

マシニングセンタにおける 段取り作業効率化の考え方と取組み事例

金型・部品加工業専門コンサルティング 村上 英樹*

本稿は、金型切削加工における段取り改善の重要性や必要となる考え方、具体的な取組み方およびツールなどについてまとめた。

一般的に金型の切削加工では、汎用フライス盤やNCフライス盤、マシニングセンタ（MC）などが用いられる。そのほかにジグボーラーなどもあるが、MCは各種の金型製作で最も使用頻度が高いと思われる。

また、近年は3次元設計の導入の増加に伴い、モデルデータを用いたCAMデータによるMC加工の割合が多くなっているため、MCの加工工程はより手離れを良くする必要があり、段取り作業の効率化は最優先の課題と言える。そのためMC加工における段取り作業の効率化では、いかに効果的に外段取り化を行えるかが改善のポイントになる。

段取り作業を効率化するためには

段取り作業には「内段取り」と「外段取り」の2種類がある。MCでは、サイクルスタートボタンを押して自動運転に入った状態を「機械が稼働している状態」と考える。その稼働状態を止めて行う段取りを内段取り、機械稼働を止めずに機外で行う段取りを外段取りと言う。

機械の稼働時間や稼働率を考慮すれば、外段取りにより、自動運転の時間をできるだけ減らさずに段取り作業を行うことが望ましい。そのため改善の切り口としては、機械を止めてしまう内段取りの作業を機械を

止めない外段取りにできるだけ替えてくことになる。

また、段取り作業の効率化は2段階に分けて考える。1つはワークをクランプするまでの作業の段階であり、もう1つは工具を交換する作業の段階である。

ワークをクランプするまでの 作業の効率化

ワークをクランプするまでの作業における段取りの効率化について、①内段取りだけの効率化、次いで②外段取りの効率化、③内段取りと外段取りの両方を組み合わせた効率化について順次紹介する。

1. 内段取りにおける段取り作業の効率化

ワークをクランプする作業では、ワークを固定する作業と樹脂ハンマーなどによる平行出しの作業があり、ワークの固定にはバイスを使う方法と締付けクランプを使う方法がある（図1）。

バイスによるクランプだとその後の平行出し作業が不要になるため、できる限りバイスでワークを固定する方が段取りの効率化には効果的である。㈱ナベヤから市販されているクランプシステムには長尺ワークに使用できるものがあり、こうしたツールを使用することで、従来は締付けクランプで段取りしていたような大きなプレートについてもバイスのような効率性で作業することができる（図2）。

また、1回で多くのワークを段取りする方が効率的だという考え方がある。その理由は、切りくずの掃除など付帯作業の回数を減らすことができることにある。ナベヤから販売されているバイス製品には、一度に複数のワークをクランプできるバイスが何種類かあるの

*Hideki Murakami：代表

〒448-0853 愛知県刈谷市高松町 5-85-2

TEL (0566) 21-2054

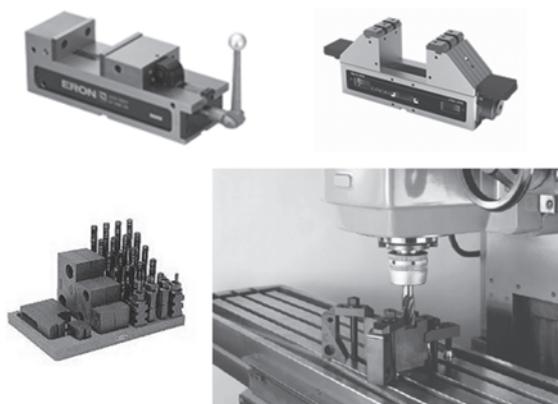


図1 ワークの固定にはバイス(上段)と締め付けクランプ(下段)の2つの方法がある [株ナベヤのHPより]

で、使用する MC の種類に合わせて用いるとよい。

筆者が技術支援する協和工業株(静岡県湖西市)では、図3(a)のように MC のテーブルサイズをフル活用して多数個のワークをクランプ(多数個掛け)している。

近年、超硬コーティングのドリルやエンドミルが主流になり、それらを用いた高速な加工条件により、小型の金型部品では1点当たりの自動運転時間が短くなっている。そのため、段取り時間に対して自動運転の時間が半分以下になってしまい、極端に作業時間のバランスの悪いケースが多くなってきた。

