

CNC卓上フライス盤によるガラス、樹脂部品の加工紹介

工作部門 ガラス工作室 明都 茂、門脇 英樹

1. はじめに

近年、研究・実験の多様化によりガラス板やセラミック材への機械加工の依頼が増えてきた。従来、ガラス工作室ではボール盤やハンドグラインダー等で対応してきたが、これらの機器では精度が高い部品や複雑形状の部品の加工には限界があった。そこで、平成15年3月に、図1に示すCNC(Computer Numerical Control)卓上フライスを導入した。

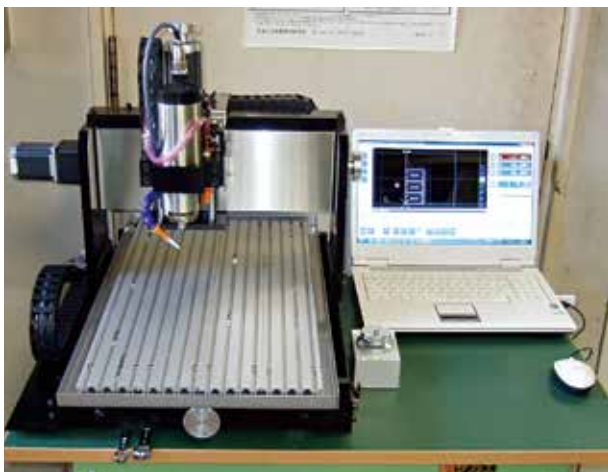


図1 CNCフライス

フライス盤は機械加工では一般的に広く使われている工作機械で、工作部門の機械工作室にもNC機を含む数種類のフライス盤が導入されている。構造の違いにより幾つかのタイプがあり、今回ガラス工作室に導入したCNCフライス盤では、テーブルに固定された工作物を、高速で回転する主軸(切削工具)がZ方向(上下)やX-Y方向(左右-前後)に移動することで切削加工を行う。手動操作型の汎用フライス盤は、縦横高さ方向にそれぞれ直線

的な加工だけを行なうが、CNCフライス盤は縦横高さの移動をコンピュータ制御のステッピングモーターで三方向同時に制御して曲線的な加工ができる。また、工具の回転数、移動経路、移動量、移動速度なども正確に数値制御されるので、複雑な形状、曲線や曲面を加工することが可能である。更に、同一加工品を繰り返して何度でも加工することができる。加工範囲は250×400×65mmと広範囲で、ガラス加工としては比較的大きな加工品にも対応可能である。切削工具は様々な加工や材料に対応するために多種多様な回転工具が販売されている。通常、金属や樹脂の切削加工には図2に示すエンドミルを使用するが、ガラスやセラミック等の硬脆材料の加工には図3に示すダイヤモンド工具を使用し研削加工する。エンドミルは刃物構造で工作物を切りながら加工するが、ダイヤモンド工具は砥石で、表面の微細なダイヤモンド粒によって工作物を削り取って加工する。ダイヤモンド工具はその特性上高回転で加工を行うため、工具や加工部が過熱状態になり工具損傷や加工精度低下の原因となる。また、潤滑や切り屑を除去する必要があるため、十分な量の加工液(水)をかけながら湿式で研削する。本機では加工中の加工液の飛散防止と回収のために、図4に示すトレーを設計・製作してテーブルに固定した。トレーはアルミニウム製で内側の寸法は横幅210mm奥行き480mm深さ55mm、底にはステップクランプ固定用のスタッドボルト用ネジ穴が119ヵ所設けてある。

以上のような設備により従来困難であったガラス材やセラミック材の高精度、複雑形状の加工ができ



図2 エンドミル各種



図3 ダイヤモンドツール各種



図4 トレー

るようになった。以下にその加工品の一部を紹介する。

2. 加工例 長穴加工

図5に示す石英ガラス板への貫通長穴加工の委託加工を行った。これまでも丸穴加工は可能であったが、長穴加工は不可能であった。委託内容は、透明石英ガラス板 $35 \times 20 \times t2$ の四隅にボルト固定用の貫通丸穴を4カ所、中央に貫通長穴を1カ所加工し、工作数は3枚であった。

