

精密情報機器などのファインメカ製品にとって、高機能化技術および高精度化技術は特に重要な技術である。また、小型・軽量化も、製品のコストパフォーマンスを向上させる面で期待されている。部品一体化や最終形状を1工程で実現する精密成形技術は、高度の精密部品精度を保証できることから、その実現手段として効果を発揮している。これらの技術を製品に適用していくには、製品設計、材料選択、製造技術それぞれが密接に連携を取り合うことが必要である。ここに示すハードディスク装置および家庭用ビデオの事例は、いずれもこれら3者の協力、改善によって実現されたものである。

In order to meet consumers' requirements, technologies for achieving higher performance and higher precision are becoming increasingly important. In the field of precision information tools such as hard disk drives and household VCRs, or so-called fine mechanism products, downsizing and weight reduction are expected to enhance cost-performance.

Recently, fine forming technologies have realized smaller tolerances for high-precision parts which can be formed into the final shape through one process, making it easy to produce such parts economically. It is important to have simultaneous coordination among product design, material selection and manufacturing technologies, since they mutually influence each other.

This paper describes examples that were realized through close coordination among the technologies in these three areas.

1 まえがき

ファインメカ製品は、情報を再生したり記録再生する機能をもつものが多く、メディア、駆動要素とセンシングの組合せを基本とする。しかし、これを使う立場に立てば、軽く、美しく手ごろな値段がさらに要求される。ファインメカ製品の基本仕様、付随仕様をすべて満たすためには、設計技術に加えて生産技術の支援が重要である。その中で、精密成形技術は、むだな部品を省き、製品を軽量化することのできる基本的な技術である。

情報機器における記録密度の向上は3年で4倍以上であり、記録の基本単位であるビット当たりの寸法は1ミクロン以下となってきた。したがって、製品を構成する要素はそれに対応する精度を実現しなければならない。精密成形では、材料の選択、性能の確保、品質の保証が重要であり、製造装置と製造プロセスの最適化が必要不可欠である。

ここでは、精密成形応用の事例を述べ、ファインメカ製品の進歩を支える技術を紹介する。

2 成形技術を応用するための課題と対策

2.1 材料の選択

樹脂材料は、軽量、複雑形状物が正確に一体成形できるなどの他の材料とは異なる特長をもっており、なかでも、その熱可塑性を利用したデザインの自由度および成形の容

易性が際だっている。

ところが、これらは見かたを変えると大きな欠点ともなる。伸びが大きく柔軟であることは寸法安定性の悪さ、熱加工が容易であることは熱で簡単に変形することを示すことになる。樹脂材料の最大の課題は、金属材料に比べて強度が低いことと精度が出にくいことであり、樹脂材料に要求される最大のポイントは強度と靱(じん)性をできるだけ金属に近づけたいというものである。材料面でのこの欠点を補うためには、樹脂材料の特質を生かしながら、充てん剤、添加剤をくふうして必要な特性を強化、改良する方法が一般的に行われている。

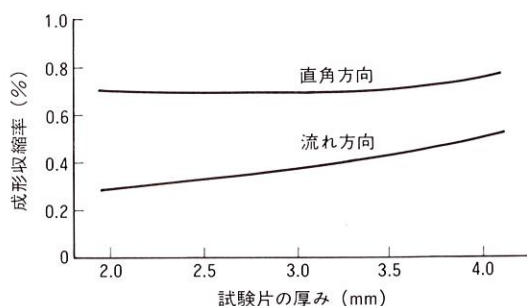


図1. 繊維入り PPS 樹脂の成形収縮率⁽¹⁾ 樹脂の流れ方向により収縮率に差があり、厚みによって変化する。これが製品のひずみの要因となることがある。

Mold shrinkage ratio of fiber-reinforced PPS

たとえば、スーパーエンブラ(超エンジニアリングプラスチック)と言われて、利用が増えているPPS(ポリフェニレンサルファイド)樹脂は、もろいことと低粘度であるためにばりが発生しやすいという弱点をもっている。もろさの改善には、ガラス繊維などの添加が行われている。もろさが改善される反面、繊維材料の添加で、図1のように樹脂の流れ方向によって成形収縮率の差が大きくなり、部品形状によっては変形、倒れなど成形品の精度を低下させる現象が発生する。そのため、精密機構部品の樹脂化では、それに見合った設計が求められる。材料の選択にあたっては、次のことなどを同時進行的に繰り返して、総合的に判断し、最終選定をすることになる。

