

FH800SXL 横形マシニングセンタ

FH800SXL Horizontal Spindle Machining Center

今西耕造 K. IMANISHI

Based on technology cultivated through JTEKT conventional FH-SX series, which features high cutting performance and productivity, FH800SXL Horizontal Spindle Machining Center has been developed as a machine tool that leads its class in processing range and high-speed, high-stiffness 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応の必要性から、排気量の大きい大型輸送用トラックや建機・農機用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。日本においては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。

また最近の原油価格高騰により、リージョナルジェットと呼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。欧州では風力発電による化石燃料消費の削減および環境保護が活発で、そのための設備需要も増加している。

これらの製造設備として、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. 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。重切削のニーズは現在も強く、当社のFA800S/1050S横形マシニングセンタなどをラインナップし、ご好評をいただいている。

さらに2007年には、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、当社のリニアガイド機FH-SXシリーズで培った技術を基に、高速・高剛性のFH1250SX横形マシニングセンタ（パレットサイズ

1250mm × 1250mm）を開発し販売を開始した。

2008年は、FH1250SXよりも一回り小さな工作物、たとえば建設機械用の中・大型6気筒エンジンなどに適した移動量と工作物領域を持つ、より高速でコストパフォーマンスに優れた大型FH800SXL横形マシニングセンタ（パレットサイズ800mm × 800mm）を開発し、FH-SXシリーズのラインナップに加えた。



図1 FH800SXL 横形マシニングセンタ
FH800SXL Horizontal Spindle Machining Center

3. FH800SXLの特長

FH800SXL（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. 広い加工範囲

本機は最大工作物振りφ1800mm、最大積載質量

3 000kg と、クラス最高水準の大きな工作物が積載でき、必要かつ十分な機械移動量を有している。

テーブル中心から主軸端面までの最短接近距離を 50mm 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 1 850mm 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不要で、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 $\phi 350\text{mm}$ 、最大工具長 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プのマガジン (60 121 本) で 29N・m、マトリクスタイプのマガジン (180 240 330 本) で 50N・m まで対応できる。

表 1 主な仕様
Main specifications

			FH800SXL	
移動量	X 軸	mm	1 600	
	Y 軸	mm	1 400	
	Z 軸	mm	1 850	
	パレット上面から主軸中心までの距離		mm	100 - 1 500
	テーブル中心から主軸端面までの距離		mm	50 - 1 900
	床面からパレット上面までの高さ		mm	1 100
テーブル&パレット	パレット作業面の大きさ		mm 800 × 800 (800 × 1 000)	
	工作物制限	工作物最大振り	mm $\phi 1 800$	
		工作物最大高さ	mm 1 600	
		パレット上最大積載質量	kg 3 000	
送り速度	早送り速度	X 軸	m/min 54	
		Y 軸	m/min 54	
		Z 軸	m/min 54	
	切削送り速度	m/min 30		
主軸	主軸回転速度	min ⁻¹	6 000 OP: 8 000 OP: 15 000	
	主軸出力 (15 分 / 連続)	kW	30/22 OP: 37/30 OP: 30/25	
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	4.4 (C-C)	

3.2 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、全軸の早送り速度

を 54m/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ベアリング部は、ボールねじをアキシアル方向両側に拘束するダブルアンカ方式を採用し、工程全域での高い剛性の確保と、振動の防止を行った。

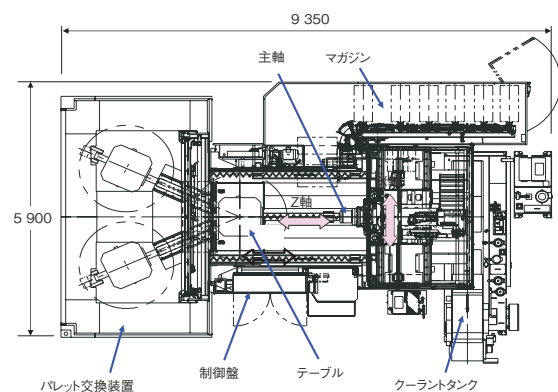
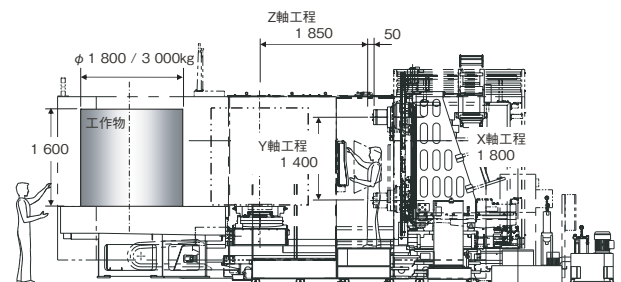


