

高速インラインセンタ ; RH546

High Speed Inline Center ; RH546

キーワード

フレキシブルトランスファライン (FTL) , (高速インラインセンタ)
角スライド, ハイブリッド方式, 二面拘束ツーリング, 工程集約
ATC 対応 U 軸機能付主軸, 小径少刃具加工, 25000min⁻¹ 高速回転主軸
フレックス予圧方式

工作機製造所技術部

林 広明

技術開発部加工技術部

高場正人

1. はじめに

自動車産業, 電子産業に代表される我が国の生産システムは, かつては少品種大量生産が前提条件となって構築されていた。しかしながら, 1980年代に入り, ニーズの多様化に伴って, 中品種中量生産, あるいは多品種少量生産に対するシステムの構築の要求が大きくなり, FTL (フレキシブルトランスファライン) ・FMS (フレキシブル生産システム) などの生産システムのフレキシブル化がにわかに脚光を浴びる様になった。ところが, 1990年中頃から社会的構造変化により, 時代は更に変種変量へと移行し, これをどう高効率に加工するかという要求が, 確実に強まっている。この様な状況変化に伴って, 高能率とフレキシビリティを両立させた加工システムの構築が必要となってきた。

当社においては, 時代のニーズをいち速く捕え, 1984年にインライン型 (コラム移動式ライン組み込み型) マシニングセンタを, “インラインセンタ” としてシリーズ化した。また, 1994年には, 高速高能率化などのニーズに対応するべく “高速インラインセンタ” の開発に取り組み, シリーズとして LH, MH, SH の 3機種を商品化した。

この “高速インラインセンタ” シリーズは, コストパフォーマンスの高い, 小形の高速・軽切削向きの “LH546 (BT40)”, 高剛性なりニアローラガイド使用中形機の “MH546-1 (BT40)”, “MH546-2

(BT50)” およびすべりスライドの大形機の “SH655 (BT50)” で構成され, 加工ワーク・加工工程に応じた最適な機種の選定が可能である。しかしながら, 鉄系中物部品を対象とした重切削工程でも, 高速化と省スペース化のニーズが強くなってきた。そこで SH よりコンパクトで, MH より高剛性を図った, 高速切削・ハイスピードマシンを開発するに至った (図 1, 表 1 参照)。

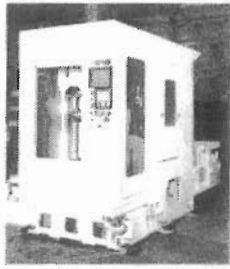
本稿では, 高速・重切削向きインラインセンタとして開発され, '98年10月の第19回日本国際工作機械見本市に出展し好評を得た新商品の “高速インラインセンタ RH546” について紹介する。

2. 開発の狙いと特徴

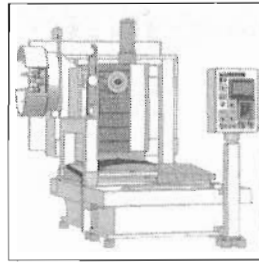
RH546 (図 2 参照) は, インラインセンタシリーズに踏襲され続けてきた, FTL 構成のための, いわば目的適合形 FMC (フレキシブル加工セル) であり, フレキシビリティはもち論のことトランスファマシンと同程度もしくはそれ以上の高生産性・省スペース・自動化が要求される。本機の開発を進めるにあたっての主たるポイントを, 次に述べる。

i) 角スライドで “40 m/min” を実現。

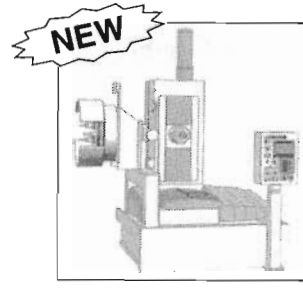
マシニングセンタのスライドとしては, 今やリニアガイド全盛の時代であるが, ころがりスライドでは鉄系部品を重切削する場合, びびりが生じやすいという問題があることは否めない。そのた



