事例8

高付加価値な光学素子を実現する金型加工技術

共栄エンジニアリング㈱
佐藤　大*

当社の微細加工技術への取組み

当社は、切削加工をコア技術の一つとし、試作部品製作から金型設計・製造・射出成形まで、一貫して対応可能なメーカーである。部品製作では、独自のインナーカム加工技術による鏡筒などのカメラ部品や、難削材加工での航空機、自動車の内燃部品、医療でのインプラントと、幅広い分野で多くの実績をもつ。また、金型・射出成形でも、レンズなどの光学素子をはじめ、カメラ関連、自動車、医療などの幅広い分野において高い評価を得ている。

一方で、当社のモノづくりには、まったく分野の異なる音響事業部があり、音響の信号処理による収音・再生などの技術開発を行っている。この独自の音響技術と加工におけるモノづくり技術を融合した自社ブランド「Cear」では、Bluetooth スピーカー「pavé（パヴェ）」（図 1）や小型ステレオマイクロフォン「DOMINO 2MIC」などの新しいコンセプトをもつ製品をリリースしており、それら製品に使用される樹脂製筐体部品などは、自社で金型製作から量産成形まで行っている。

微細加工への取組みは 2009 年から行ってきた。当初は自社の研究開発として、光学的に配置されたマイクロドット形状の導光体金型製作をテーマにスタートした。通常は電鋳反転で製作されるケースが多いが、当社は最初のステップとして、既存設備［ボールねじによる高精度マシニングセンタ（MC）］で凸形状を直接削り出し、どこまでの精度が達成できるか？　のチャレンジから実施した。

結果的には、加工した円形状が 90° 等分で微小にずれるボールねじ特有の現象が生じるなどいくつかの課題が残り、既存設備では限界があるとの判断に至った。しかし、この取組みでさまざまな現象を具体的に理解できたことは、後の加工技術開発に大きく役立っている。

その後、2011 年に、東芝機械㈱製「UVM-450C」の 5 軸仕様を本社工場（新潟県阿賀野市）へ導入した。導入後はさまざまな光学素子形状に対応するため、加工だけではなく金型設計から射出成形、測定まで、部署を横断し連携した取組みを行い今に至る。

本稿では、当社の微細加工技術の特徴や光学素子部品の最近のニーズなどを紹介する。

*Hajime Sato：ナノテクノロジー生産技術センター
センター長 執行役員
〒959-2311　新潟県新発田市荒町甲 1209-3
TEL（0254）28-7575

図 1　Bluetooth スピーカー「pavé（パヴェ）」

微細加工に特化した ナノテクノロジー生産技術センター

当社が微細加工機を導入した当初は、工場内の環境や周辺設備が十分ではなく、また工場近隣の環境による振動問題などもあり、対応に苦慮するケースも少なくなかった。一方でニーズは年々、より高精度、より複雑形状へと変化し、対応していくためには、微細・鏡面加工に適した環境整備と、より高精度な加工設備、その加工精度に対応した測定機の導入が必要と判断した。

2013 年に旧・本社工場（新潟県新発田市）を改修工事し、新たに振動対策を施して恒温室を設置するとともに新設備も導入。微細加工に特化した工場として、ナノテクノロジー生産技術センターを 2014 年よりスタートした。高精度かつ大型サイズへの対応を目的とし、プレシテック社製の非球面加工機「Nanoform700 ultra」を新たに導入した。合わせて測定設備も導入し、体制を整えた。

その 1 年後には㈱ナガセインテグレックス製の超^{2}精密 6 軸加工機「NIC-700」を導入し、より複雑な微細形状への対応を可能とした。2017 年には東芝機械の「UVM-700（5AD）」を導入し、既存の UVM-450 C2 台と合わせ、加工設備は計 5 台となった。

微細・鏡面加工技術の特徴と 金型への適用実績

光学系部品の金型製作においては、主に下記の微細加工技術を適用した提案と対応を行っている。

1. 超精密微細溝加工技術

微細な溝形状を形成する加工技術であり、ミーリングなどの回転工具による加工とプレーナ（図 2、シェーパー、ヘールなどともいう）加工と呼ばれる、バイトによる引き切り加工を主に用いる。ディスプレイの導光板や、インナーレンズと呼ばれる自動車クリアランスランプの導光体における微細レンズカットを形成するために適用し、金型製作の実績も多い。