図 2 機械の構成
Machine layout

3.3 新開発 8 000 min⁻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、さらに大径工具などの高トルクが必要な加工に対応できる、新開発の最大トルク 1 009N・m、最高回転速度 8 000min⁻¹ 主軸も搭載できる。

表 2 主軸ラインナップ
Line up of main spindles

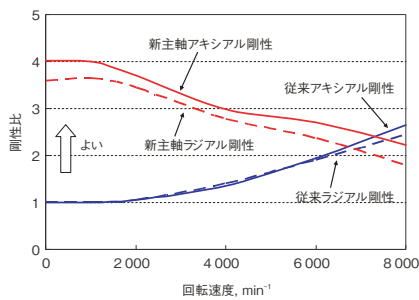
主軸端形状		#50 (MAS,CAT,DIN,HSK)		
回転速度	min ⁻¹	6 000	8 000	15 000
出力	kW	30/22	37/30	30/25
トルク	N・m	600	1 009	262.6
軸受径	mm	$\phi 110$	$\phi 120$	$\phi 100$
予圧方式		定位置	新開発 フレキシブル予圧	定圧

新開発の $8\,000\text{min}^{-1}$ 主軸は、フロント軸受を $\phi 120\text{mm}$ のアンギュラ玉軸受で構成し、軸受への予圧を回転速度に応じて無段階に与える当社独自の最適予圧制御システムを採用した。

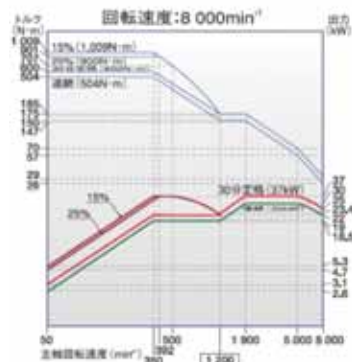
従来の軸受予圧は軸受内外輪のすきま管理や一定の油圧により、最高回転速度での発熱や軸受寿命を考慮して設定されていた。これらの定位置および定圧予圧方式においては、最高回転数に適した予圧量の設定により、低速回転領域での予圧量が相対的に小さくなるため、本来高い負荷で加工する低速時には軸受の支持剛性が不足する傾向にあった。

新開発の最適予圧制御システムでは、各回転数に応じて最適な予圧を軸受に与えることができ、低速回転から高速回転まで十分な支持剛性を有するため、高負荷の加工を高効率に行うことができる。

図 3(a) は軸受予圧に従来の定位置予圧方式を採用した場合と最適予圧制御システムを用いた場合の主軸剛性の比較を示す。(b) は出力とトルクの関係を示す。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るが、新方式を用いた場合は特に高いトルクが発生する低速回転領域の主軸剛性がラジアル方向、アキシャル方向ともに飛躍的に増加しており、難削材などの高負荷の加工に適した予圧方式であることが分る。



(a) 新 $8\,000\text{min}^{-1}$ 主軸の剛性



(b) 新 $8\,000\text{min}^{-1}$ 主軸の出力・トルク線図

図 3 主軸の特性
Characteristics of 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、熱容量的にも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ベアリングに、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、かつ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するため、機内コイルコンベア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、作業者扉からの踏み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 4)。

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、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。



図 4 作業者扉付近
Around the operating door

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き詰めた（図5）。視認性が良く十分な広さの作業エリアは、パレット周囲のどこからでも安全に作業ができ、左右二か所にスブラッシュガン（オプション）を設けることも可能である。

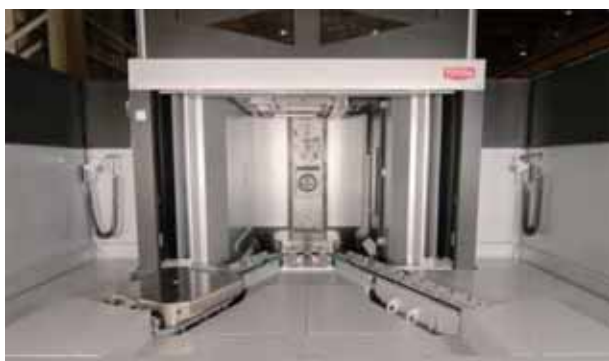


図5 パレットチェンジャ作業エリア
Upper operating area of pallet changer

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追及するとともに、当社がこれまでインラインNC専用機で培ってきた技術と数多くのノウハウを活かした診断機能を盛り込んだ。

故障診断機能として、図6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わかりやすく解説し、機械の早期復帰と保全時間の短縮を図った。



図6 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言うまでもなく、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

本機と同一のコンセプトにより2007年に販売を開始したFH1250SXは当初の予想以上に大きな反響を呼ぶことができた。今回開発したFH800SXLをはじめとする当社の商品が急激な原油価格の高騰や地球温暖化など各種問題の解決に向けて大きく貢献できるよう、これからも開発を進める。

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