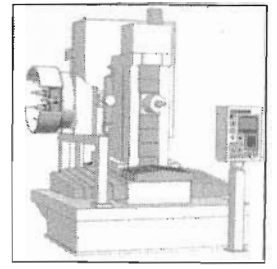
LH546
高速切削向き
ハイコストパフォーマンス



MH546
高速切削向き
ハイスピード



RH546
高速・重切削向き
ハイスピード&ハイパワー



SH655
重切削向き
ハイパワー

図1 高速インラインセンタシリーズ

表1 主な機械仕様

仕様諸元		LH546	MH546-1	MH546-2	RH546	SH655
対象ワーク	アルミ	小物	中・大物	←	←	←
	鋳物	小物	中物	大物	←	←
	銅		小物	中物	中物・小物	大物
主軸	ツールシャンク	BT40・KM6350	BT40・KM6350	BT50・KM10080	BT50・KM10080	BT50・KM10080
	トルク Nm	48	70[167][26]	191	191[307]	191[307]
	最大回転数 min ⁻¹	10,000	8,000[12,000][25,000]	6,000	6,000[6,000]	
	モータ Kw	7.5/5.5	11/7.5[22/18.5][15/11] [ビルトイン][ビルトイン]	15/11	15/11[22/18.5]	15/11(22/1.85)
送り軸	ストローク mm (X・Y・Z)	500×400×600	500×400×600	500×400×600	500×400×600	500×400×600
	ガイド方式	直動ガイド (ボール)	直動ガイド (ローラ)	直動ガイド (ローラ)	角スライド+ローラ保持	角スライド+ローラ保持
	早送り速度 m/min	36	36	36	36	24
スラスト力 N	形式	4,000	5,000	7,000	10,000	10,000
	形式	アーム+ドラム式	アーム+ドラム式	アーム+ドラム式	アーム+ドラム式	アーム+ドラム式
ATC	工具本数	8[16]	8[16]	8[16]	8[16]	8[16]
	工具交換時間 (T-T)sec	0.9	1.5	1.8	2.0	2.2
最大工具寸法 (径×長さ)		90×250	130×250	130×250	130×250	130×250
最大工具質量 Kg		5	8	15	15	15
機械寸法 mm (W×D×H)		1,200×3,150×2,550	1,650×3,350×2,600 ドラム部 W2,210	1,650×3,350×2,600 ドラム部 W2,210	1,700×3,700×3,000 ドラム部 W2,245	2,150×3,300×3,300 ドラム部 W2,695
機械質量 Kg		4,200	6,500	6,700	8,000	9,500
NC装置		FANUC 18MA[18iMA]・[三菱]				
クーラント装置		横置き	横置き	横置き	横置き	横置き
オプション仕様		前面ドラム式ATC スピンドルスルー 高圧クーラント仕様 クーラントタンク直下置き	高速主軸 (ビルトインモータ) スピンドルスルー 高圧クーラント仕様 クーラントタンク直下置き	U軸主軸 スピンドルスルー 高圧クーラント仕様 クーラントタンク直下置き	U軸主軸 スピンドルスルー 高圧クーラント仕様 クーラントタンク直下置き	U軸主軸 スピンドルスルー 高圧クーラント仕様 クーラントタンク直下置き

[] 内はオプションです。

注記) 1. ATCのT-T時間は、KMツールの場合は、若干長くなります。
2. 上記内容時間は改良により予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承下さい。

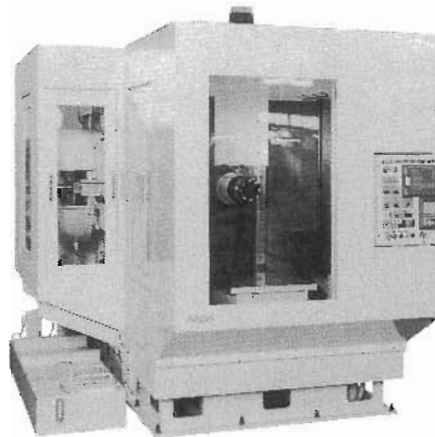


図2 高速インラインセンタ RH546

め、主軸パワー、マシン剛性および制御を含めた高送り能力を備えているにも拘らず、実際においては切削送り速度を十分に上げられないことも少なくない。

RH は、鉄系部品の重切削においても高速化の要求に応えるべく全軸を角スライドとし、これを移動側の低摩擦部材とローラベアリングで挟み込むハイブリッド方式とした。また、ローラベアリングへの予圧は、定圧予圧とし、レールに対するモーメント荷重あるいはクリアランスの増加に対しても、追従変位しやすく自動調心性が得られ予圧変化を小さく抑えることができ、ばらつきの小さい適正な予圧が得られる構造とした(図3参照)。

これによって、角スライドの摺動面でコラム移動式にも拘らず、リニアガイドと同レベルの 40 m/min 以上の送り速度と高い減衰性を実現した。

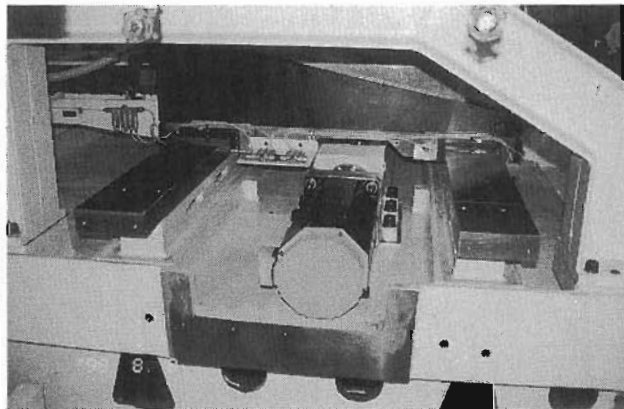


図3 X軸角スライド

ii) 移動ユニット重量とマシン剛性のトレードオフ
ライン化が容易な横型コラム移動式マシニングセンタは、各軸の移動ユニットが3軸積み重なる構造であり、各軸の相互作用の影響が大きいので、移動ユニットの軽量化とマシン剛性が重要なポイントとなる。軽量化と剛性確保、この相反する要求に対し、RHのベッド・サドル・コラムなどの主要部品を根本から見直し、肉厚の最適化・均一化から取り組み、可能な限りラーメン構造とし、剛性の確保と徹底した軽量化を図った。また、これらにCAEによるFEM解析での検証とそのフィードバックを行い、設計段階での最適化を図った。図4にFEM解析例を示す。