ミーリング加工とプレーナ加工は、主に微細溝のサイズで使い分ける。配光効率を考慮した光学設計により、年々、微細溝の幅やコーナー R のサイズは微小化傾向にある。そのため、ミーリング加工ではより小径の工具での加工が必要となり、高精度の安定した高速スピンドルと長時間安定した機械精度が必須となる。

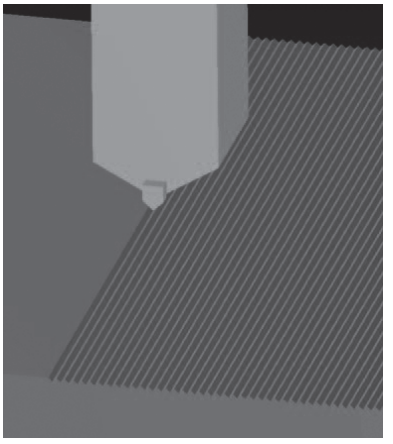

図 2　プレーナ加工のイメージ図

プレーナ加工は、ミーリング加工では困難な微細な溝幅や形状（V 溝など）、要求精度の高い面粗さなどに対応するために適用する。切込みや切削ピッチが数 μm 以下と微小なため、これもまた高精度な加工機による対応が必須となる加工方法である。

2. 超精密 6 軸加工技術

MC の場合は、回転工具であるため、XYZ の直線 3 軸に加え、回転・傾斜の 2 軸を付加した 5 軸仕様により、その可動範囲内であれば工具はどの方向へも切削しながら送ることができる。しかしプレーナ加工では、バイト工具のために工具自体は回転せず、工具の切削方向はその向きで決まってしまう。そのため、工具の向きを切削方向に制御する軸が必要であり、当社はそれに対応した超精密 6 軸加工機を導入している。6 軸加工機による金型加工の実績としては、自由曲面形状への曲線溝加工（図 3）がある。これは 5 軸プレーナ加工では対応できない代表例である。

3. 非球面加工技術

高精度撮像系レンズなどで多くの実績をもつ非球面加工では、さまざまな加工・測定技術が必要となる。加工では、4 軸制御により、ダイヤモンドバイトの一点だけを使用し加工を行うことで、高精度を実現するシングルポイント加工や、ワーク側 C 軸と工具側各軸動作を高精度に同期・制御し、非軸対称や自由曲面形状を実現する STS（スローツールサーボ、図 4）加工などがある。また補正加工では、製作した金型や成形品の測定データをもとに補正加工を行うが、測定方法も含め、さまざまなノウハウやアプリケーションが