- (1) 部品の要求仕様検討(優先度の判定, 許容値の拡大)
- (2) 材料とメーカー選定(強度, 精度, 摺(しゅう)動性, 熱変形温度, 導電性, 表面状態などを判断)
- (3) 成形加工面での判定(精度の実現性, 寸法ばらつき, 二次加工性など)
- (4) コスト試算

2.2 設計技術

設計はシンプルを理想とする。消費者にとって性能はその製品を評価するもっとも重要なことのひとつである。製品設計者は求められる機能をいかに高い性能で実現するかを描く。そのうえさらに作りやすい設計すなわち生産設計を試みる。消費者に適切な値段で良い商品を提供するためには生産設計は非常に重要なことである。精密成形は最終形状を一つの工程で実現するきわめて経済性の優れた製造法である。まず、設計にあたっていかに少ない部品点数で構成するかを考える。部品を二つ以上に分ける目安は次の四つといわれている。

- (1) 相対運動をする部品どうし
- (2) 機能上、材料を変えなければならず結合方法が限られているもの
- (3) はずさないとの中の部品が組み立たないもの
- (4) 製品寿命よりも寿命の短い交換対象の部品

この観点から実際の製品を観察すると、まだまだ一体化できる部品は数多く残されている。

成形部品は金型を転写することでできる。しかし、前項でも述べたように、材料の特性から収縮変形で金型とはやや異なる形状に仕上がるものである。収縮が方向性をもつため、設計では予想と実際が近い形状をできるだけ選択する。具体的には、肉厚を統一するとか、精度の“逃げ”を準備する。残留応力のできるだけ少なくなる形状を選び、時間とともに変形する度合いを減らす。

性能を左右する部品の精度には優先順位がある。もっとも厳しい精度を要求する部品とそうでない部品とを峻(しゅん)別し、性能への影響がもっとも重いものから慎重に扱う。性能への影響が理論計算では求められない場合は実験で確

かめるか、シミュレーションで予測する。条件がふられても重要な寸法精度には影響が少ないロバスト設計を採用する。

2.3 製造技術

成形加工の良否を左右する要因は大きく分けて六つあると考えている。材料、製品設計、金型、成形機、成形条件、および計測評価である。最初の二つは2.1および、2.2節で説明したとおりである。最近ではモールドフローや熱冷却などシミュレーション技術は急速に進歩してきた。予測する精度を左右する大きな要因は材料のデータベースである。有機材料は、結晶性が非結晶性、分子の大きさ、添加物、温度、履歴などにより材料特性が変化する。流動性、収縮速度、収縮率、比容積が物質固有の値ではなく、温度や圧力の関数である。シミュレーションでは時間に依存したダイナミックな変化をとらえることが必要となり、高度な技術が要求される。

金型は、キャビティと呼ばれる製品形状を決定する部分の形状や表面の粗さをいかに精度よく作るかが重要である。金型は設計がきわめて重要であり、金型の素材の選択、樹脂を注入するゲートの数や形状、冷却方法、抜きこう配の設定など開発要素は多い。金型の製造技術は、複雑な形状をいかに能率よく高精度に加工するかにかかっている。三次元CAD/CAMの活用、超精密加工機による研削加工などが最近では重要な武器となってきている。

