

難削材複雑部品を圧倒的に短時間で加工するインデックス社多軸自動盤 MS シリーズ -限られたロットにも対応する高い柔軟性と複合加工能力-

1. はじめに

ものづくりの現場では、作業の効率化を進めることで無駄な工程を排除し、人員を削減する省人化が求められている。部品は高精度化、複雑形状化し、被削性の悪い素材が増えていることから、「難削材複雑部品をワンチャックで短時間に加工する」ことが想的なコンセプトの1つとなっている。工場には多品種少量生産に適した CNC 自動旋盤、マシニングセンタが並び、生産数に応じて設備を増設する自由度を重視した製造ラインとなっていることが多い。一方、工場の据付面積当たりの生産性には限りがあり、より高い加工能力を持つ設備の導入が差別化の鍵となっている。面積生産性に優れる多軸自動盤は、単軸自動旋盤の約 4~5 台分の生産能力を誇る。しかし、多軸自動盤といえば、カム式のイメージが根強く、切削性に優れる真鍮や快削鋼の単純形状の部品を大量生産するというイメージが強い。

2. 先駆けてカム式から脱却したインデックス社の全軸 CNC 多軸自動盤 MS シリーズ

カム式が多軸自動盤は、今日でも単純動作で完結する大量生産向けのシンプルな部品加工には最良の選択肢である。駆動系への電気的な処理時間や信号伝達が不要で、数値制御された機械より加工が速く、電気部品がないため、メンテナンス性も優れている。一方、要求精度が高く、複雑形状やロット数が少ない部品を苦手とする。今日、多軸自動盤の構造はカム式、CNC をベースにカムを補助的に利用するハイブリッドタイプ、そして完全 CNC の 3 種類に分類される。

世界最大の旋盤専門メーカーであるドイツのインデックス社は 1988 年から他社に先駆け全軸 CNC の多軸自動盤 MS シリーズを製造販売してきた。MS シリーズはカム式を完全に数値制御に置換えたことで、カムの設計製造が不要になった。加えて、数値制御による柔軟な機械動作が、標準工具による加工を可能とし、特殊な総形工具の必要性が低減した。カム式が多軸自動盤では、大量生産が前提であるが、MS シリーズは一万個以下のロット数の部品加工を視野に入れる。また、完全 CNC により、全ての加工箇所個別に加工条件の設定が可能となり、素

材の被削性に応じた柔軟な加工、切粉の巻付き防止、加工面の改善、サイクルタイムの短縮、工具寿命の向上等のメリットがある。多軸自動盤の CNC 化はカム式の課題を解決し、「難削材複雑部品をワンチャックで短時間に高精度に加工をする」設備となっている。本稿ではインデックス社の多軸自動盤 MS シリーズ(写真 1 上)について 5 つの観点から解説し、その加工事例を紹介する。

- ・ 自動旋盤と同等の精度を生む主軸ドラムキャリア
- ・ 複雑部品の加工に備えた高い自由度
- ・ ロットサイズに柔軟に対応する機外段取り
- ・ 難削材加工に適した機械構造とツールホルダ
- ・ チャッカーと内蔵型ロボットで鍛造ブランクに対応



写真 1 上:インデックス社 MS シリーズ

下:主軸ドラムキャリア(左 6 軸/右 8 軸)

3. 自動旋盤と同等の精度を生む主軸ドラムキャリア

MS シリーズは、L65xφ16mm の加工を対象にする MS16 から、L160×φ52mm の MS52 までの 8 機種からなる。6、又は 8 軸(写真 1 下)の主軸が被削材を最初の刃物台から次ぎの刃物台に位置決めし、それを繰り返すことで、最終的に機械加工が完了する。被削材と刃物の相対的な位置関係が、ポジショニングごとに変わるため、主軸ドラムキャリアが多軸自動盤の精度の源と言える。単軸の自動旋盤と同等の精度を追求し、インデックス社が主軸ドラムキャリアに採用したハースカップリング機構は、現在多くの多軸自動盤の標準仕様となっている。

従来の多軸自動盤ではノックピンが位置決め役割を担い、機械稼働による熱変位と共にドラムキャリアが上部の隙間に向かって膨張する現象が起り、連続運転における加工精度の不安定要因となっていた。ハースカップリングを採用したことで、熱変位が円周方向に均等に拡散し、主軸と刃物の相対的な位置誤差が低減し、連続加工の安定性が増した。MS シリーズは、通常 2 枚で機能する

