倒れする傾向があった。そこで、元のコラム質量を増加させることなく、コラム本体の熱容量の大きい部分から小さい部分に鋳物肉厚を移動して熱容量を均一化し、室温 10°C 上昇時の前倒れの傾向を初期構想段階よりも 16% 改善した。

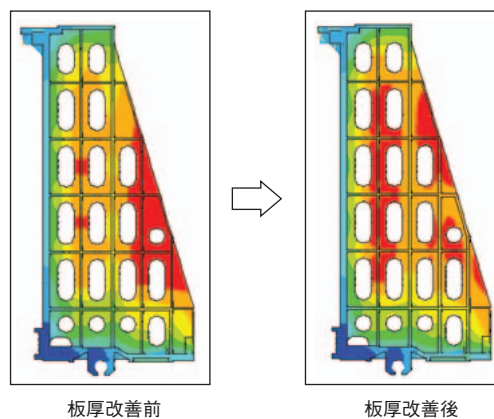


図3 熱バランスコラム
Thermal well-balanced column

また、標準装備のボールねじ熱変位補正機能（ボールねじの伸びを直接測定し、CNC 装置にフィードバックして補正する機能）、および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の確認などが想定されるが、容易、かつ安全にこれらの作業を行うことが重要である。本機では、作業者扉から機内への入り込みやすさを向上するため、機内コイルコンベアをテーブルの左右に配置してベッド高さを低くし、作業者扉からの踏み越え高さを抑えた。

またパレット交換装置部も工作物への接近性を考慮してステップを広範囲に敷き詰め、段取り作業の容易化を図った。

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、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。

さらにパソコンベースの CNC 装置を採用し、視覚的にわかりやすい画面表示やタッチパネルにより直感的な操作のしやすさを追及した。

3.6 保守・保全機能

当社がこれまでインライン NC 専用機で培った技術と数多くのノウハウを活かし、診断機能を新規に開発して本機に盛り込んだ。

故障診断機能として、**図4**のように故障発生時に NC 画面上に故障発生場所の写真や図面を表示するようにした。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、機械の早期復帰と保全時間の短縮を図った。



図4 アラーム詳細画面例
Example of detailed alarm screen

また、定期診断機能としては日常の定期点検項目の表示はもちろんのこと、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共に、その手順をわかりやすく表示して、加工精度を維持するための支援を考慮した。

3.7 グローバルデザイン、安全規格準拠

当社では従来より国際規格に準拠した機械の安全設計を行っている。本機でも作業者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、扉の開放時においては人がアクセスできる機器類の動力を遮断し、オペレータの安全を確保している。また人が出入りする扉には電磁ロック式キー付キ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

エネルギー問題や地球温暖化など、我々を取り巻く環境の変化は確実に進行している。また、時代と共に工作機械に要求される性能も変化し続け、我々は常にこれらに適応していかなければならない。これからも世界的な動向にマッチした、より良い機械の開発に取り組んでいきたい。

筆者



今西耕造*
K. IMANISHI

* 工作機械・メカトロ事業本部 商品開発部