成形機は、経過時間に応じた高精度の圧力、容積、温度の制御が要求される。成形条件は材料の環境依存性が高いだけに、つねに同じ条件を繰り返すことの難しさがある。条件のわずかな“ばらつき”が材料特性の変化をもたらし、加工された部品の精度や品質を劣化させる原因となる。

計測評価は、製品設計段階で計測方法を考えておくことが原則である。形状が自由曲面で形成される製品が増えると、光学部品のように、直接に光学的な性能評価を行うことも必要となる。品質を保証するためには、効率よく全数を検査できる仕組みを考えることが望ましい。信頼性確認のためのランニングテスト、環境試験などは欠かせない。

3 家庭用ビデオに応用した事例

3.1 スライドの樹脂化

スライドとは、テープへの信号記録・再生を行うため、テープをカセットから引き出し、回転するシリンダに無阻なく巻き付けるためのもので、ビデオの性能を左右するテープ走行に大きく影響を与える部品である。スライドは可動部材であり、固定された位置では高い精度が要求される。従来は亜鉛ダイカストで製作し、精度を必要とする重要な穴および嵌(かん)合部分は、切削などの二次加工で仕上げていた。テープを一定圧力でシリンダに押しつけるために、

強度、および軸の保持角度の精度が重要で、樹脂化段階ではPPS樹脂を選択した。特に、傾斜ガイド軸と称するステンレス軸の角度の精度保持には細心の注意を払い、軸を圧入する穴の傾き精度は±10分の要求を満たす結果を得ている。図2にその内容を示す。

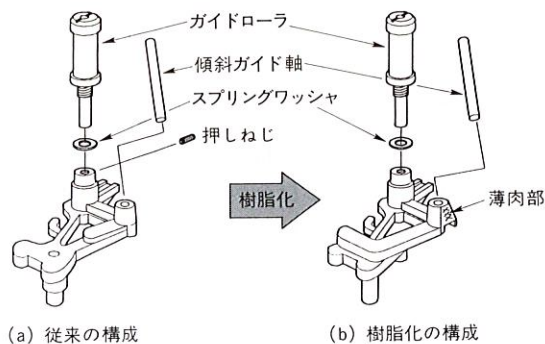


図2. ビデオ用スライダの樹脂化 亜鉛ダイカストと切削の二次加工で製作していたスライダ(a)を二次加工をなくして樹脂成形し、組立での押しねじの削減なども実現した(b)。

Molded slider of VCR

強度を確保するため、また、テープとの摺動で発生する静電気が信号系などに悪影響を及ぼさないように、カーボン繊維を添加して導電性を得ている。軸の圧入で樹脂部が無理に変形させられ、軸の傾きにばらつきが出るのを防ぐために部分的に薄肉部を設けるなどの設計改善を取り入れている。樹脂化する場合に、その精度が従来のダイカスト部品に比べて悪化することを予想し、部品の精度がテープの走行にどれだけ影響するかをシミュレーションで確認し、実験機での実証実験も含めて、事前確認をした。テープの張力分布を変えることなどによって、傾斜ガイド軸の傾きは従来の精度の2倍まで許容できることがわかった。

ガイドローラ部分の高さ調整後の固定方法も、従来の横からの押しねじによる固定を軽い圧入に替えて、部品削減による信頼性の向上を達成した⁽²⁾。

3.2 シリンダモータステータの薄肉成形

3.1節の事例と同時に開発し、実用化したシリンダモータ用ステータコアの薄肉成形(アウトサート成形)の事例を図3に示す。従来、粉末焼き付けによって作られていた絶縁皮膜形成を樹脂化することでそのプロセスを削減した。同時に、ハイブリッドのモータを構成するため、印刷基板にステータを取り付けるためのホルダを一体成形することによる精度向上と形状の自由度を増やすことが大きなねらいである。薄肉成形をするための樹脂の流れのよさと、印刷基板に取り付けてはんだディップする工程を通すことから耐熱性、また取付精度を維持するため、寸法安定性に着目してPBT(ポリブチレンテレフタレート)樹脂を選定している。