その結果、移動ユニットの主要部品であるサドル・コラムの質量は、SHに対し30%ダウンを達成し、Y軸ストロークの上昇端におけるコラムの剛性は、曲げ剛性10%・ねじり剛性5%アップを確保した(図5参照)。

iii) 部品点数の低減による低コスト化

自動車産業をはじめとする機械加工業は、ここ数年今までも増してコスト競争が激化し、生産性向上は当然のことながら、生産コストの低減を積極的に推進している。そのため、我々設備メーカーに対するコストダウンの期待も大きくなってきている。

RH546は、FMCとしてのあるべき姿を念頭に、3軸ユニットの機能を見直し不要機能の排除に努め、必要な機能のみに絞り込み標準化する作業を繰り返し、機能範囲を必要かつ最小限に留めたベースマシンとした(図6参照)。

また、構造の簡素化の追求は言うまでもなく、機能要素の一体化による部品点数の20%ダウン

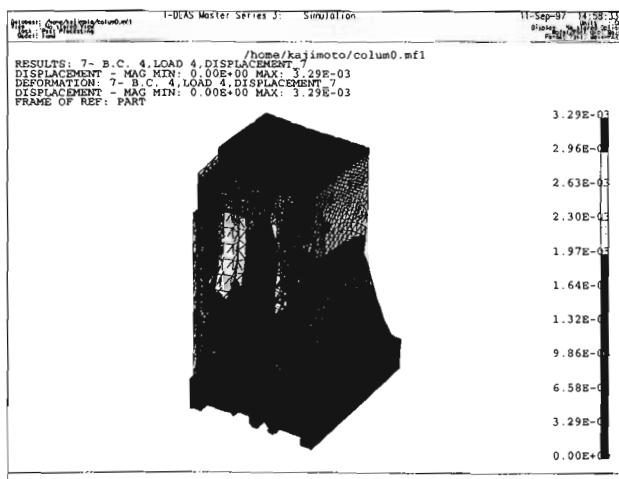


図4 コラムのFEM解析例

(集中荷重: スラスト 5000N 荷重曲線)

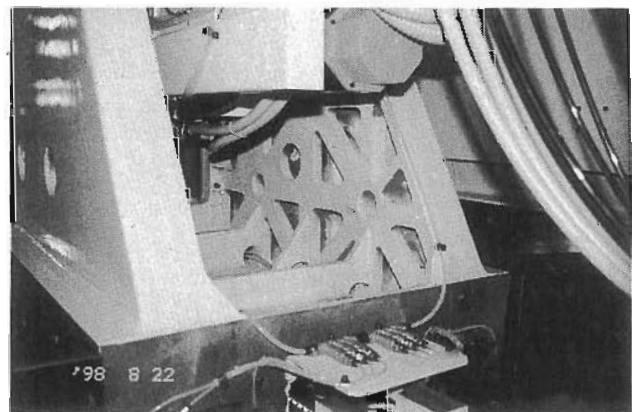


図5 コラムの内部構造

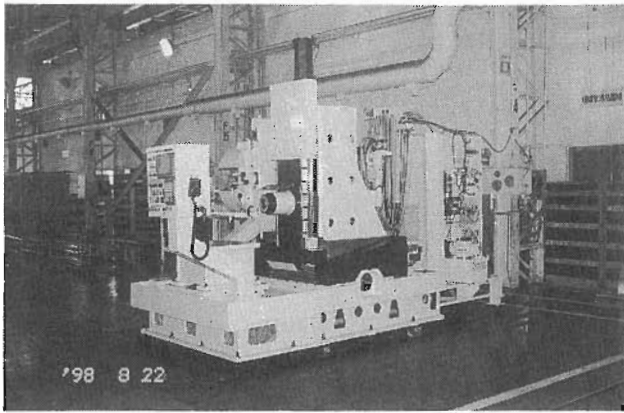


図6 RH546の基本構造

を目標とし、各ユニット間の部品の共通化およびアッセンブリーの簡略化による低コスト化が図られた。更には、トータルコスト低減に結びつく様、原価構成の十分な分析と把握を行った。

iv) 新型 ATC との組合せによるマシン幅の縮減

高速インラインセンタをベースに、加工ステーションを形成しラインを構築する場合、たとえ大形機と言えどもサイクルタイム・ステーション間ピッチ等に対する変更はできない。これらを踏まえ、今回、RH を開発するにあたって、従来のスイングアーム交換方式の ATC も併せて、低コスト化・高速化・省スペース化を図った。