それに対して同社のようなワークの多数個掛けは、作業時間のアンバランスの是正として自動運転時間を

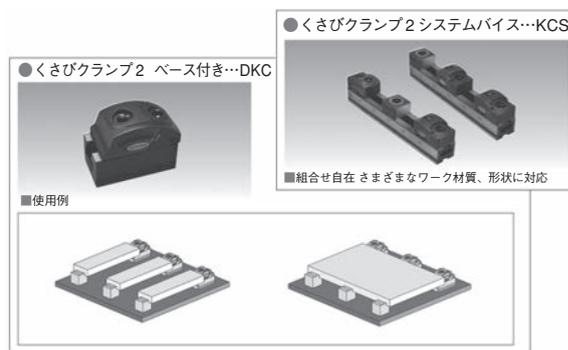


図2 長尺ワークに対応したクランプシステム (ナベヤのHPより)

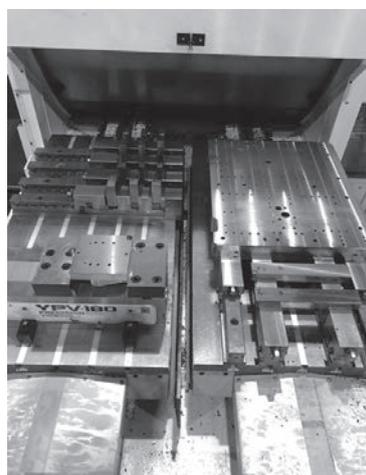
長く稼ぐための手段になる。ただし、金型部品は形状がまったく同じというものは少なく、一つひとつ厚みや寸法が異なるため、同じものを量産する部品加工メーカーの多数個掛けと比べて工具の長さに配慮する必要があるなど難易度が高くなる。

同社はCAMデータの作成時にグルーピングを行うなど、独自の工夫によってうまく対応している。一方、既述のように内段取りだけで改善するにはどうしても効率化に限界があるため、さらなる効果を得るためにも外段取り化は欠かせない。次に外段取りにおける改善事例を見ていく。

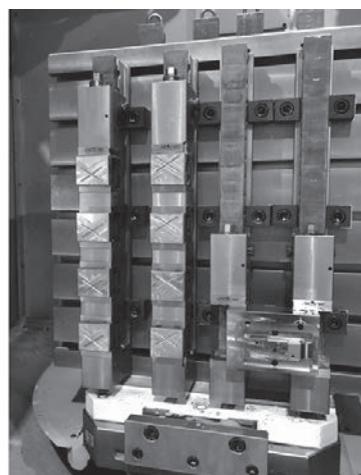
2. 外段取りにおける段取り作業の効率化

MCでの外段取り作業を効率化するために最も効果的なのは、パレットチェンジャー付き(以下、APC

図3 協和工業による多数個段取りの様子



(a) 立形 MC での多数個掛けの様子



(b) APC 付き横形 MC での多数個掛けの様子

付き)のMCを導入することである。量産部品を加工するメーカーでは従来から使用されてきたが、近年、一品ごとに異なる部品を加工する金型メーカーでも使用されるようになってきた。その背景には、有人による手動での切削加工からCAMデータによる無人加工が増えてきたことがあると思われる。

APC付きMCを使用することで、1つ目のテーブルで加工を行っている最中でもその加工を止めることなく、もう1つ別のテーブルで次のワークの段取り作業を行える。APC付きMCの導入に短所があるとすれば、1台のMCでありながら2台分の機械に匹敵する面積を占有してしまうことである。しかし、筆者が技術支援する(株)建和(愛知県安城市)ではブラザー工業(株)のAPC付きMC「R650X2」を導入し、同機の特徴であるAPC付きでありながらコンパクトで設置面積が小さいという長所を活かしている。

また、同社では同機の機内加工エリアを最大限に活かすため、オリジナルの段取り用治具を製作している(図4)。本治具はバイスではなく締付けクランプ方式でありながら、段取りのたびに平行出しをしなくても済むように工夫され、バイス段取りに匹敵する作業性を発揮している。

3. 内段取りと外段取りを組み合わせた効率化 —多数個掛けとAPCの組合せ事例

ここまで見てきた、多数個掛けとAPC付きMCを用いた効率化の組合せ事例として、協和工業の段取り方法を紹介する。同社では図3(b)のように(株)牧野フライス製作所のAPC付き型MC「a61nx」を使用しており、同機がもつ2つのテーブルの上に複数のバイスを搭載したイケールをそれぞれ設置している。これにより1つのテーブル上で、B軸でイケールを

回転させることで最大4面に配置したバイスにワークをクランプすることにより、一度の自動運転で一気に最大4つまで加工できる。

さらに1つ目のテーブルで連続加工している最中に、外段取りとしてもう1つのテーブルで同様のイケールに多面配置したバイスに多数個掛けの段取りを行うことができる。筆者は、外段取りの効率性においてはこの方法が最も優れていると考える。同社はこれにより夜勤体制を敷くことなく日中と夜間の時間を有効活用し、非常に高い機械稼働率を実現している。