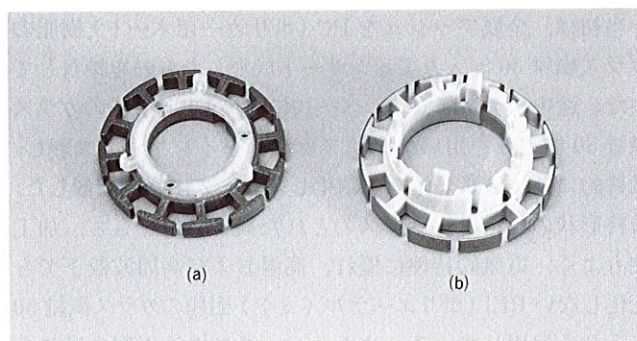


図3. ビデオ用モータステータのアウトサート成形 粉末焼付塗装で被膜をしていたステータ(a)を樹脂成形で被膜をつくり、取付脚も一体化した(b)。

Molded stator of VCR motor

経時変化、温度変化の少ない材質安定性についても考慮した。精密に打ち抜かれたモータコアの外周に0.3mm(一部0.4mm)の被覆部を形成している。

材料の流れがよいことから発生しやすいばりを防ぐために、コアとの合せ箇所など、金型は精密に加工し、成形の段階ではゲート数の検討など成形条件の最適化を行った。

4 ハードディスク装置に応用した事例

4.1 ベースのねじインサート/アウトサート成形

ハードディスク装置(HDD)をパソコンなどに組み込むときに、装置のノイズ対策として電気的に絶縁して取り付ける必要があります。その対応のためにベースの取付ねじを樹脂インサート成形した事例を図4に示す。

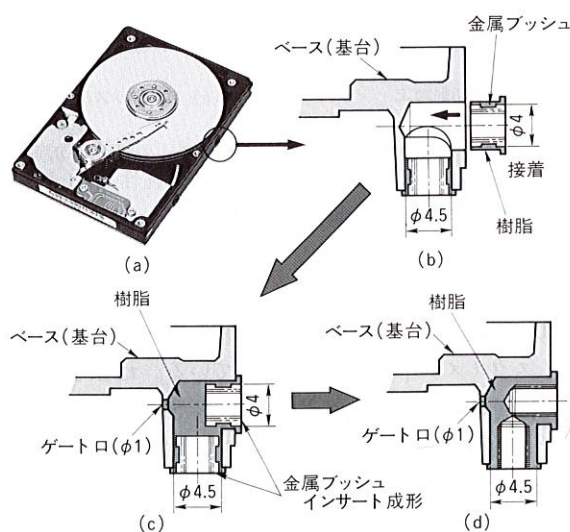


図4. HDD用ベースのねじの成形 取付ねじ部(a)を接着(b)からインサート成形(c)へ、そしてねじ部全体を樹脂化(d)した。

Molded mounting bush of HDD main base

当初は、金属ブッシュをPC（ポリカーボネート）樹脂のガラス繊維30%入りでインサート成形したものを接着していた。途中ステップでは、ベースに直接PBT樹脂のガラス繊維30%入りを用いて金属ブッシュをインサート成形し、最終的にはねじ部全体を樹脂化し、ベースに直接成形した。最終形状の材料はバランスのとれた機械特性をもち、加工性もよく、電気的特性に優れ、高温および高周波数下でも変化しないPEI（ポリアーテルイミド）樹脂のガラス繊維50%入りを採用している。また、ベースは洗浄工程を通すために、耐薬品性も必要で、数種の材料を比較実験して材料を決定した。

成形では、ベースの内側にゲートを設けて、射出する方式を採用している。ばり、はみ出しの防止のために、金型の嵌合寸法は高精度に製作している。この結果、接着では避けられなかったねじ位置のばらつきなどの精度上の問題が解決できた。