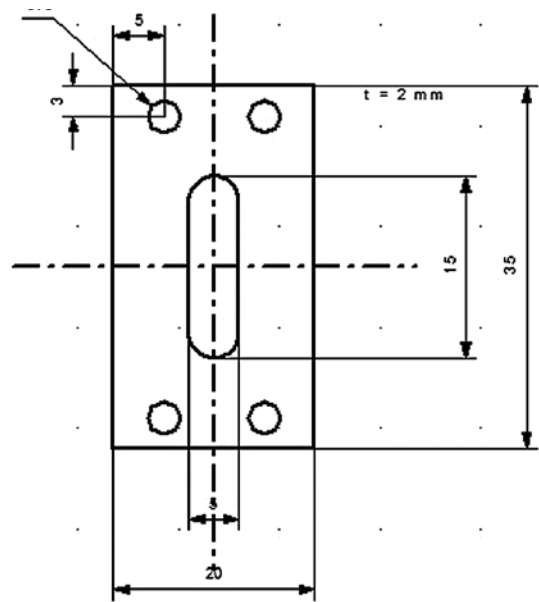


図5 印刷図面

2.1. 加工図面の作成

最初にパソコンのCAD (Computer Aided Design) ソフトウェアを使用して加工図面を描いた。依頼者が作成したCADデータを基に、加工材料のサイズや工作数、加工時間の効率化等を考慮し、加工用の図面を検討した。今回の加工材料は、規格品の透明石英ガラス板 $100 \times 100 \times t2$ を使用した。加工効率と歩留まりを上げるため3枚まとめて加工を行えるように考慮し、図6に示すように材料左下に3枚の加工品を並べた加工図面を描いた。

