

FH630SX-i 横形マシニングセンタの開発

Development of the FH630SX-i Horizontal Spindle Machining Center

岡 祐司 Y. OKA 津坂浩行 H. TSUSAKA

To address the varying market needs concerning the machining of medium-sized workpieces made from steel and cast iron materials, we have developed the FH630SX-i horizontal spindle machining center based on the conventional FH630S and FH630SX horizontal spindle machining centers, and improved each function.

Key Words: horizontal spindle machining center, high speed, high stiffness, roller guide, thermal displacement compensation

1. はじめに

鉄・鋳物系中型部品は自動車、航空機、農機・建機、およびエネルギー関連装置用などに多く使用されているが、加工形態は多種少量生産から少種多量生産、高速切削から重切削などと多岐にわたる。そのため、この分野の加工設備に対する顧客からの要求は年々多様化しており、大きな加工エリアを持ちフレキシブルな生産ができる設備、高速・高能率加工ができる設備、コストパフォーマンスに優れた設備、あるいは熟練技術を要しない操作性の高い設備など、さまざまな特長を備えた設備が求められている。

2. 開発の狙い

従来、当社では中型部品の加工設備として FH630S/FH630SX 横形マシニングセンタ（従来機）をシリーズ化し、販売してきた。

今回、顧客からのニーズに対応し、かつ市場でさらなる商品力を向上させるため、従来機をベースに、広い加工範囲、高い生産性、安定した精度、および高い作業性を兼ね備えた FH630SX-i 横形マシニングセンタを開発した。

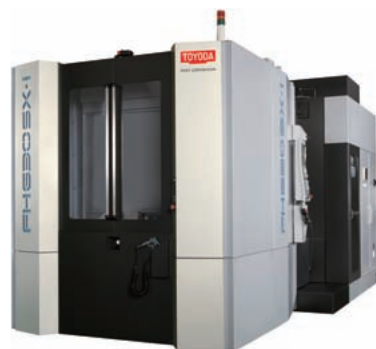


図1 FH630SX-i 横形マシニングセンタ
FH630SX-i Horizontal Spindle Machining Center

3. FH630SX-iの特長

FH630SX-i（以下、本機）の仕様を表1に示す。また、機械の全体構成を図2に示す。

表1 主な仕様
Main specification

				FH630SX-i
移動量	X 軸		mm	1 050
	Y 軸		mm	900
	Z 軸		mm	1 050
	パレット上面から主軸中心までの距離		mm	100 - 1 000
	テーブル中心から主軸端面までの距離		mm	50 - 1 100
	床面からパレット上面までの高さ		mm	1 250
テーブル & パレット	パレット作業面の大きさ		mm	630 × 630
	工作物制限	工作物最大振り	mm	φ1 170
		工作物最大高さ	mm	1 250
		パレット上最大積載質量	kg	1 200 OP : 1 500
送り速度	早送り速度	X, Y, Z 軸	m/min	60
		B 軸	mm ⁻¹	30
	切削送り速度	X, Y, Z 軸	m/min	30
	早送り加速度	X, Y, Z 軸	m/s ² (G)	6.86 (0.7)
主軸	主軸回転速度		mm ⁻¹	6 000 OP : 6 000 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	600
	工具最大径		mm	φ250
	工具最大質量		kg	27
	工具交換時間	Chip to Chip	sec	3.6
Tool to Tool		sec	2.5	

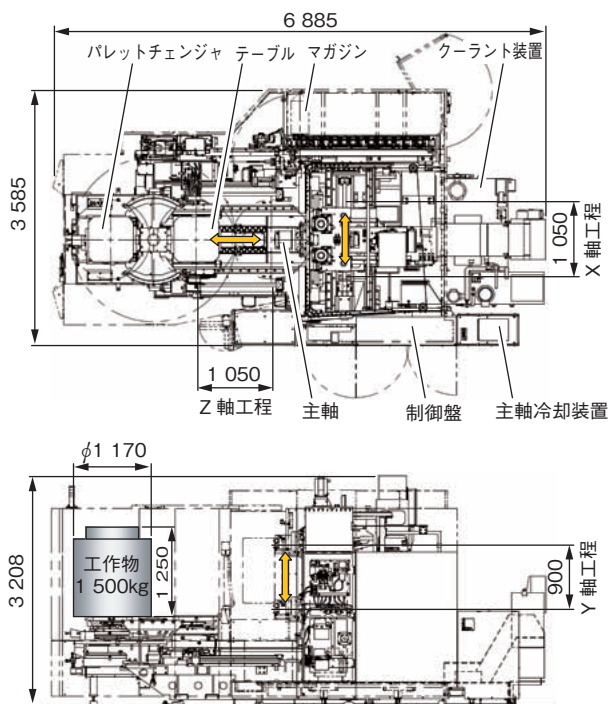


図2 機械の構成
Machine layout

3.1 広い加工範囲

本機の最大工作物振り×高さはφ1170mm×1250mmで従来機比約1.8倍、最大積載質量は1500kgで従来機比約1.7倍、X/Y/Z軸移動距離は1050/900/1050mmで加工範囲を従来機比約1.5倍に向上させた。これらにより中型クラス最高水準の大きな工作物を積載でき、必要かつ十分な機械移動が可能である。

