

# 半導体装置業界の精密/複雑加工に対応する 複合加工ツーリング

山田マシンツール 池堂 雄介

## 1. はじめに —— 部品製造業は半導体業界とどう向き合うべきか

本稿では機械加工を行う部品製造業の立場から、半導体業界とどう向き合えば良いかという点について述べていく。本稿で提示しているのは考え方の一つであり、全てのシチュエーションに当てはまるわけではない。しかし、これから半導体装置の部品製造に取り組みはじめる場面や、稼働している生産方法の改善を検討する場面などで参考としてもらえれば幸いである。

部品製造業の立場から見た半導体業界は、他業界と比較してどのような特徴を持つのであろうか？ 半導体製品そのものの製造に関しては、化学的処理がほとんどのウェイトを占め、直接的に機械加工を行う場面はウエハー切断など限定的である。このため部品製造業が半導体

業界に関わる場面の多くは半導体製造装置とその関連分野に関するものとなるだろう。最新の半導体製造工程はおおよそ600~1000工程ほどあるとされている。非常に多くの工程とそれに対応する専用装置によって成り立っている半導体製造は、極端に生産設備の種類と投資額が大きい装置産業である。

そしてもう一つの特徴は極端に技術変革が早い業界であるという点にある。もちろん他業界でも絶え間ない技術革新は進んでいるが、自動車の走行速度が60kmから急に600kmになるようなことはない。しかし、半導体業界では20年で配線幅(技術世代)が100nmから2nmに進化するような技術革新と、それに伴った生産方法の革新が実施されている。これは数年単位で工程の常識が大きく変わり、それに伴って製造装置の仕様が変更されることを意味している。

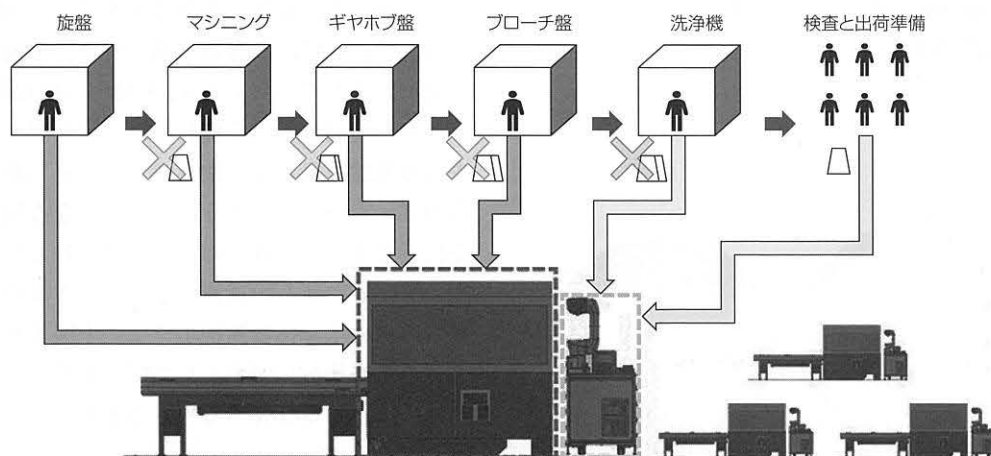


図1 SMAP工法と後工程の集約

このような業界特性を部品加工の視点から考えるとどうなるだろうか？

- 技術進展に合わせ大規模な需要が短期間に発生しやすい
- 製品ニーズが短期間で変遷する
- 常に高い精度と品質が求められる

こういった環境で部品製造の採算を合わせることは非常に難易度が高い。高精度な加工を短期間で立ち上げて量産する能力が求められつつ、たとえ短い生産期間でも利益を回収する必要がある。いったいどのような方法で対応するのが最良なのだろうか？弊社はこれに対する一つの回答としてSMAP工法を提案している。

## 2. スイス型自動盤への工程集約

SMAP工法とはSingle Machine All Processingの略称で、通常は複数の工程にまたがって実施する加工を1台の「汎用的な」設備に工程集約し完結させる考え方である(図1)。汎用的な設備として想定している設備にはマシニングセンタ、ターニングセンタ(複合旋盤)など様々なタイプがあるが、ここではスイス型自動盤を使用する例を紹介する。

スイス型自動盤はバーフィーダーを備えた主軸移動型の旋盤で、小型の高精度部品を無人量産するのに最適な設備である。近年は旋削加工だけでなく、ミーリングなどの複合加工に対応する機種も一般的になっている。

スイス型自動盤に工程集約することの意義は非常に大きい。まずバー材供給による無人連続生産とオペレーター人が複数台運用を行うことを前提とするスイス型自動盤は人手不足の時代に理想的な設備と言える。マシニングセンタや専用機を増設すると、併せてオペレータを増やすか、ロボットシステムなどを導入するなどの対応をとらないと効率的な運用ができない。スイス型自動盤は設備単体の増設でも生産能力を増強できる余地がある点に強みがある。

工程集約を行うことは、マテハン装置や仕掛在庫を削減することにもつながる。工程集約による別のメリットとして、次工程の治具段取りが不要となる点も挙げられる。スイス型自動盤