ハースカップリング機構を3枚組にすることで、機械ベースの刃物位置に対し、主軸ドラムの精密な位置決めを可能にしている。設置環境にもよるが、径方向で±0.015 mmの許容誤差で安定的な連続生産能力を発揮し、さらに厳しい加工精度を実現しているユーザーも存在する。

4. 複雑部品の加工に備えた高い自由度

4.1 圧倒的な刃物搭載数

工具自動交換機能をもたない多軸自動盤において、搭載できる刃物数はワーク形状への柔軟性を示す。一般的な多軸自動盤は、各主軸ポジションで単数の刃物台が多い中、MSシリーズは各主軸ポジションに直動2軸制御の刃物台を最高2式完備し、2箇所同時加工が可能である(写真2左)。最大工具搭載本数は合計40本で、内背面側の工具搭載本数14本と、一般的なCNC自動旋盤やタレット式の複合加工機の数倍の工具本数を確保し、複雑形状の加工に込んでいる。

4.2 複合加工機に匹敵する自由度

複雑形状の部品加工には、刃物搭載本数と同時制御の機械動作の組み合わせが必要である。本機であれば、ポリゴンターニング、Y軸ミーリング、タッピング、チーシング、Y軸シフト付きホビング、パワースカイビングだけでなく、4軸制御の楕円穴のバリ取りにも応える。多軸自動盤でありながら複合加工機並みの汎用性を兼ね備えている(写真2右)。

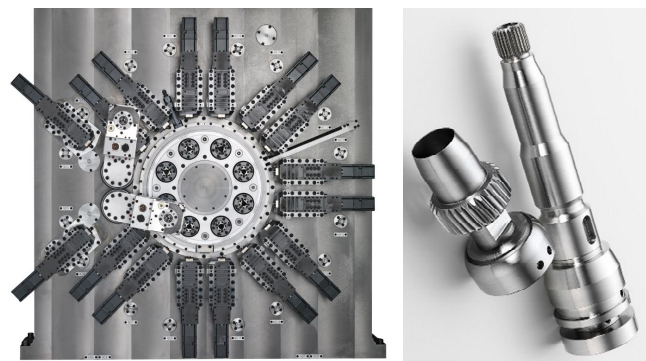


写真2 左: 各主軸で直動2軸制御の刃物台2式を配置
右: 複雑部品の加工事例(棒材から全加工)

5. ロットサイズに柔軟に対応する機外段取り

5.1 機外でプログラムを完成できる加工シミュレーションソフトウェア

MSシリーズは他社に先駆けて、カム式から脱却するべく全軸数値制御を採用したことで、ロット数に対する柔軟性を高めた。さらに、機外で事前に加工プログラムの最適化を行うことで、稼働率を向上させている。MSシリーズのプログラム作成は、Gコードでプログラムする一般的なCNC自動旋盤の感覚で、操作性に定評がある。機上の画面操作を機外のPCでも利用することができ、さらに機外PCでプログラム兼加工シミュレーションが可能だ。各主軸ポジションのサイクルタイムの平均化と効率的な同時加工を追求し、干渉チェックでは、透過機能で内部加工も細部に渡り確認することができる(写真3)。プログラムの最適化や干渉チェックを機外PC上での作業に置き換えたことで、機械のダウンタイムを大幅に削減している。MSシリーズであれば、僅か数万個のロット部品から加工の対象となり、一万個以下のロット数で異なるワークを加工している事例も多い。