また、テーブル中心から主軸端面までの最短距離を従来機の200mmから50mmまで短縮し、より短い工具で工作物を加工できるようにした。さらに、Z軸移動量を従来機の850mmから1050mmに長くし、主軸に長い工具を装着した状態での工作物形状や工作物振りなどの制約を少なくして、ツーリングや治具の選定範囲を広げた。

3.2 高い生産性

本機は高い生産性を実現するために、高能率の切削や送りの高速化に耐え得る高剛性の機械構成とし、切削時間と非切削時間の短縮を図った。

本機の送り部には、高速性と高剛性を両立させるため、ころガイドを採用した。早送り速度と早送り加速度は、加工範囲の拡大による移動体質量の増加があるにもかかわらず、それぞれ 60m/min, 0.7G (X, Y, Z 軸) とし、本クラス最高レベルの高速性を実現した。

切削抵抗を大きく受ける Y 軸と Z 軸は、ボールねじ 2 本で構成するデュアル駆動方式を採用し、それらを支えるベッドやコラム、移動体のテーブルや主軸本体などの主要部品も十分な剛性を有するよう、CAE により最適なリブ配置とした。また、加工範囲の拡大による移動体質量の増加に伴い、ガイドサイズとボールねじ径を大型化し、ガイドブロックの個数を増やして、必要かつ十分な剛性を確保した。

これらの機械構成によって主軸は性能を十分に発揮することが可能となり、本クラス最高のフライス加工能力 1 250cm³/min (被削材質 S48C) を実現した。

3.3 安定した精度

3.3.1 低熱変形設計

工作機械は設置環境の室温変化により、機械構造体が熱変形する。その際に発生する曲がりや反りは工具と工作物の相対位置を変化させ、加工精度低下の要因となっている。熱変形による曲がりや反りは、構造体の温度分布が不均一のとときに発生する。したがって、室温変化による加工精度の低下を防ぐためには、温度分布を均一にして熱変形による曲がりや反りが生じにくい機械構成が必要である。

本機は CAE を用いた非定常熱解析を繰り返し行い、熱容量が一樣になるようベッドやコラムのリブ構成をバランスよく配置することで、室温変化に対して従来機よりも均一な温度分布を実現し (図 3)、加工誤差を 27% 低減させた (図 4)。

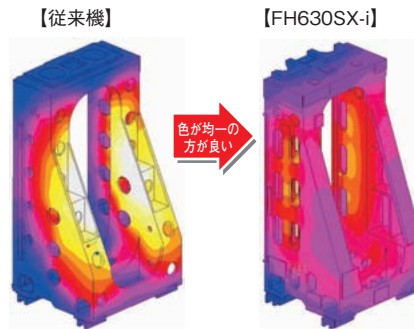


図 3 コラムの温度分布

Thermal distribution of column

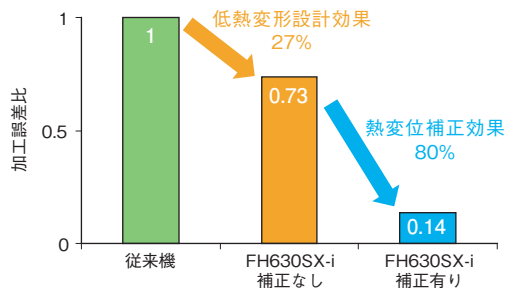


図 4 室温変化による加工誤差

Machining error due to room temperature change

3.3.2 リアルタイム熱変位補正機能

本機は低熱変形設計による室温変化の影響を受けにくい機械構成と合わせて、さらに安定した加工精度を実現するため、新たに開発したリアルタイムに機械の熱変位を計算して補正する機能をオプション設定した。

本機能は機械各部に設けた温度センサで計測した温度データと機械の 3D モデルデータを基に、CNC 装置内で FEM と同等の熱変形解析を実施し、全領域における工具と工作物の相対熱変位を算出する。さらに各座標における相対熱変位を直交座標成分に変換し、静的な幾何学誤差として空間的に補正する。通常、FEM 解析には多くの計算時間が必要となるため、計算結果をリアルタイムに指令へ反映することは困難であったが、当社で開発した独自の高速演算プログラムにより複雑な熱変形を瞬時に解析して補正が可能となった (図 5)。

この熱変位補正機能を使用した場合、室温変化により発生する加工誤差を 80% 以上の低減が可能となる (図 4)。これにより、周囲の温度変化の大きな環境下においても安定した加工精度の確保が可能となるほか、機械の暖機運転も最低限の時間で済み、生産の効率化と省エネルギーに貢献できる。