ATC 装置は、主軸工具と ATC 側の次工程工具を交換するスイングアームのカムボックスと、工具収納ポットを割出すマガジンドラムから構成されているが、アーム動作は AC サーボモータ駆動でドラム割出しはオイルモータ駆動であった。しかしながら、昨今の要求サイクルタイムにおいては操作性の良い番地固定方式を採っているため、近回りランダム割出し制御を行っても、番地割出しの追いつかない工程が生じる可能性がある。そこで、マガジンドラム部でのドラム割出し駆動にも AC サーボモータを採用し、高速かつ正確な工具割出しを可能とさせ、スイングアーム部でのカムドライブ機構による円滑で俊敏な旋回動作とあいまって、信頼性が高く安全性の良いコンパクトな ATC に改良した。また、これによって U 軸ホルダなどの重量工具に対しても、フレキシブルに安全確実な最短交換時間が設定できる機能を備える。

この ATC の改良設計は、低コスト化を図るため、3 軸ユニット本体同様に機能分析を行ない標準化を進めるだけでなく、ATC の簡素化・省スペース

化の達成をも目指した。また、3 軸ユニット本体に対しても、駆動系の基本構成へのこだわりと配置位置の相対関係の最適化を図った。これらにより、機械全体のトータルダウンサイジングが可能となり、新型 ATC と RH 本体との組み合わせによるマシン幅は、大型機 SH に対し 450 mm 減の 2245 mm に設定された。

3. 機械の基本構造

ここでは、RH546 の主要部分の構造と、その技術的な背景に簡単に触れてみたい。

3.1 送り機構

送り機構の高速化には、使用条件の違いから早送り速度・切削送り速度の 2 種の送り速度に対し、位置決め精度・加工精度の低下の問題が伴う。これらの問題に対し、機械特性に応じたトータルバランスのとれた、シンプルな送り系とすることは言うまでもないが、高速送り機構を達成するためには、応答性の良い安定した送り機構が必要である。

本機は、全軸の送り系で、精密ボールねじを両端固定するダブルアンカ方式としている。また、ダブルナットによりバックラッシュを除去するとともに、熱剛性の高いボールねじのプリテンション構造を採用し、これと AC サーボモータとを直結している。このダイレクトドライブ方式の採用により、高剛性・高精度で送り駆動部がメンテナンスフリーであり、信頼性が高く安全性も良い。また、送りスライドの摺動面潤滑油だけでなくボールねじの潤滑油も含め全て回収できる構造になっており、クーラントに潤滑油が混入しない様に配慮がなされている。しかも、これは昨今注目を浴びている、来るべくドライ加工に向けて、潤滑油の回収は必須アイテムであり、環境面と経済性の両面を追求する“環境調和型工作機械”を目指している。

一方、高速連続加工に対応し、ボールねじナットおよびサポートベアリングへの間欠オイルミスト冷却もオプションとして用意している。更には、高精度仕様として、スケールフィードバックによるクローズドループ制御もオプションとして対応できる。

3.2 主軸

RH の標準主軸は、主軸端を BT50 と KM10080 対応とし、BT50 以上の剛性を狙って開発された実績の

高いスピンドル Ass'y である。特に、二面拘束の KM ツーリングは、高剛性・高速回転・高精度・多機能性などの様々な要求をクリアし、とりわけびびり安定性が極めて高いことが専門委員会により報告されている。

この KM ツーリングの特長としては、

- i) 独自のクランピング機構により、小さい力で大きな引っ張り力が得られ、結合部の剛性が高い。
- ii) ツールバランスのよいシャンク形状により、高速回転が可能となる。
- iii) しめしろが大きいため、高速回転時の密着性が高く、高剛性・高精度加工が可能である。
- iv) テーパ長さが短く、工具交換時の抜き出しストロークも短くてすみ、繰り返し精度も高い。
- v) テーパ部が中空のため、ツーリング内部に新たな機能を付加することができる。

などが挙げられ、更なる高精度・高能率加工が指向できる。

主軸径は、 $\phi 100$ で潤滑方式には間欠オイルミストを採用し主軸の発熱を抑え、主軸内部にクーラントや切り屑が浸入しないようラビリンスシールとエアカーテンを併用している。また、アンプ時には主軸後端を抱え込み、前側アングュラ玉軸受にアンプ力が作用しない信頼性の高い構造を採っている。

主軸回転数は、広範囲な速度領域を自動変速し、最適な切削条件が設定可能である。また、ベルトドライブによりスピンドルの振動および騒音の低減を計るだけでなく、駆動系からの発熱がスピンドルに悪影響を及ぼすことを防いでいる。更に、本スピンドル Ass'y は、角スライドを介して熱対称性・剛性に優れたダブルコラムに搭載され、びびり安定性に対する安定限界を一層高めている。また、オプションとして、環境にやさしいセミドライ切削および高圧クーラントのスピンドルセンタースルーにも対応している。

尚、ユーザの目的機能に応じたオプション主軸も用意している。

3.3 機体および周辺装置

機体関係は、加工対象部品の多様化に適切に対処し、FMC のベースマシンとしてフレキシブル生産ラインの重要な役割を果たすため、コラム移動型、テーブル固定方式を採っている。そのため、治具が固定となり加工ワークのターン・チルト動作および搬