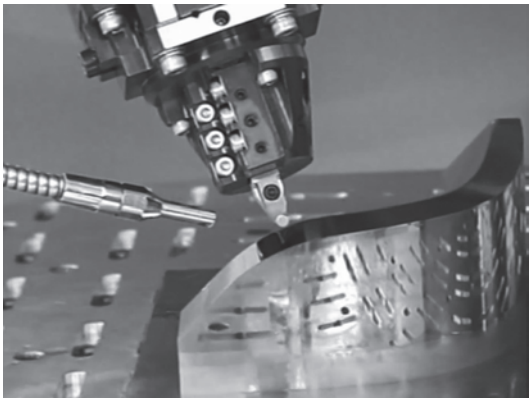

図３　６軸加工機での自由曲面形状への曲線溝加工

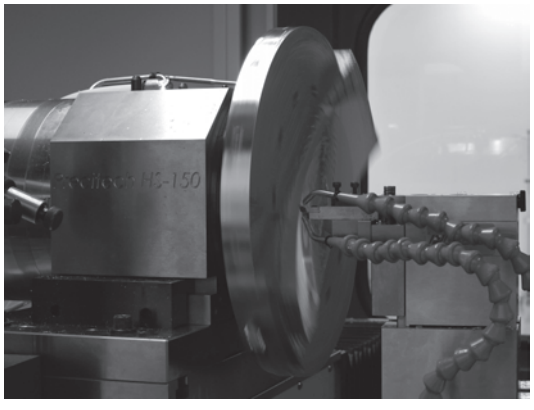

図４　STS（スローツールサーボ）加工

必要である。

最近の撮像系レンズでは、サイズにもよるが、形状精度が P-V 1μm 以下、粗さでは Ra 1 nm 以下と非常に高い精度が要求される。

4. 楕円振動切削

微細および鏡面加工では、単結晶ダイヤモンド工具での加工が必要であるが、鉄など鋼材に対しては、工具との親和性が高く、摩耗が著しいために加工困難となる。そのため光学金型では、鋼材に厚膜の Ni-P めっき層を付加し、その層を加工して形状を形成する方法が一般的である。

これに対し楕円振動切削は、加工困難な鋼材に対し単結晶ダイヤモンドでのダイレクト切削を可能にする技術（**図 5**）であり、当社では、すべての微細加工機で対応可能である。この加工に対するニーズとしては、Ni-P 金型における煩わしいメンテナンスの回避や、高熱が加わるガラス成形用金型の駒加工などがあり、

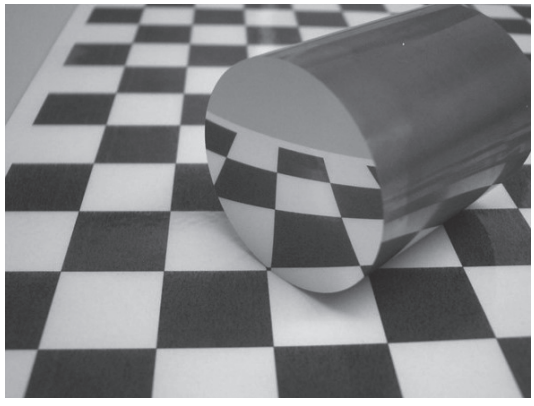

図５　楕円振動切削による焼入れ鋼へのダイレクト鏡面加工

当社での実績は多い。

最近の光学素子部品・金型への顧客ニーズ

1. 車載レンズ（撮像系レンズ）

今後の普及が見込まれる ADAS（先進運転支援システム）や電子ミラー（E ミラー）には、撮像系レンズをはじめとした光学素子が使用される。特に、自動認識などの機能をもったセンサ用レンズは、高解像度と耐久性が求められるため、現在はガラスレンズが多い。しかしコストなどの問題もあり、レンズ用樹脂素材の開発と併せ樹脂化に向けた開発が行われている。

樹脂レンズでは、高い形状精度や表面性状の要求に加え、複雑な非球面や自由曲面の形状などが多く、金型における形状加工や補正での難易度も高い。また、レンズ面間の偏心なども光学的性能に影響するため、金型自体にも特殊な構造とノウハウが必要であり、構成部品にも高い精度と機能が求められる。

2. HUD 関連部品

HUD（ヘッドアップディスプレイ）は年々投影面積が大型化する傾向にある。今後の表示スペース拡大と情報の増加へ向けた対応と推測される。

当社では、大型サイズをターゲットとした設備ラインナップに加え、豊富な実績から形状や精度などを考慮し、STS やプレーナ加工、ミーリング加工などから最適な加工方法の提案が可能である。

一方で、同じ HUD 部品でも、投影ユニットは小型化が望まれている。これは自動車のインパネなどに搭載されることもあり、省スペース化が重要課題のため

である。投影面積の大型化と合わせて、さまざまな光学レンズの開発が行われており、撮像系レンズと同様に形状補正などの技術やノウハウが必要である。

3. 自動車灯体関連

自動車の灯体においては、ヨーロッパを起点に DRL（デイタイムランニングランプ）の普及が進んでいることも影響し、車体のフォルムに合わせ、灯体のデザイン性も高くなり、複雑で精度の高い導光体が開発されている。例えばフロントからサイドに回り込むなどのデザインとなっており、内部に組み込まれる導光体も、ねじれながらカーブしたり、折れ曲がったりと、複雑な形状となっている。微細溝もそれらの形状に倣い、ピッチや角度が可変する数千本の溝が光学的に配置されている。