なるのは、旋削能力ではなく複合加工能力(ミーリング機能)の不足であることが多い。

山田マシンツールはこのような問題を解決するため、スイス型自動盤の複合加工能力を拡張するための高性能ツーリングを提案している。スイス製のPCM、ドイツ製のheimatec<sup>ハイマテック</sup>という2つのブランドを展開し、国内市場に供給している。

PCMは、スイス型自動盤発祥の地で長くツーリングを開発・供給してきた老舗ブランドである。各スイス型自動盤メーカー向けに、高性能で多様なラインナップのツーリングを展開している。

heimatecは複合加工用ツールホルダ専門のメーカーで、タレット型複合旋盤向けに幅広いツーリングを展開する老舗ブランドである。タレット型旋盤用のミーリングホルダで培った技術を活かし、近年スイス型自動盤向けのホルダもラインナップを拡充している。

以下で複合加工能力を拡張するツールホルダの例を具体的に紹介していきたい。

### 3.1 増速ホルダ

スイス型自動盤で複合加工の動力となるミーリングモータの出力は凡そ $6,000\text{min}^{-1}$ 以下の回転域にとどまる場合が多い。これは $\phi 5$ 程度の工具径であれば十分な回転速度となるが、例えば $\phi 1$ のドリル加工に換算すると、周速 $20\text{m}/\text{min}$ 以下の低速域にしかならない。このような周速は超硬コーティング工具の適正条件にマッチしておらず、切削抵抗が上昇し切屑の処理性能にも悪影響を与えてしまう。このため、スイス型自動盤では工具本来の加工能率と精度を引き出せず、高速回転に対応できるマシニングセンタに工程を分割してしまっているケースがある。

このようなケースで活用できるのが増速ホルダである(図2)。PCM、heimatecの各ブランドでは純正のツールホルダと変わらないサイズ感でありながら、最大4倍まで回転を増速して出力できる増速ホルダをラインナップしている。回転はホルダ内部のギアによって増速されるため、導入にあたって設備側の改造などは不要である。またギアによる増速なので、通常のミーリングのように回転数をNCプログラムで正確に制御

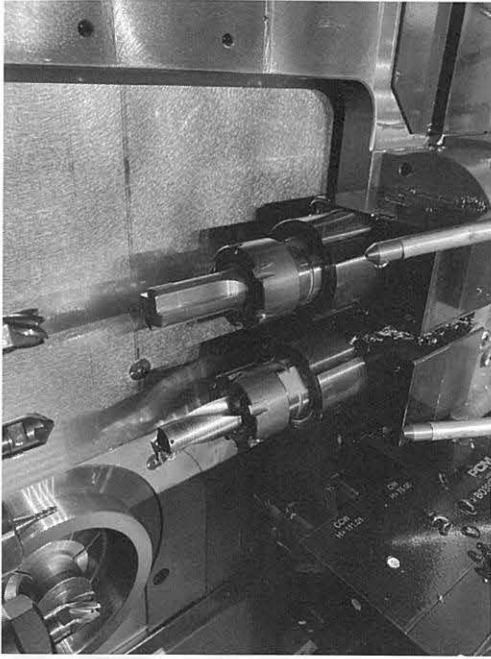


図3 ハイトルクホルダの装着例

でき、加工に必要なトルクも維持している。増速ホルダ自体はPCM, heimatec 以外にも展開しているメーカーが存在しているが、この2ブランドで特筆すべきはその精度維持能力である。高速回転に対応するツールを成立させる上で、最も難しい要素の一つは内部機構の長期保護にある。ミーリングホルダは常に切り屑や切削油に晒されながら停止と回転を繰り返すので、完全なシーリングが非常に難しい。停止状態では回転機構を密封しないと切削油などが侵入し、逆に高速域では接触式のシーリングは早々に摩耗してしまう。

PCM, heimatec の各ブランドは、それぞれ独自の技術開発により長期間損耗しない内部機構の保護技術を成立させている。ノーメンテナンスでも長期間にわたり加工精度の維持ができる点で他メーカーより傑出した性能を誇っている。微細な複合加工への対応能力を獲得することで、複雑かつ高精度な部品も1台の設備で量産対応できるようになる。

### 3.2 ハイトルクホルダ

増速とは逆の変速活用として、ギア減速によるミーリングトルク上昇も可能だ。スイス型自

動盤は搭載できるモータサイズが限定されているだけでなく、ツーリングのサイズ制約や動力伝達機構の制約によって高トルクの複合加工には対応できない場合が多い。特に大径のドリル加工やタップ加工に対応できないケースがある。ギア減速によって、入力トルクよりも出力トルクを上昇させることができるハイトルクホルダは、この問題を解決することができる(図3)。ハイトルクホルダを用いることで、スイス型自動盤内でSKD11のワークにφ16の横穴加工を行うなど、従来は不可能と思われていた加工も実現できている。