送が容易でシステム構成の自由度が高く、FTL の対向加工ユニットとして威力を発揮できる。加えて、加工ポイント直下にメインスライド部が無く、切り屑がスライド面へ侵入しにくい構造である。また、スピンドル側に、3 軸の送りユニットを付加させたにも拘らず、スピンドル下降高さを床面から最低 1200mm とし、作業高さあるいは搬送高さを低く抑え、加工ワーク固定で操作性の良い構造となっている。

カバー関係は、まず、加工ワークと治具まわりの局所カバーが切り屑を発生源で抑えることがインラインセンタの基本であるが、多種多様な加工形態すべてに対応することは困難であり、最大公約数的なものに成らざるを得ない。そこで、オプションとして、治具ベッド側とマシン本体間に X-Y 平面の巻取り遮へいカバーを設置し、コラム前側で切り屑をシャットアウトすることができる。また、ATC 側の巻取りカバーは、コラムと ATC 装置間の自動シャッターと連動しており、ATC 動作を妨げない機構としている。更には、あらゆるライン化への対応を想定し、スライド面をはじめ送り機構はすべて、鋼板製でスラントタイプのスライドカバーによってフルカバーリングされ、防水防塵対策も万全である。

クーラントユニットは、横置きを標準とし、オプションとして機械の直下置きも準備している。当然のことながら、強固な本体構造と高剛性主軸を与えられた RH は、強力重切削により大量の切り屑を排出するが、このチップボリュームと共に取り去られた切削熱が及ぼす治具ベッドの熱変形も見逃せない。これに対し、加工ポイント直下のベッド前側に内蔵された切り屑洗流スリットからのクーラント層流により、切り屑を素早く機外へ排出し加工精度への悪影響を未然に防ぐことができる。

4. ライン構成例

ここで、RH546 で構成したラインの一例を紹介する（図 7 参照）。前工程で基準面および基準穴加工を終えた 10 種以上の大物自動車部品（鉄系材質）を、図の右より自動搬送し、4 台の RH546 で全加工を行う、多種ワーク対応と工程集約を実現したラインである。