このような微細形状の加工には、同時多軸制御によるプレーナ加工が適しており、加工設備に加え、加工を高精度に指令する NC プログラムが必要となる。これには光学設計データを基として作成するなどの手法が必要である。当社では独自開発したソフトウェアも含め、NC プログラムを作成するプロセスを構築しており、試作・金型ともにすでに多くの加工実績をもっている。

一方で PES レンズと呼ばれるヘッドライト用厚肉レンズでは、従来、丸型の非球面に配光用のレンズカットが入ったタイプが主流であったが、最近は角型などのタイプが増え、レンズカットだけでなく、マイクロレンズなどの形状をもったタイプに代わってきている。

また別のタイプのヘッドライトでは、反射鏡構造のパラボラタイプと呼ばれるリフレクタタイプがコスト面で有利なことから、増加傾向となっている。どちらも撮像系レンズなどと同様に、やはり高精度な微細加工技術と測定・補正技術が求められる。

課題解決に向けた今後の展望

今回紹介した微細・鏡面加工方法以外にもさまざまな加工方法があるが、すべてに共通している課題として、単結晶ダイヤモンド工具における摩耗の問題がある。ダイヤとはいえ、加工により徐々に摩耗が進行し、粗さや精度に影響を及ぼす。また仕上げ加工時に途中で工具交換を行うと、その個所から面品位に差異が生じてしまい、機能や見た目に影響し、金型・製品としては許容されない。また工具は高価であり、コストにも大きく影響する。よって摩耗をいかに少なくし、的確に管理するかが重要となる。

ダイヤモンド工具メーカー各社からは、面方位に合わせて設計された耐摩耗性に優れた工具が販売されているほか、単結晶以上の硬さをもつ住友電気工業㈱のナノ多結晶ダイヤモンド工具などさまざまな工具が開発されている。今後はこれらの工具がもつ特性を活かし、独自の切削加工技術の開発に取り組むことで、より大面積に、より均一に、より高精度・高品位な加工を実現させ、さまざまな光学関連の開発に微力ながら寄与していきたい。

『プレス技術』10月号　★好評発売中!!　定価1420円（税込）
特集 新素材加工の活路を開くサーボプレス
■総論
●サーボプレスの現状と新素材の成形が可能なマルチ機能……日本大学　高橋　進
■解説
●新素材加工へのサーボプレス活用動向……小松技術士事務所　小松　勇
●サーボ駆動スクリュープレスを使用したCFRTPの高速成形……榎本機工　榎本良夫
●β型チタン合金変形プロセス可視化による加工モーションの最適化……シャルマン　木原武志
●アルミとCFRTPの加工事例に見る新素材加工におけるサーボプレス活用……コマツ産業　河本基一郎
■実践レポート
●超ハイテン材からチタン、アルミの冷間加工まで蓄積した加工情報をもとにサーボプレスを使いこなす……服部板金工業
■機能解説
●油圧サーボプレス「Majestic」と軽金属の鍛造成形……エムエイチセンター　青山　進、青山　剛
●デジタル電動サーボプレス「SDEシリーズGORIKI」の特徴と活用事例……アマダマシンツール　横地勝美
●アルミ材におけるサーボプレスラインの有効性……アイダエンジニアリング　渡邊　哲
●卓上サーボスクリュープレスによる振動加工……微細加工研究所　伊藤國吉
■加工事例
●多層薄膜フィルムの半抜加工……放電精密加工研究所　橋本祐一
●アルミインパクトプレスによる産業用高機能センサカメラの筐体……藤川金属工業　藤川浩史
●マルチマテリアルミックスの絞り加工によるEV用バッテリーケース……The MOT Company　済藤友明
◆Interview　モノづくり革新の旗手たち
•独自の精密温間加工でプレス加工の新たな市場を開拓する
――㈱寺方工作所　代表取締役社長　寺方泰夫 氏
日刊工業新聞社　出版局販売・管理部　☎03(5644)7410