4.2 ディスク押さえのプレス化

上述の3例は樹脂成形によるものであるが、プレス成形での事例を図5に示す。

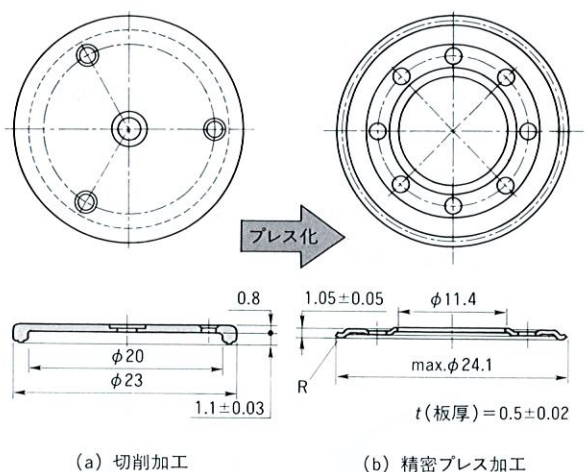


図5. HDD用ディスク押さえ ディスク押さへの製作を切削加工(a)から精密プレス加工(b)に替えて、工程の削減と量産性の向上を図った。
Stamping of pressed disk clasper for HDD

HDDでは、ディスク押さえを使用してスピンドルモータにディスク（メディア）を取り付けている。ねじで固定する構造で、その押さえ圧力を均一にするために、ディスクに接触する部分の平面度は0.05mmという高い精度が要求されており、従来は、精密切削加工によってアルミ素材から部品を製作していた。

この事例は、工程の削減と量産性の向上をねらって、ば

ね材を用いてプレス成形によって代替したものである。金型の精度を上げること、絞り工程で周囲の材料の影響を受けないようにするなどのくふうでディスクと接触する部分の平面度を獲得している。部品設計面でも、断面形状を改善して強度を維持するとともに、ばね性を安定させるなどの施策を取り入れた。材料の板厚の管理も重要な項目となっている。

5 あとがき

ファインメカ製品を支える精密成形技術の一端を紹介したが、情報記録技術の進歩は今後も著しく、軽量化、高密度化の傾向は続くと考えられる。それを支える部品加工技術では、金属材料と有機材料の使い分け、複合材料の生かしかた、より微細な機能部品の製造が必要となる。素材を最終形状にむだなく作りあげる成形技術は今後もその要求にこたえていかなければならない。そのためには、剛性や強度、耐熱性などに優れた性質をもつ金属材料を対象とするファインブランキングや精密冷間鍛造の応用が望まれる。また、部品によってはより耐熱性が高く収縮率の小さい樹脂材料の精密成形の技術の進歩が期待されている。

光技術の進歩で表面粗さがナノメートルオーダの光学部品が、パーソナルユースのファインメカ製品にすでに多く組み込まれている時代である。部品製造の技術は製品性能の進歩に応じてつねに努力を続けている。製造技術の中でもニアネットシェイプ実現の成形技術はもともとコスト競争力が強く、消費者に高性能製品を低価格で提供できる技術である。また、材料および工程の削減は省資源、省エネルギーの時代の要請にもこたえることができる。

文献

- (1) シグマ出版編集部：知っておきたい樹脂特性、プラスチック成形技術、9, 1, p.90 (1992)
- (2) 森長 薫, 他：家庭用ビデオのメカニズム技術、東芝レビュー、49, 7, pp.507-510 (1994)



山本 義彦 Yoshihiko Yamamoto

生産技術研究所技監。
ロータリコンプレッサ、ビデオの精密加工技術、生産システムの開発に従事。日本機械学会、精密工学会会員。
Manufacturing Engineering Research Center



渋谷 寿一 Juichi Shibuya

生産技術研究所プロジェクト担当主任研究員。
音響機器の開発設計に従事。日本機械学会会員。
Manufacturing Engineering Research Center