- i) 第 1 マシンでは、NC チルト(A 軸)治具により、ワーク下面のミリング・穴明け・タップおよび斜め穴加工（約 30 工程）を実施。

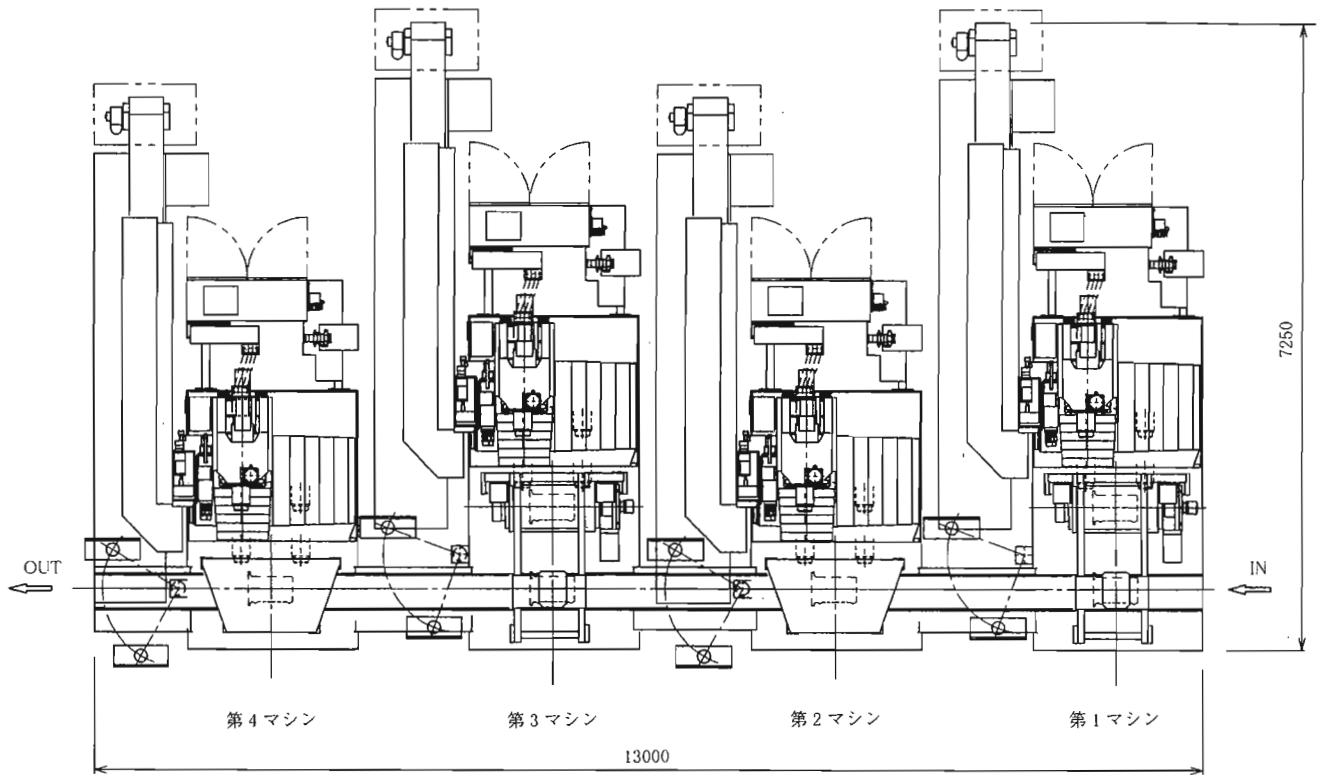


図7 RH546によるライン構成例

- ii) 第2マシンでは、NCターン(B軸)治具により、ワーク前後左右面のミリング・穴明け・タップおよびガンドリル加工(約30工程)を実施。
- iii) 第3マシンでは、NCチルト(A軸)治具により、ワーク上下面のボーリング・穴明け・タップおよび斜め穴加工(約40工程)を実施。
- iv) 第4マシンでは、NCターン(B軸)治具により、ワーク前後左右面のミリング・穴明け・タップ加工(約30工程)を実施。

上記工程の中で、RHは高速高能率加工を提供し、加工精度・サイクルタイムを確保している。

尚、本ラインは、当社の従来シリーズで構成した場合、SH4台とMH1台が必要であり、RHの開発により、コストおよびスペースが従来に対し、約30%ダウンの効果を得ている。

5. 工程集約と小径少刃具加工

専用機・トランスファマシンの高い生産性は、多軸同時加工もさることながら、専用工具およびフェーシングなどの特殊工具によるところも大きい。マシニングセンタの単軸加工で、これらと同程度もしくはそれ以上の生産性を得るには、マシニングセンタならではの機能を最大限に活用した加工の高能率

化が必要となる。

RHは、高生産性のための高能率加工の提案として工程集約と小径少刃具加工をコンセプトとした2タイプのオプション主軸を用意している。

5.1 ATC対応U軸機能付き主軸

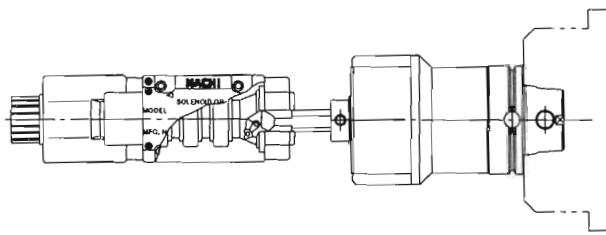
U軸とは、中ぐりバイトを主軸の径方向に移動する制御軸のことであり、マシニングセンタの主軸にU軸機能を持たせることにより①ボーリング加工径の変更・補正②フェーシング加工③テーパ・曲面加工なども可能になり、1台のマシンで高い工程集約を図ることができる。図8に加工例を、表2に主な仕様を示す。従来、ボーリング専用機の主軸にチップの径方向へのせり出し機構を盛り込んで、加工径補正やフェーシングによる特殊な座削りなどが行われてきた。しかしながら、このせり出し機構は、主軸の軸心中空部に組み込まれるため、軸心に自動工具着脱機構を備えたマシニングセンタへの適用が困難とされていた。ところがこの問題を解決し、ATCが可能なU軸機能付き主軸の開発により、今までマシニングセンタでは不可能と思われていた加工が可能となり、ATC回数と工具本数の節減が図れ工程集約により更なる高能率加工が実現できるようになった。

ここで主軸の概要と特長を簡単に説明する(図9

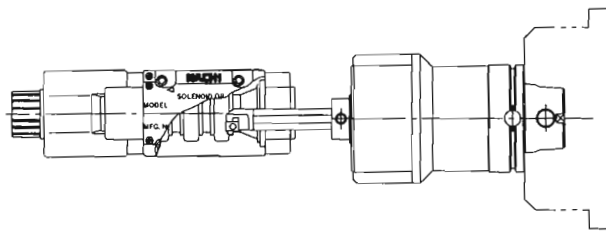
参照)。主軸後側のU軸駆動モータでボールねじのナット側を回転させ、U軸ドローバに締結されたボールねじ軸を前後に移動させる。U軸ドローバは、主軸の軸心中空部に組み込まれたツールホルダクランプ用ドローバの中心を貫通し、メタルブッシュにてガイドされており、前後に移動する。このU軸ドローバの先端は、ジョイントとなっており、U軸ホルダ側のロッドと連結している。U軸ホルダは、ドローバの前後移動に伴うロッドの連動が内部のクサビ

機構により径方向のチップの動きに縮小して変換される。U軸ホルダを含めたツールホルダには2面拘束のテーパシャンクを採用し、クランプユニットのロックロッドのアンクランプ動作でU軸ジョイントも同時に解放となる。尚、スピンドルモータは主軸上部に配置されベルト駆動を採用している。

このU軸主軸は、スピンドルモータおよび駆動モータの発熱がU軸ドローバに伝わりにくい構造となっており、ナット回転方式により全長を短く抑えている。また、U軸ジョイント部をツールホルダ締結部の前側、ホルダ内に設置することにより、ホルダ後側の出っ張りを無くした。これによりATC動作によるホルダ着脱の抜きしろを最小限に留め、U軸ホルダで3.0秒(ツール・ツー・ツール)の高速チェンジ



