

TOPICS

ガラスの延性モード切削

1. はじめに

デジタルカメラに代表されるデジタル家電とよばれる商品群は、モデルチェンジの周期が早く製品ライフサイクルが年々短くなってきており、開発や試作等の時間も短縮が求められている。これらに使用されるレンズは、小型・高機能が求められるために非球面形状が多用されている。ガラスはレンズ材料としてプラスチックより優れた光学的特性を持っているが、硬く割れやすい性質のために加工が困難である。現在、非球面ガラスレンズは主にガラスモールド（高温プレス）で量産されているが、プレス成型用の高精度で高価な金型の製作が必要となる。ガラスへ割れやクラック等が発生しない切削加工（延性モード切削）が可能になると、試作のような少量生産には、金型が不要で非球面形状を創成できるCNC（Computerized Numerical Control）超精密旋盤による切削が有効な加工方法と考えられる。所内で開発した超精密旋盤を用い、ガラス製光学機器等の切削による加工を目標に、ガラスの延性モード切削に関する研究を進めている。

2. 加工装置

ガラスは「硬くて脆い」性質から容易に脆性破壊が発生する材料である。しかしながら、工具の切取り厚さが $1\mu\text{m}$ 以下の極めて微少量（臨界値）であれば、割れのない滑らかな切削（延性モード切削）を行うことが可能となる。良好な加工面を得るには切込み量または工具の切取り厚さを臨界値以下に維持する必要がある。この厳しい条件を達成するには、剛性が高く、位置決め精度の優れた超精密加工機が要求される。

本研究で用いる超精密旋盤は、レンズ金型の切削用に国内光学機器メーカーと開発した装置のプロトタイプである（図1）。石定盤をベッドに使用したX-Z直交二軸タイプの正面旋盤で、空気静圧スピンドル、油静圧スライド（X軸水平方向真直度： $0.08\mu\text{m}/100\text{mm}$ ）を備えている。制御装置はパソコンNCを使用している。性能向上のため、開発・改良は現在も進行中である。

3. 旋削によるガラスの切削

代表的な光学ガラスであるBK7を

被削材とし、単結晶ダイヤモンド工具を使用して実験を行った。その結果、BK7ガラス円盤に延性モード切削（ 1.9nmRa ）を実現したが、工具摩耗が激しく、切削距離が6m程度で逃げ面に幅約 0.03mm の摩耗が発生した。硬度差から判断すると機械的摩耗とは考えられず、化学反応による摩耗であると推察されたので、加工雰囲気を低酸素（窒素、アルゴンガス雰囲気）に調整し、加工実験を行った。その結果、工具摩耗が大幅に抑制され、窒素雰囲気では約 0.01mm の逃げ面摩耗幅で切削距離は約24m、アルゴンガス雰囲気も同様に約 0.01mm の逃げ面摩耗幅で切削距離が約16mとなった。しかしながら、ガラスの切削仕上げの実用化を検討できるレベルには達していない。

ガラスと化学反応を起こさない工具材料として、ダイヤモンドの次に硬度が高いcBN（Cubic Boron Nitride：立方晶窒化ホウ素）に着目し、バインダレスcBNを用いて実験を行った。ダイヤモンド工具と同一の加工条件で実験し、延性モード切削に成功した。また、工具逃げ面の摩耗は観察されず、工具先端に切りくずが付着していた（図2）。他のcBN工具、コーティングcBN工具等でも延性モード切削は可能であったが、工具摩耗は発生した。これらの実験により、光学ガラスBK7の旋削においてバインダレスcBNの耐摩耗性は単結晶ダイヤモンドより優れていることが確認された。

4. フライカットによるガラスの延性切削

回転工具を用いたフライカットは、図3に示すように切取り厚さと工具切込み量の値は大きく異なるため、臨界値を大幅に超えた切込み量でも延性モード切削による仕上げが可能となり、能率の向上が期待できる加工方法である。このフライカットを行うために超精密旋盤を改造し、主軸にツールホルダ、X軸スライドへ工作物吸着用の真空チャックを取り付け、加工実験（被削材：ソーダ石灰ガラス、工具：超硬合金K10）を行った。その結果、クラックのない深さ $15\mu\text{m}$ の溝を一回の切込みで実現し、フライカットの有効性を確認した。



図1 超精密旋盤

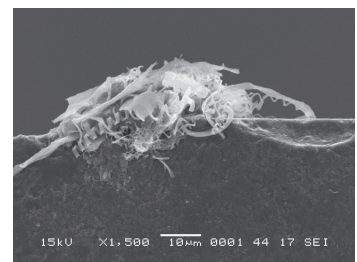
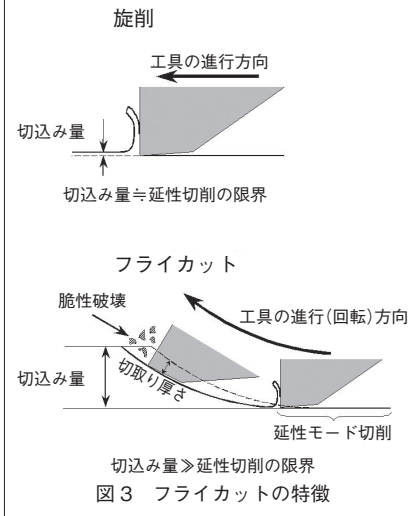


図2 ガラスの切りくず



5. おわりに

開発した超精密旋盤を用いて光学ガラスBK7、ソーダ石灰ガラスへ旋削とフライカットを試み、延性モード切削を実現した。フライカットは旋削の数十倍の切込み量で延性モード切削（ $0.1\sim 0.5\mu\text{mRa}$ ）が可能であり、効率的なガラス切削の手法である。フライカットの加工メカニズムは、切りくずの観察から延性切削と脆性破壊の混在であることを確認した。今後は加工面精度向上に着目して研究を進め、ガラス製光学機器等の切削仕上げ実用化を目指す。

（原稿受付 2008年1月18日）

〔飯塚 保（財）機械振興協会 技術研究所〕