《展望・解説》

治具・クランプ技術の動向と展望
—フレキシブルフィクスチャリング—

Future and Trend of Jig and Clamp Technology

北村 義人

Yoshito KITAMURA

- 1936年12月生まれ
- 1959年明治大学機械科卒業。1964年日立精機(株)入社。専門は専用機設計
- 日立精機(株) (〒270-11 我孫子市我孫子1)

桜井征支郎

Seishiro SAKURAI

- 1938年5月生まれ
- 1961年富山大学機械科卒業。同年日立精機(株)入社。専門は専用機、治具設計
- 日立精機(株) (〒270-11 我孫子市我孫子1)

1. ま え が き

工作機械は、1950年代にNC工作機械が世の中に出てから今日までの40年間に、めざましい発展を遂げたが、工作機械と表裏一体である取付具は、40年前とほとんど変わっていないように見える。しかし、一つには、製品の高性能化、高信頼化への対応で、対象加工物の高精度化、形状の複雑化に応じた変化が見られる。

例えば、ビデオ、レーザ、コンパクトディスク、コンピュータ部品、科学計測器等、新しく出てきた高精度部品は、高精度の上、軽くて薄いものが多いため、加工精度にクランプひずみの影響を受けない、また、ビリを発生させないような取付具の研究改善が行われている^{(1)~(3)}。これらの保持例として、機械的3点固定法、真空チャック法、軟接着法等に加えて、近年、冷凍チャック法が開発され、実用化されている。この方法は、加工物形状に融通性があり、クランプひずみも受けずに、自然の状態で固定できる利点がある。また最大の欠点であった脱着時間も改善され、量産用取付具としても最近注目されている。

一方、自動車部品に代表される量産部品に対しては、近年ますます消費者の嗜好が差別化、高級化に進み、製品を供給する側も、消費者ニーズの多様化に対応するため、画一的な量産体制から多品種少量生産体制に移行してきている。

多品種少量生産といっても、トータル生産量はあまり変化がないため、品種の増えた分、専用ラインで平衡生産するか、または、フレキシブル生

産ラインで多品種をシリーズに生産する必要がある。しかし、製品のライフサイクルがますます短くなってきている今日、その都度、ばく大な改造費がかかる専用機よりも、数種類の加工物の混流ができ、さらに、将来の加工物変更にも柔軟に対応できる、フレキシブル生産システムを採用する機運が高まっている。

フレキシブル生産システムの条件は、加工のフレキシブル化、搬送、ローディングのフレキシブル化、そして、取付具のフレキシブル化が必要である。このうち、加工は、NC制御とか、ヘッドチェンジャにより、また、搬送、ローディングは、パレットとか、ロボット等によりフレキシブル対応が可能であるが、取付具は、加工物形状の変化の他に、刃具との干渉、加工精度との関係等拘束条件が多く、量産システムのフレキシブル化のネックになっているので、本稿では、量産システムにおける取付具のフレキシブル対応の現状について紹介する。

2. システム用取付具の動向

量産システムは、コストパフォーマンスを上げる意味からも、生産のフレキシブル化が必要である。

量産システムのフレキシブル化とは、いかにして、多種類の加工物を各加工機の加工位置に供給できるかである。パレット方式は、搬送基準と、加工基準の共通化が図れ、パレット上の取付具を交換することで加工物の融通性を持たすことができることから、最も一般的なフレキシブル対応方

式である。したがって、パレット上の専用取付具への加工物取付取り外し、クランプ、アンクランプ等をいかに、フレキシブルに対応するかが、量産システムフレキシブル化のポイントとなる。

3. パレット用取付具の種類

パレット用取付治具は、パレット自体が本体から分離して移動するため、クランプ装置の締付力はパレット内で保持する必要がある。その代表的なクランプ力保持方式としては、① ねじまたは、カムによるセルフロック方式、② アク्यूムレータによるクランプ圧保持方式がある。