### 3.3 内部給油ホルダ

マシニングセンタではロングドリル加工を行う際には内部給油(クーラントスルー)を多用するが、スイス型自動盤では回転工具で内部給油に対応できるツールホルダは少なく、特に国産ホルダではほとんどラインナップされていない。

PCM, heimatec の各ブランドでは10Mpa以上の高圧クーラントを併用できる内部給油対応ミーリングホルダを供給している(図4)。これらのホルダを使用すればロングドリルなどでもステップングなしの高効率加工を実現することができる。また内部給油を行うことで刃具寿命の延長や、加工面の面粗度向上などの効果も見込むことができる。

### 3.4 ホブホルダ

先に例を挙げた各ホルダは自動盤のミーリング能力を純粹に強化するタイプだが、それ以外に機能拡張を行うタイプのホルダも存在する。その一例としてホブホルダを紹介する。ホブホルダは自動盤内でギアやスプラインなどの精密な歯形状を加工できるホルダである(図5)。ホブホルダにマイクロホブを装着することで、ホブ盤やギアシェーパーなどの専用機を用いずとも、スイス型自動盤でギア加工を完結させることができる。スイス型自動盤にホブ加工を統合することは単に生産効率を向上させるだけでなく、精度面にもメリットがある。ワンチャック加工を行うことによってギアとシャフト/穴との同軸度が担保できるため、より振れの少ない高精度なギアやスプラインを製造可能になる。

実際、機械式高級時計の中心地であるスイスでは多くのギアを自動盤によって製造している。

以上の例はほんの一部で、他にも様々なタイプのホルダを展開しており、いずれもスイス型自動盤の生産性と加工範囲を拡張することに貢献する。このようなツーリングを活用することにより、変量多品種で高精度要求の半導体装置部品の製造も効率よく行うことができるようになるはずだ。

#### 4. おわりに

半導体装置用の部品加工は変量多品種／複雑形状／高品質と対応すべき項目が多く、高難度の仕事である場合も多い。しかしながら、この

ような要求は日本の製造業にとってチャンスでもある。単なる大量生産のスケールとコスト競争では中国や東南アジア諸国との真っ向勝負は難しい。しかし、変量多品種を高品質に製造するという製造技術面での競争には日本の製造業にも十分に勝機があると思われる。本稿の提案のように汎用設備への工程集約をベースとした生産方法を確立すれば、人手不足や人件費の高騰などの影響を最小限に抑えながらも生産性を上げていくことが可能となる。また変量多品種・複雑形状への対応を汎用設備でこなせる技術は、半導体装置以外の分野にも広く展開することができるはずである。

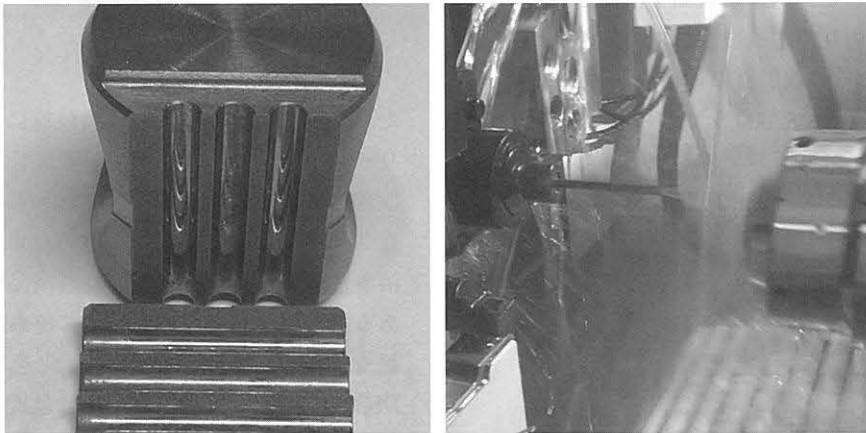


図4 内部給油ホルダと深穴加工

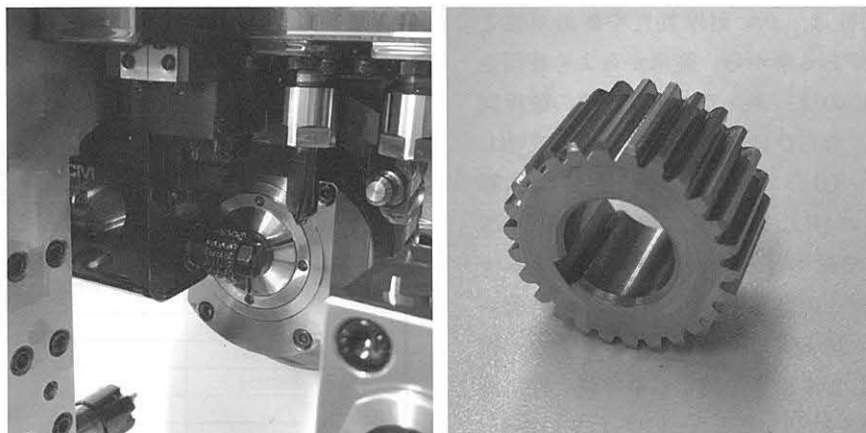


図5 ホブホルダとギア加工