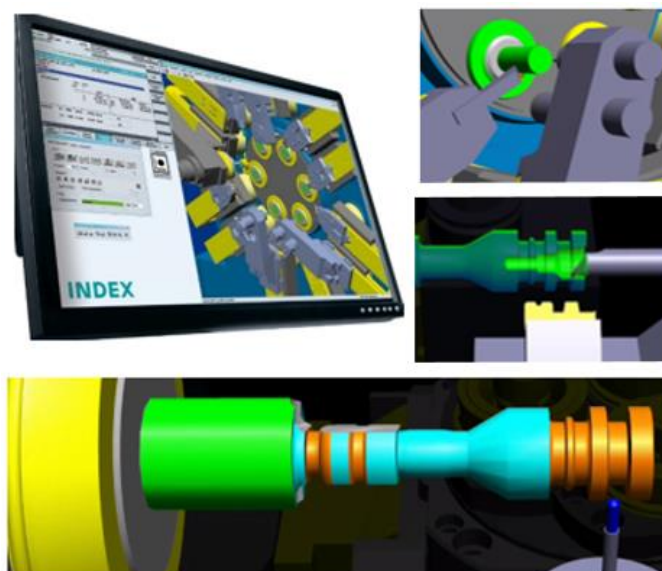


写真3 機外PC用プログラム兼加工シミュレーション

5.2 機外プリセットとホルダの簡単・短時間交換

刃物数と工程が豊富な多軸自動盤は、一方で刃物交換と機上での精度調整が相対的に長くなる。機械のダウンタイムを短縮するためには、刃物の機外プリセットとプリセットの測定結果を、機上で精度良く、迅速に再現することが重要である。高い再現性で短時間の刃物交換を叶えるのが、インデックス独自のクイックチェンジ・システムである(写真4上)。刃物はインデックス社が特許を持つW溝付きホルダごと管理され、機外でX、Zの値をプリセットし、Yの位置はねじで上下に調整した後に(写真4下)、W溝付きホルダで高い再現性のもと、刃物台にセッティングさ

れる。一般的なホルダと比較し、僅か半分の時間でホルダの交換が可能であり、取り付け後、精度調整不要で、即座に生産に使用することができる。

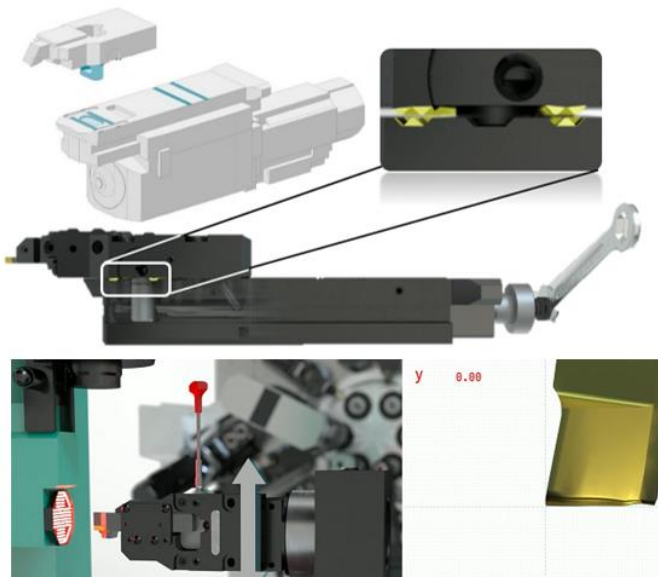


写真 4
上: インデックス W 溝ホルダクリックチェンジシステム
下: 刃物の機外プリセット(ねじによる Y 調整)

6. 難削材加工に適した機械構造とツールホルダ

6.1 高剛性の油静圧軸受の刃物台

MS シリーズは長手 Z 方向のクイルの移動に油静圧軸受を採用している(写真 5 左上)。転がり軸受が不要となり、ゆとりのあるクイル径を確保し、面当たりの油静圧軸受が高い剛性を実現している。Z 軸のクイルの上に X 軸のライドが搭載され、油静圧軸受の油膜が X 軸で発生する加工時の振動を減衰させ、加工能力を高め刃物寿命を向上させる。クロム鋼、ステンレス鋼、チタン合金などの難削材加工にも応える高剛性の機体構造である。

6.2 粗と仕上げ工具搭載のデュアルタレットホルダ

被削材の硬度が上がり、難削材になるほど、粗、仕上げの工程が増え、それに伴い必要となる工具本数も増加することになる。インデックスのデュアルタレットホルダ(写真 5 右上)は、粗、仕上げ用の工具を同一のホルダに搭載でき、工程に応じて必要な刃物を 180 度反転させ、利用することができる。これまで刃物 1 本で加工していた工程を 2 本で行うことで、刃物寿命を 2 倍に伸ばし、段取り回数を削減する。加えて、工具摩耗も抑制する為、部品の形状精度の安定性にも寄与する。

6.3 切粉の優れた排出性が生む安定した連続無人運転

一般的な多軸自動盤と比較すると、MS シリーズの加工エリアにはスライドブロックのない空間が確保されている(写真 5 下)。通常は Z 軸のスライドブロックがドラムキャリアの軸方向に配置され、障害物となっている。クロム鋼、ステンレス鋼等の被削性が悪い素材の場合、スライドブロックに切粉が絡みつき、刃物やワークに損傷を与えるリスクがある。特に難削材の場合、長時間の連続無人運転には、優れた切粉の排出性が不可欠である。