3・1 ねじロック方式 ねじによるクランプ装置は、ねじのセルフロックにより締付力が保持できるため、パレット用クランプとして手動、自動を問わず多く使われている。図1はネジ式スイングクランプ例。

図1 ねじ式スイングクランプ装置

図2 油圧クランプ回路

ネジ締め付け方式の特徴

- (1) ねじがセルフロックするため、駆動源から切り放されても締付力が保持される。
- (2) 外部アクチュエータによりネジを駆動するため、締付力の調整が容易である。
- (3) 締付駆動は、自動、手動のどちらでも可能。
- (4) コンパクトで、高い締付力が得られる。

3・2 油圧クランプ方式 取付具のクランプ方式として、油圧によるダイレクトクランプ方式は最も一般的で、クランプ装置も多く市販されている。しかし、パレット用クランプ装置として使用する場合、クランプ圧保持はパレット自体で行う必要がある。図2はアク्यूムレータを使用した一般的な回路図を示す。図中のパイロットチェック弁はカブラ接続時の背圧を低くして接続を容易にする。

アク्यूムレータにはガス式、スプリング式があるが、スプリング式は、図3のようにクランプシリンダ内に組み込むことも可能である。

4. 補助クランプ

加工物の固定には、主クランプの他に、加工抵抗によるビリとか、変形を防ぐための補助クランプがある。

補助クランプの条件

- (1) 加工物に押し当てる力は加工物の姿勢を崩したり、変形させない範囲内の力で押し当てる。
- (2) 加工抵抗力に対しては十分な剛性があること。
- (3) 加工振動で支持プランジャの変位がないこと。

図3 シリンダ組込形アク्यूムレータ

補助クランプ機構の種類

- (1) クサビ単純機構形補助クランプ (図4)
- (2) クサビ-ねじ組み合わせ機構形 (図5)
- (3) クサビ-クサビ組み合わせ機構形 (図6)
- (4) クランピングスリーブ形 (図7)
- (5) コレット形補助クランプ (図8)

図4 単純クサビ形補助クランプ

図5 クサビ-ネジ組合形補助クランプ

図6 クサビ-クサビ組合形補助クランプ

5. クランプのフレキシブル対応

5.1 ねじクランプの場合 一つのシステムで数種類の加工物を加工する場合、加工物ごとに、クランプ箇所が異なることが考えられるため、ネジロック式クランプ装置の場合その都度、クランプの駆動源であるナットランナを、クランプ箇所に移動する必要がある。

図9は、縦横複数のナットランナの軸移動を

図7 クランピングスリーブ形補助クランプ

図8 コレット形補助クランプ

図9 NC制御電気式ナットランナ

NC化して、ねじ式クランプ装置の締め付けをフレキシブルに対応した例である。

5.2 油圧クランプの場合 ねじロック式と同様に、加工物ごとにクランプ箇所が異なっても、外部の油圧源と接続するカプラ部を、全パレット共通にすることによりシステムとしてのフレキシブル化が図れる。

6. 取付具用センサ

取付具のセンサは、大きく分けて、クランプ装置の動作確認用センサと、加工物の着座検知用センサに分けられる。

6.1 クランプ装置動作確認センサ

(1) トルク検知法 図1のナットランナにより作動させるネジ式クランプ装置において、クランプ確認は、ナットランナに取り付けられているトルクトランスデューサにより、締め付けトルクが必要設定トルクに達したことを検知し、さらに、近接スイッチ等で、クランプの沈み量を検知することで、トルクと動作検知を併用して、より確実にクランプ状態を確認することができる。

(2) エア導通検知法 エアの導通検知法は、取付具内のクランプ装置をエア回路でシリーズに繋ぎ、各クランプ装置の動きで、メカバルブが切り換わり、パレット外部から供給されたエアの導通を空電リレーで検知して、クランプ動作を確認する。

(3) 作動圧検知法 油圧クランプ方式でカプラのA、Bポートに圧力スイッチを設け、各動

作圧が設定圧に達したことで各クランプ装置が作動し、クランプしたことを、間接的に検知する。この方式はクランプ装置の作動抵抗のバラツキにより、不安定な面もあるが、簡潔で取扱いが容易であるため、パレット用クランプ確認として多く使われている。検知を確実にするためには、作動圧が高い方が望ましい。