加工図面作成後、細部を確認して問題が無けれ

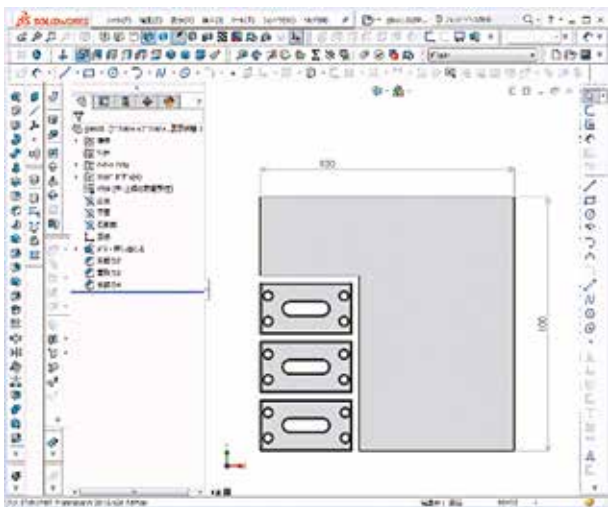


図6 CADソフト加工図面作成画面

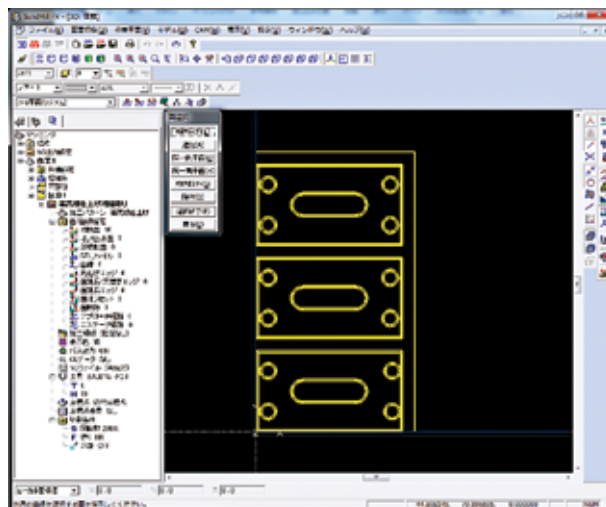


図7 CAMソフト設定画面

ば加工用 CAD データをファイル出力する。

2.2. NC データ作成

次に出来上がった加工用 CAD データから、パソコンの CAM (Computer Aided Manufacturing) ソフトウェアを使用して加工プログラムを作成した。CAM ソフトは CAD データから CNC 工作機械を動かす加工プログラム (NC データ) を作成するためのソフトウェアである。加工用 CAD データを図 7 に示すように CAM ソフトウェアに読み込ませ、加工原点、工程パターン、工具形状、回転速度、切削速度、加工範囲等を入力した。それぞれの設定は加工時間の短縮と段取りの削減が行えるよう考慮した。今回の加工には図 3 の左にある R1.5 のボールダイヤモンドツールを使用した。このダイヤモンドツール 1 本で貫通丸穴、貫通長穴、外形加工、C 面取りまでの全ての工程に対応でき、工具交換の必要はない。設定終了後、図 8 に示す CAM ソフトウェアのシミュレーション機能を使い、加工のシミュレーションを行う。この機能は NC データを実際の加工前に、アニメーションで全ての加工工程を確認できる。加工結果はオブジェクト表示され便利な機能である。不具合があれば表示されるので各設定を再検討する。

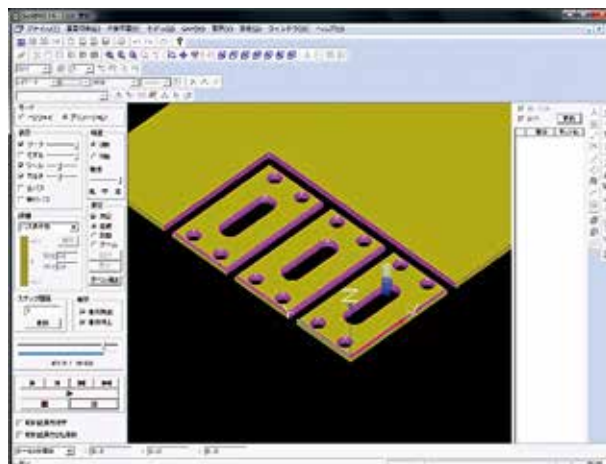


図8 CAMソフトシミュレーション画面

シミュレーションに異常が無ければ NC データを出力する。NC データは数値でコンピュータを制御するためのプログラムである。命令と原点を基準に X 軸 (左右)、Y 軸 (前後)、Z 軸 (高さ) の座標値をどれだけ移動させるかを繰り返し指令するテキストファイルである。今回の加工による命令・指令数は図 9 に示すように約 100,000 に及ぶが、パソコンが NC データファイルを書き出す時間は 5 秒程度である。

No.	命令・指令
1	%
2	(BALLTC-3.0mm)
3	T0M06
4	T0
5	G91G43H99Z0
6	G90S20000M03
7	G17X0.133Y0.133
8	Z0.1G01Z0.F100
9	X0.094Y0.176Z-0.003
10	X0.06Y0.224Z-0.006
	・
	省略
	・
99613	G01Z-0.039
99614	Y97.175Z-0.139
99615	Y69.
99616	X-0.613Z-0.142
99617	Y97.175
99618	G00Z5.
99619	X0.Y0.
99620	M05
99621	M30

図9 NCデータ

2.3. 加工作業

CNC フライス盤にはノートパソコンが接続されており、フライス盤を制御する CNC ソフトウェアがインストールされている。図10に示す CNC ソフトウェアを立ち上げNCデータを読み込ませた。データを読み込みながら本機の仕様で加工が可能か画面上でシミュレーションを行う。画面には加工のアニメーションが順次表示され、終了後には加工工具の軌跡が残る。