実機温度データと機体の 3D モデルデータを基に熱変形を CNC 内部で解析し
 工具先端変位を算出

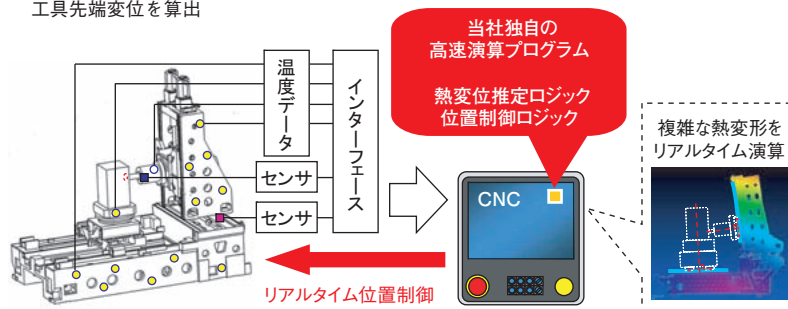


図5 リアルタイム熱変位補正システム

Real time thermal displacement compensation system

3.4 高い作業性

本機はクレーンなどによる治具や工作物の搬出入、およびカバー天井から作業員への切削油の滴り防止などを考慮して、パレットチェンジャ扉の開口部を天井部までとした(図6)。

デバッグ作業用の作業員扉についても従来機より天井部の開口範囲を拡大し、作業性や手元の明るさを向上させた。主操作盤は従来機同様、作業員が自然な姿勢で加工点とモニタを確認できるように、左側配置の巡回可能タイプとした。また、キーボード面には傾斜を設けて入力作業を容易にするなど、人に優しい構成とした(図7)。



図6 パレットチェンジャ扉
 Pallet changer door



図7 作業員扉
 Operator door

3.5 対話プログラミング機能

対話プログラミング機能により画面に示される手順に従って操作するだけで、熟練者でなくても NC プログラムの作成から製品の加工までを短時間に行うことができる。

ワーク座標系の設定、工作物材質による加工条件の自動設定、加工案内図(図8)による加工寸法設定、および最適工具の自動選択機能を備えている。また、本機能で作成したプログラムに熟練者のノウハウを追加して編集することができ、これにより加工技術の伝承も行うことができる。さらに生産ラインで培った当社のノウハウを生かし、サイクルタイムを短縮するプログラムを作成できる。これらの機能により、ワークの取付けから加工までの作業時間が約 25% 短縮できる(図9)。

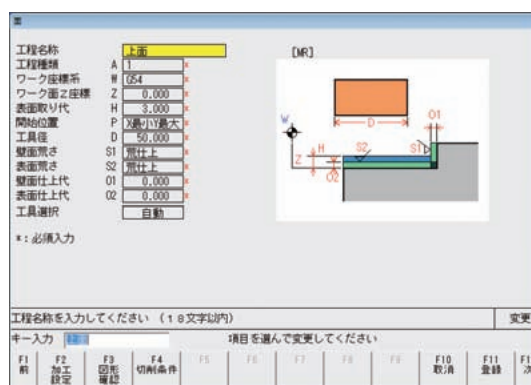


図8 加工案内図
 Processing guidance

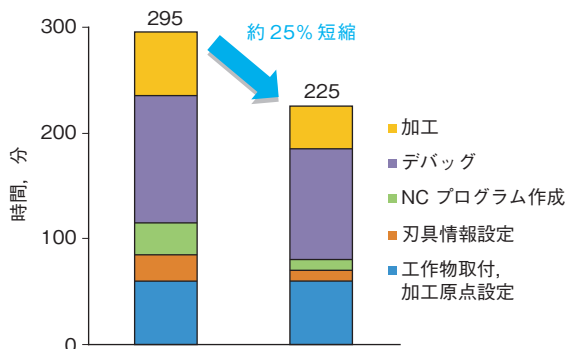


図9 作業時間短縮効果
Working time shortening effect

4. おわりに

今回開発した FH630SX-i は従来機に対して機械仕様・加工精度・作業性の向上に取り組み、あらゆる顧客からのニーズに応えることができるマシニングセンタとした。特に加工精度・作業性の向上については、従来にはない新たな技術を導入した試みであり、顧客にとって高い付加価値を生む機能となっている。今後も業界の動向や顧客からの要求に目を配り、時代にマッチしたより良い設備の開発に努めたい。

参考文献

- 1) 今西耕造：FH1250SW 横形マシニングセンタ, JTEKT ENGINEERING JOURNAL, no. 1007(2009)82.
- 2) 今西耕造：FH800SXL 横形マシニングセンタ, JTEKT ENGINEERING JOURNAL, no. 1005(2008)22.
- 3) 佐々木雄二, 岩井英樹, 桜井康匡, 若園賀生：工作機械熱変位補償技術の研究(第1報)－熱変位推定方法の開発－, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (2012)677.
- 4) 佐々木雄二, 岩井英樹, 桜井康匡, 若園賀生：工作機械熱変位補償技術の研究(第2報)－マシニングセンタ熱変位の評価－, 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2013)729.
- 5) 岩井英樹, 佐々木雄二, 桜井康匡, 若園賀生：工作機械熱変位補償技術の研究(第3報)－リアルタイム熱変位補正による加工評価－, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (2013)9.

筆者



岡 祐司*
Y. OKA



津坂浩行**
H. TSUSAKA

* 工作機械・メカトロ事業本部 工作機械開発部

** 工作機械・メカトロ事業本部 メカトロ制御技術部