(4) 伝送カプラ方式 各クランプ装置の動きをスイッチで検知し、伝送カプラを介してパレット外部へ無接点で信号を送る。この方式には同時に、複数の電気信号を伝送できるものもあり、パレットのような移動体の検出信号伝送手段としての可能性が広がった。

6.2 着座検知

パレット用取付具での加工物着座検知は、① 外部のセンサとの接続が容易、② 検知部が検知ノズルだけでコンパクトである、③ クーラントや、切粉に対して比較的強い等の理由からエア式圧力検知法が一般的である。図10は、代表的なエア回路図を示す。

着座検知は、通常、仕上げ加工面で直接検知するが、初工程加工などで鋳肌面が基準面になっている場合は、図11に示すような間接的な検知方法を採用することもある。

7. クランプ力と加工精度

軽量薄形加工物を数箇所クランプする場合、各クランプ装置が締め付けるタイミングと、締め付け力の強さにより加工物にひずみを発生させ、加工精度を低下させる。電気式ナットランナは、サーボモータにより、トルク法、角度法、同期締め付け等種々の締め付け制御が可能であるため、図1に示す

図10 着座検知回路

図11 間接着座検知装置

ような複数のネジ式クランプ装置を電気式ナットランナで同時クランプする場合、図 12 に示すように、締付け工程を二段に分けて、第 1 ステップで、低い認定トルクでのトルク変化と、設定時間により、各クランプの着座を確認した後、第 2 ステップで、各クランプ装置が同期締付け動作を行い、均等に本締めクランプを行うため、加工物のクランプひずみを少なくすることができる。

また、最終工程で、仕上げ加工を行う場合、前工程での加工による内部応力を取り除くため、再クランプする時も、電気式ナットランナは自由に、締め付け力の制御が可能である。

8. 加工物の識別

フレキシブル生産システムでは、各ステーションにおいて、動作を開始する前に必ず、加工物の識別が必要である。

加工物識別法は、システムの入口で目視または、自動識別装置で識別した結果をパレットの認識装置に登録する。以後、各ステーションにおける加工物の識別はこの認識装置より判別する。

パレットの認識装置は加工物の種類、簡単な加工履歴程度であれば機械的なドック方式で十分であるが、最近のようにシステムの自動化、高級化が進み、パレットが持ち運ぶ情報量が多くなると、機械的認識方式では賄いきれず、記憶容量の

図 12 電気式ナットランナ締付けトルク線図

図 13 加工物識別用 ID カード

大きい ID システムを採用する例が多くなっている。図 13 は ID システム式認識板を示す。図 14 は、ID システムによるパレット管理例を示す。このように ID システムによるパレット管理は、フレキシブルな加工対応だけでなく生産ラインの状態が的確に把握でき、多品種混流生産の適応範囲を広げることができる。

9. ま と め

取付具は加工精度を確保する上に最も重要な要素である。加工精度を保持するためには、結論的に、加工物ごとに最適な箇所をクランプする専用

図 14 パレット ID システム例

取付具になる。したがって、生産システムの生産に柔軟性を持たせるには、メーカー側としては、以上で述べたような専用取付具に対するフレキシブル対応に留まるが、一方、ユーザ側での製品設計段階で、商品設計だけに捉らわれず、生産技術的観点からも十分配慮した設計，すなわち，搬送基準，加工基準の共通化，加工の共通化，および，GT 手法による形状設計等が最も効果があると言える。

文 献

- (1) 星，難削材，薄肉部品加工の振動問題，機械と工具，26-6 (1982)，73.
- (2) 星・ほか，RC64 次世代工作システムに関する研究 研究成果報告書・II，(1984)，日本機械学会.
- (3) 星・ほか，振動解析による機械加工技術の向上，(1986)，工作機械技術振興財団.

(原稿受付 1994 年 6 月 13 日)