フェーシング、テーパボーリング加工



リセッシング(溝入れ)加工

図8 特殊加工例

表2 U軸主軸の主な仕様

移動量	U軸(バイト径方向)	15mm(加工穴径φ25~φ55)
主軸	回転速度	60~6000min ⁻¹ (U軸使用時 max.3000min ⁻¹)
	テーパ穴	1/10テーパ KM10080S (2面拘束ショート)
	軸受内径	φ100
	給油方法	クーラントノズル (フランジスルー:オプション)
ATC装置	スイングアーム方式	
	工具最大質量	15kg
	工具交換時間	3.0sec(T-T, U軸ホルダ含む)
精度	位置決め精度	0.005mm
	繰り返し位置決め精度	±0.001mm
	加工精度(ボーリング)	穴公差H7級

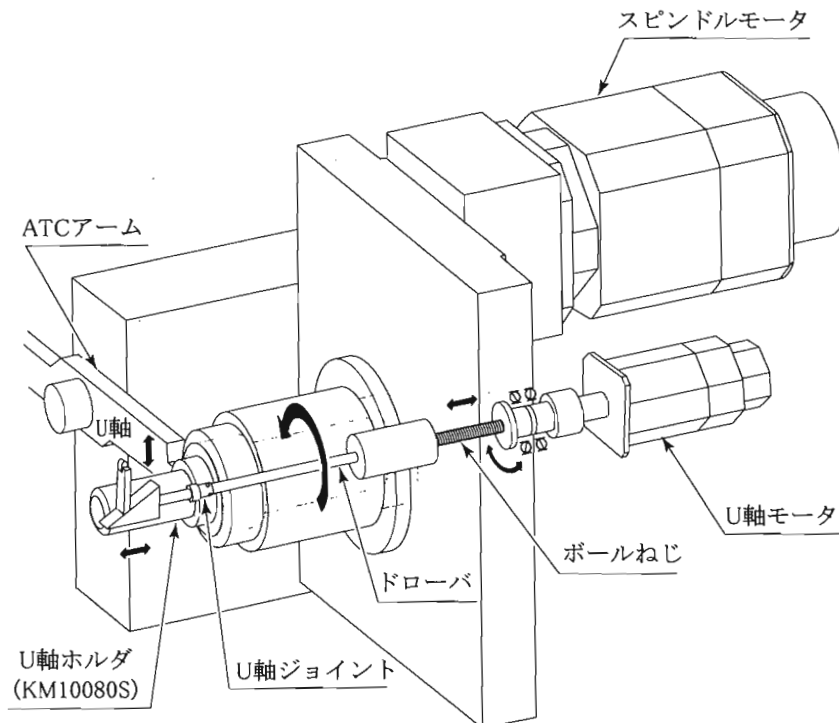


図9 U軸主軸の機構(MHSKM10SUF)

を可能にしている。

この様に、通常ホルダ並みの使い勝手を具備したU軸主軸は、前回'96年の日本国際工作機械見本市に出品され数多くの引き合いを受け、現在、ATCレスで多種径に対応し、加工径補正によるポストプロセス制御等とあいまって、自動車部品加工ラインの工程集約を推進し高能率加工の一端をになっている。

5.2 高速回転主軸

サイクルタイムが短い自動車部品の加工においては、短距離の位置決めが早送り時間の大半を占め、送り速度が最高速に達しない場合が多く、ATC時間においてもツール・ツー・ツール時間の極小化によってチップ・ツー・チップ時間に占める主軸の立上がりと停止などの無駄時間がクローズアップされてくる。

これらの問題に対し、加工時間・非加工時間を共に短縮させるには、小径のエンドミル状複合工具数本を用いて高速回転でコンタリングを行い、多種類の形状を加工する“小径少刃具加工”が提唱されている(図10参照)。最近の高速主軸では、いわゆるDN値(=主軸直径mm×回転数min⁻¹)が150万から200万に達するものもあり、これらの要求に十分

応えることが可能となりつつある。

しかしながら、これらの主軸は、軸受の予圧が回転数と共に増大し高速回転時に過大予圧となることを避け、初期予圧を小さく設定する必要がある。そのため低速回転時には予圧が足りず、加工時の剛性不足が問題となる場合があった。この解決策として、低速回転時と高速回転時に主軸受の予圧を切替える機構が各社により採用されているが、いずれも予圧力、予圧方式を随意に切替えられるものではなかった。

“高速主軸での小径少刃具加工とミリング加工の実現”このコンセプトのもとに、25000 min⁻¹高速回転主軸が開発された。この高速主軸は、全回転域において予圧力を任意に変化させ(フレックスプリロード)設定可能とし、なおかつ予圧方式を定圧から定位置まで任意に選定(フレックスロック)できるフレックス予圧方式とし高剛性化を図った。これにより、小径エンドミルによるヘリカルポーリング加工・ヘリカルタップ加工などの小径少刃具加工はもちろんのこと、予圧力600~2000Nのフレックス予圧での高速回転から低速回転重切削までのφ80ミリングをも同一主軸で加工可能となった。また、高速回転における主軸受の温度上昇が低く、主軸の振動も2μm以下(25000 min⁻¹時)に抑えられ、加工精度・面粗さを向上させ工具寿命を延ばす特性となっている。表3に主な仕様を、図11・図12に温度上昇データを示す。