工作物は、図11に示すように台座のガラス板に仮固定剤で接着し、ステップクランプで台座のガラス板をトレー内に固定した。

工作物の加工原点を NC データ上で設定した加工原点と同じ場所に入力する。CAM ソフトで設定した R1.5のボールダイヤモンドツールを主軸に取り付け、図12に示すように加工液を出し加工を開始した。

R1.5のボールダイヤモンドツール 1 本で貫通丸

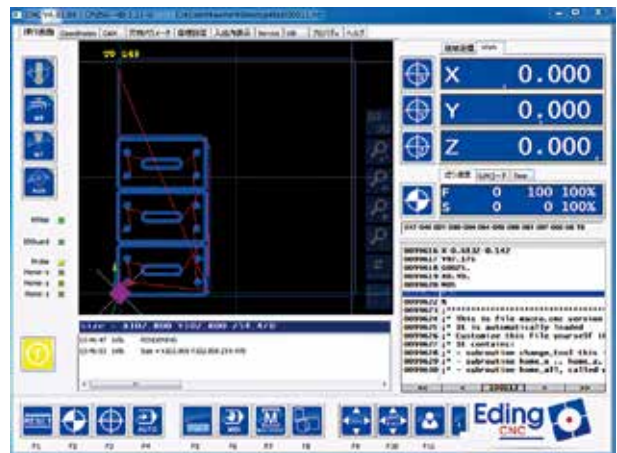


図10 CNCソフト画面



図11 工作物の固定作業



図12 加工中

穴 4 ヲ所、貫通長穴、外形仕上げ、面取りまでの全工程をコンピュータが自動制御し加工を進めた。加工時間は約 3 時間であるが、自動運転のため作

業者の作業拘束時間が短縮される。全ての加工終了後、台座に仮固定された工作物を剥がし図13に示すような製品が完成した。

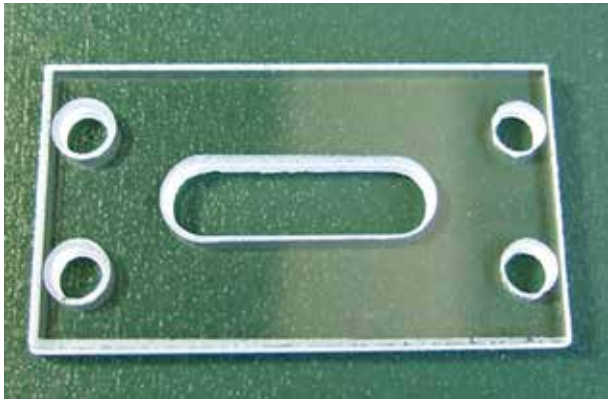


図13 完成品

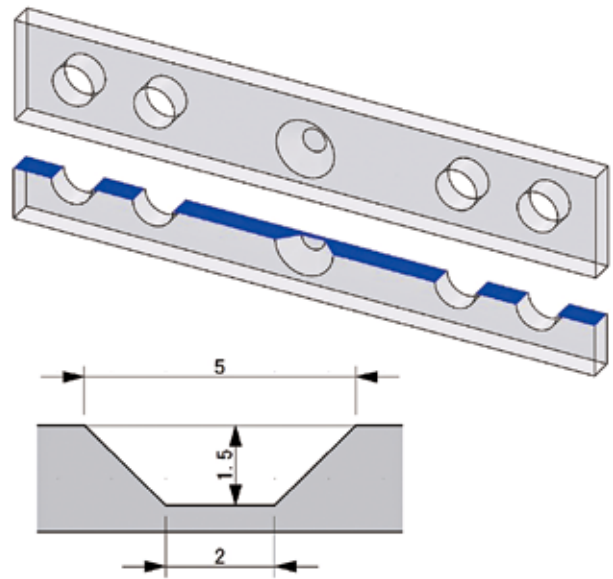


図14 CADソフトによる3D画像

従来の設備ではこのような長穴加工は不可能であったが、CNCフライス盤導入で穴の形状や大きさを自由に設定して簡単に製作できるようになった。

3. 加工例 テーパー穴加工

ガラス板へのテーパー穴加工の委託加工を行った。支給品のBK7ガラス板(50×50×t2)の一边を13mm×3枚と8.9mm×1枚に切断し、中央にテーパー穴が1カ所、両端に貫通丸穴φ3.2を2個ずつ加工した。テーパー穴は入り口の直径5mm、深さ1.5mm、底は直径2mmの平面で、図14に示すようなすり鉢状の形状をしている。