工具交換作業の効率化

MCのもう1つの段取りである工具交換作業の効率化について述べる。工具の交換にかかわる作業としては、①マガジンに取りつけている工具の交換、②その後に行う工具長補正值の入力がある。なお工具径補正の入力については、すべての工具で行わないのでここでは割愛する。

1. マガジンに取りつけている工具の交換における効率化

ドリルやエンドミルの交換作業を効率化するためには、できるだけ刃先交換式の工具を使用することでミーリングチャックからの交換をなくすことが望ましい。それは、その後の工具長補正值を変更しなくて済むためである(一部のエンドミル仕上げ加工時を除く)。

従来、刃先交換式の工具は、ソリッド式と比較して取付け精度に劣るとされてきた。しかし、近年市販される刃先交換式工具には取付け精度の再現性が高いものがあり、荒加工だけでなく仕上げ加工にも十分に使用できるものがあるため、積極的に活用したいところである。

また、意匠面の仕上げ加工で用いるボールエンドミルに使用するミーリングチャックについても高い精度が必要であったり、小径エンドミルの場合には、焼ばめ式が従来から多くの場面で使用されてきたが、近年は油圧式のハイドロチャックに変更する金型メーカーが増えている。

焼ばめ式は高い振れ精度を得ることができ、段取り時の個人差による精度のばらつきも出にくいなど多くのメリットがあるが、エンドミルの交換時には加熱と冷却のための時間を要する。その点ハイドロチャックは、レンチによる交換作業で済むため、同程度の振れ

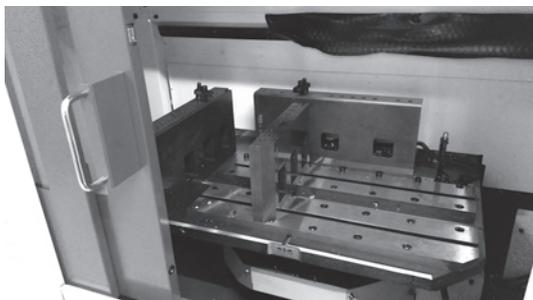


図4 建和オリジナルの段取り用治具



図5
工具の測定のための各種ツール
[大昭和精機(株)HPより]

精度でありながらもエンドミルの交換作業を速くすることができる。ただし、一般的には加工時における剛性はやや劣るとされているため、負荷の大きい加工では注意した方がよいかもしれない（一方で焼ばめ式より減衰性が高い製品もある）。

2. 工具長補正入力 of 効率化

工具長の測定では、従来、50 mm、100 mm といった一定のワーク上面位置を検出するツールやブロックゲージなどを使って測定していたが [図 5(a)]、この方法は 1 本ごとに手動操作で測定と入力を行うため効率が悪い。また、手動で操作することは、機械の自動運転を止めて行う内段取りになる。その点からも望ましい作業とは言えない。

そこで、同図(b)、(c)に示すような機外で測定できるツールプリセッタを用いることで、外段取り化を図ることができる。近年は非接触式により高精度かつ迅速に測定でき、また、金型部品の荒加工で用いられる多刃工具においても自動で測定できるものが市販されており、効率化に有効である。

ところが、このような外段取り化を阻む要因として、主に意匠面を高精度に 3 次元加工する場合に、小径工具を高速回転させることで熱をもった主軸が伸びて Z 方向が食い込んでしまうという現象がある。それに対して多くの金型メーカーでは、15 分、30 分と一定時間主軸を空運転することで暖機運転させている。このケースでは工具長を機外で測定することは適さない。

暖機運転が終わった直後に速やかに測定して入力することが望ましい。

こうした際は、機内で対応できる同図(d)に示すようなレーザー式非接触システムを使った自動測定が有効である。なお、基本的には新規の MC 導入時にしか設置できないものが多いが、システムによっては使用中の MC にも条件しだいで後付けできるものもあるため、こうした仕上げ加工を行う場合には活用したいところである。

☆

以上、MC における段取り作業の効率化について述べた。誌面の都合上バイス段取りを主体に述べたが、例えば締付けクランプによる作業であっても、牧野フライス製作所の MC に搭載されている「i セットアップ」のように自動で座標軸を回転補正する機能を利用することでも効率化を図れる。そのほか、自社の加工方法に適合すれば、ドイツ・ゼロクランプ社の「ゼロクランプシステム」や、シュンク・ジャパン(株)の「クイックチェンジ・パレットシステム VERO-S NSE3」なども効率化に寄与するはずである。

金型メーカーの読者には、今回紹介したような市販ツールをうまく活用しながら、より多くの形状・サイズのワークを一度に段取りできるような運用方法を工夫するなど、人のもつスキルを活かした効率化にもぜひ取り組まれることを期待している。