尚、本主軸は、中形機のMH546にも搭載でき、'98年10月の日本国際工作機械見本市では、MHでの出展とし、パフォーマンスの高さを示した。

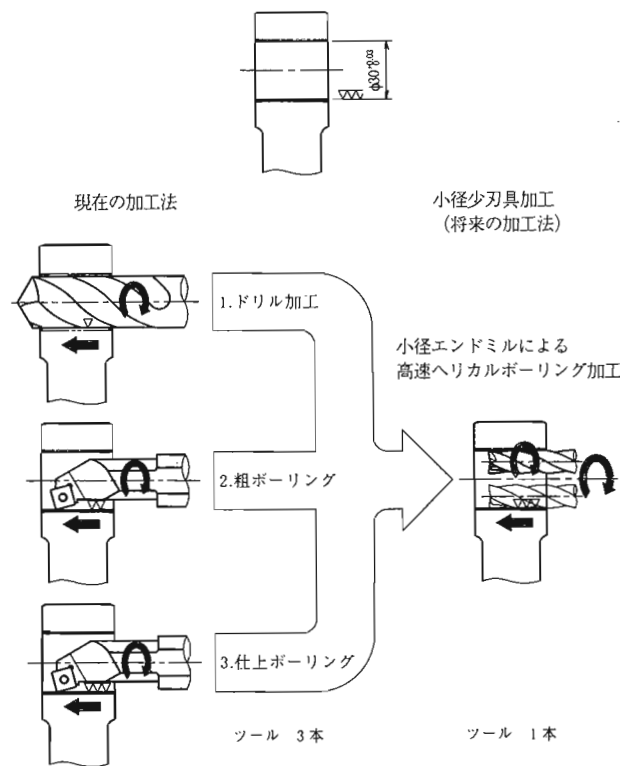


図10 小径刃具加工の例

表3 高速回転主軸仕様

ツーリングサイズ		KM6350 (BT40 相当)	
ビルトインモータ仕様	ビルトインモータ	FANUC αB100L-11/25,000 15/11kw	
	回転数 (min ⁻¹)	低速巻線 0~9,000 (基底 5,500)	高速巻線 9,000~25,000 (基底 9,000)
	最大トルク (N·m)	26.0	15.9
	連続トルク (N·m)	0~4,000min ⁻¹ 19.1	25,000min ⁻¹ 4.2
軸径(mm)		φ70	
主軸受	前	アンダーレスセラミックボール φ70	
	後	セラミックボールアンギュラ φ65	
潤滑方式		間欠オイルミスト(ミクロンルブ)	
予圧方式		定位置・低圧予圧切替(予圧力可変)	
dn 値		175万	

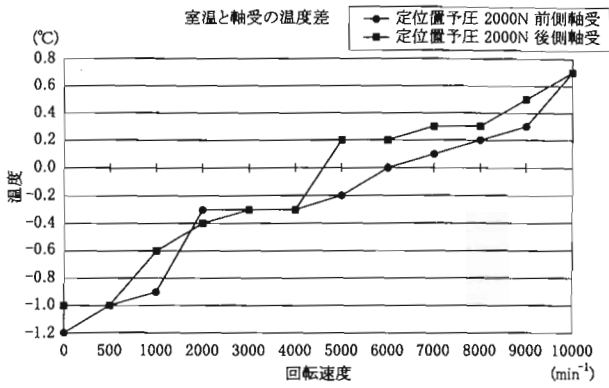


図 11 軸受の温度上昇 (定位置予圧 2000N)

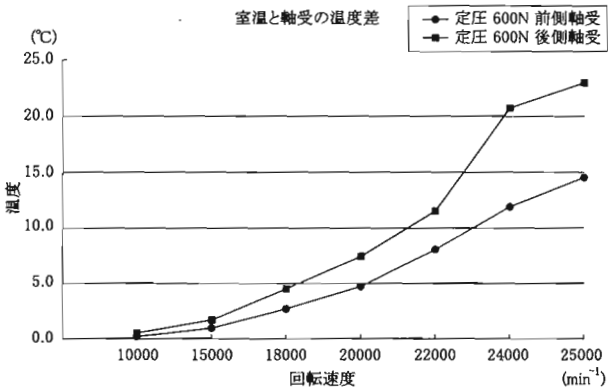


図 12 軸受の温度上昇 (定圧予圧 600N)

6. おわりに

以上、技術的背景も含め“高速インラインセンタ RH546”を全般にわたり紹介した。紙面の都合上、詳細な紹介ができなかった部分もあるが、マシンングセンタの構成と形態が多種多様化しつつある今日、RH546が指向するFTL構成のベースマシンのあるべき姿を御理解頂けたものとする。

高速かつ高能率な加工に対する新たな需要が急増している状況下において、加工ラインの中で、RH546は、より生産性の高いライン形成の一端となるであろう。