手書き図面による依頼であったため、図15に示す加工図面をCADソフトウェアで描いた。

材料は50mm×50mm×t2のBK7ガラス板が2枚で、各々から4枚ずつ材料取りした。加工工程削減のため、材料2枚を縦に並べて台座に仮固定して加工を行った。これにより8枚分の加工がひとつの工程となり時間と手間が省けた。加工手順は、最初にCNCフライス盤で穴加工とテーパー加工を行った。この加工では2種類のダイヤモンド工具を使用した。穴加工にはスクエア型ダイヤモンドツ

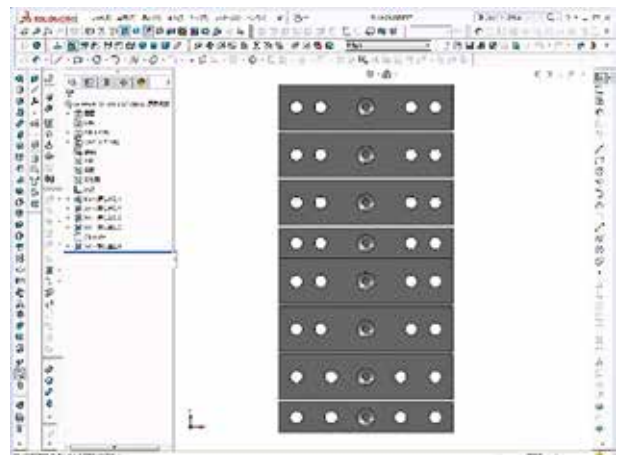


図15 CADソフト加工用図面作成画面

ルφ1.8を使用して加工をした。穴加工終了後、主軸は工具交換のために所定の位置に移動し一時停止する。テーパー加工にはボール型ダイヤモンドツールR0.9を設定したので、交換後に再スタートした。CNCフライス加工終了後、高速精密切断機でそれぞれの大きさに切断加工を行い、図16に示すような完成品が得られた。

テーパー加工は縦横高さ方向を同時にコントロールする必要があり、手送りの機械では限界があった。CNCフライス盤は、コンピュータ制御で三方向を



図16 完成品

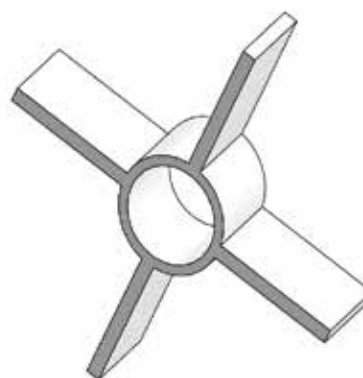


図18 CADソフトによる3D画像



図17 CADソフト3D画像と試作品（右写真）



図19 完成品

同時にコントロールできるためテーパ加工も可能となった。また、テーパよりも複雑な曲面や球面加工も可能である。図17は試作品であるが外径20mmのガラス棒の端面を、R2.5のボール型ダイヤモンドツールで加工した。形状的にはレンズのような球面加工も可能であるが、ダイヤモンドツールの特性上、ガラス加工面は失透してしまう。