7. チャッカーと内蔵型ロボットで鍛造ブランクに対応
切粉を減らし、素材原価を低減させる試みは、棒材以外の鍛造を主としたブランクのニーズを高めた。MS シリーズはスライドブロックの機内の干渉物がない構造を活かし、鍛造ブランク用にチャッカー仕様で応え、多関節ロボットを内蔵し用途を広げてきた(写真 5 下)。ダブルグリッパで部品質量 1.2kg、MS22-8 の場合径 50mm の鍛造ブランクに対応し、主軸 8 本の内 4 軸ずつを利用した 2 個同時加工にも応える。

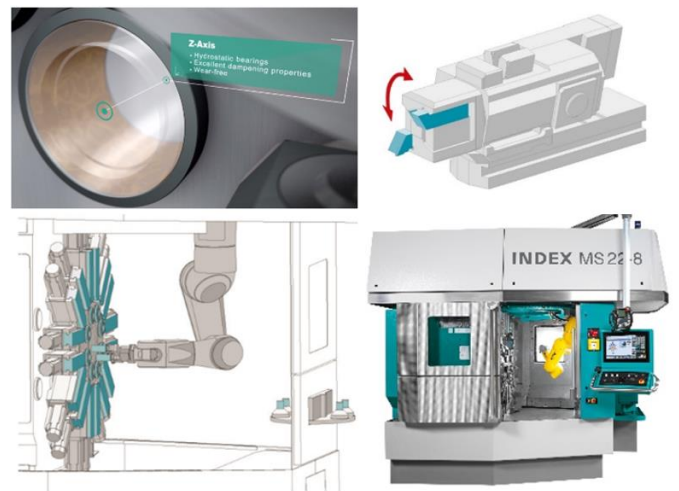


写真 5 左上: 油静圧軸受構造の刃物台

右上: デュアルタレットホルダ

下: 様々な部

品に柔軟に対応する多関節ロボットとスライドブロックがない加工空間

8. 加工事例の紹介

8.1 ワーク 1 スカイビング加工(写真 6 上)

MSシリーズは、多軸自動盤では困難とされてきた高能率パワースカイビングが選択肢になることで、よりの層のサイクルタイム短縮が見込まれる。

- ・棒材から全加工
- ・基本公差 IT6
- ・加工時間 18 秒
- ・加工機 MS24-6(6 軸)

8.2 ワーク 2 自動車向け継手 6 角棒材の加工 (写真 6 左下)

- ・6 角棒材から全加工
- ・材料 ステンレス鋼
- ・加工サイズ $\phi 23.4 \times L30\text{mm}$
- ・加工時間 26 秒
- ・加工機 MS24-6(6 軸)

8.3 ワーク 3 ステアリング部品鍛造ブランク(写真 6 右下) 多関節ロボットを活用し、ステアリング部品を鍛造ブランクから加工した事例である。

- ・鍛造ブランクから機械加工
- ・材料 合金
- ・加工サイズ $\phi 28.2 \times L80.5\text{mm}$
- ・加工時間 22 秒
- ・加工機 MS40-6(6 軸)



写真 6 上: ワーク 1 (パワースカイビング)

左下: ワーク 2 (6 角棒材)

右下: ワーク 3 (鍛造ブランク)

8.4 ワーク 4 ガソリンエンジン用バルブスリーブ(写真 7 上)

- ・棒材から全加工
- ・材料 ステンレス鋼(X4CrNiMo16-5-1)
- ・部品サイズ $\phi 13 \times L67\text{mm}$
- ・加工時間 14 秒

8.5 ワーク 5 ガソリンエンジン用アーマチュア(写真 7 下)

類似ワークや加工時間に大きな差異がない場合、6~8 軸の主軸の内、3~4 軸ずつを利用した 2 個同時加工が可能となる。隣り合う 2 軸で異なるワークを加工し、突っ切り後の背面加工は同期主軸スピンドル 2 式が担い、加工時間を短縮する。

- ・材料 SUS416
- ・加工サイズ $\phi 9 \times L7\text{mm}$
- ・加工時間 8 秒/2 個
- ・加工機 MS22-8(8 軸)の 2 個同時加工



写真 7 上: ワーク 4 (ガソリンエンジン用バルブスリーブ)

下: ワーク 5 (ガソリンエンジン用アーマチュアの 2 個同時加工)

9. おわりに

高い面積生産性と優れた加工性能を兼ね備えた MS シリーズは、「難削材複雑部品をワンチャックで短時間に加工する」設備として、お客様の手掛けるものづくりの差別化の鍵となるよう努めていきたい。

以上