4. 加工例 樹脂部品加工

容量30mlバツフル付き攪拌容器と攪拌翼の委託加工を行った。攪拌容器と攪拌シャフトはガラスで作製した。以前は、攪拌翼も厚さ1mmのガラス板をシャフトに溶着して製作していたが、ガラス板では破損しやすいために図18に示す形状をテフロンで製作した。

攪拌シャフトは外径φ8のガラス丸棒であるが、攪拌翼を取り付ける先端はφ4のガラス丸棒を70mmの長さで繋いだ。テフロン攪拌翼の通し穴は、φ4より若干小さく加工し、圧入固定した。また、実験には有機溶媒を使用するので、揮発を減少させるために図19に示すキャップも製作した。

キャップには切り欠きがあり、攪拌容器に攪拌シャフトがセットされた状態で、切り欠きを開いて容器に被せることが可能である。

今回製作した攪拌翼は簡単な形状であるが、CNCフライスでは、図20に示すような翼を長さ方向にひねった形状の加工も可能である。

CNCフライス導入前は、樹脂部品は機械工作室で製作していたが、簡単な部品はガラス工作室でも製作が可能となった。

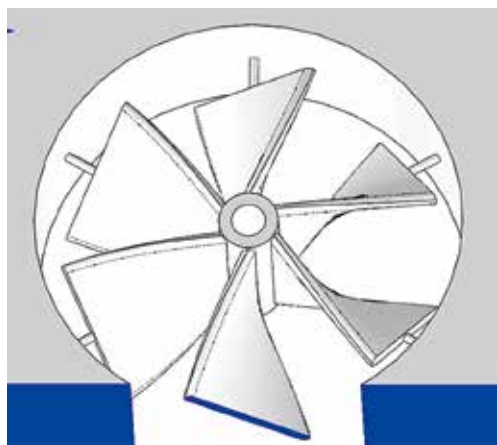


図20 CADソフトによる3D画像

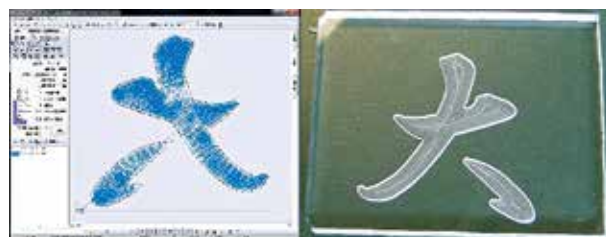


図21 NCデータ作成画面と完成品（右写真）



図22 NCデータ作成画面と完成品（右写真）

5. 加工例 文字・画像加工

CADソフトウェアには、文字を図形化する機能があり、パソコンにインストールされているフォントを利用し、拡大縮小やミラー反転して図形化することが可能である。また、図形化によりCADデータとして扱えるので、CAMソフトウェアでNCデータを出力し袋文字や線文字を加工することも可能である。

図21は行書体の「大」の文字を左右反転させ、アクリル板の裏側から深さ0.5mm切削し袋文字加工を行った例である。また、文字を反転させないで表からの加工や文字の周りを削って浮文字に加工することも可能である。文字の他にも、BMP、JPEG等のデジタル画像をトレースして図形化することができる。手書きの文字や画像もスキャナーで読み込んで使うことができる。

図22は、本学校章「五三の桐葉型」のJPEG画像をCADデータに変換後、NCデータを作成して加工した例である。表紙の画像は、165mm×165mm×厚さ3mmのガラス板にφ1.5mmのスクエア型ダイヤモンドツールを使用して、0.3mmの深さで研削加工した。

おわりに

CNC卓上フライス導入後一年が経過し、工作依頼品や機械性能チェック、スキルアップのための試作を幾つか行ってきた。コンピュータ制御により従来の手動操作では加工できなかった複雑形状の加工を実現でき、円弧等の曲面や斜面形状の加工を高精度で簡単に行えるようになった。

今後、委託加工などで大いに活用したい。