

# ファインセラミックス研削加工技術研究 －硝子雄ネジの加工－

佐川 克雄\* 立原 改憲\*

## 1. 緒言

IC 製造においては、洗浄工程の超純水槽と硝子配管の接続に保守の関係から、硝子ネジの使用が望まれている。その様なことから、県内企業(水戸旭ファイン硝子(株))より、硝子ネジ加工の技術相談があった。企業は、現在ホトマスクやディスク原盤等の製造技術を有しているが、将来の技術の発展や変化を考えると、ネジ等の特殊形状硝子加工技術をも必要とすると考えていた。そこで、共同研究にて硝子ネジ加工装置の設計を行うことになった。以上のことから共同研究による硝子ネジ加工装置設計の基礎データを収集するために、簡易な硝子ネジ加工専用装置の試作及び加工実験を行ったので報告する。

## 2. 実験方法

金属材料の場合には、切削バイトを用いた族制加工で高精度のネジ加工が可能である。しかし、硬脆材料である硝子は、旋削加工が不可能であるので、ダイヤモンド砥石を用いた研削加工によらなければならない。そこで、電着ダイヤモンド砥石を用いた堆ネジ加工専用装置を試作し、装置の精度評価、校正方法の確認及び加工方法の検討を行った。

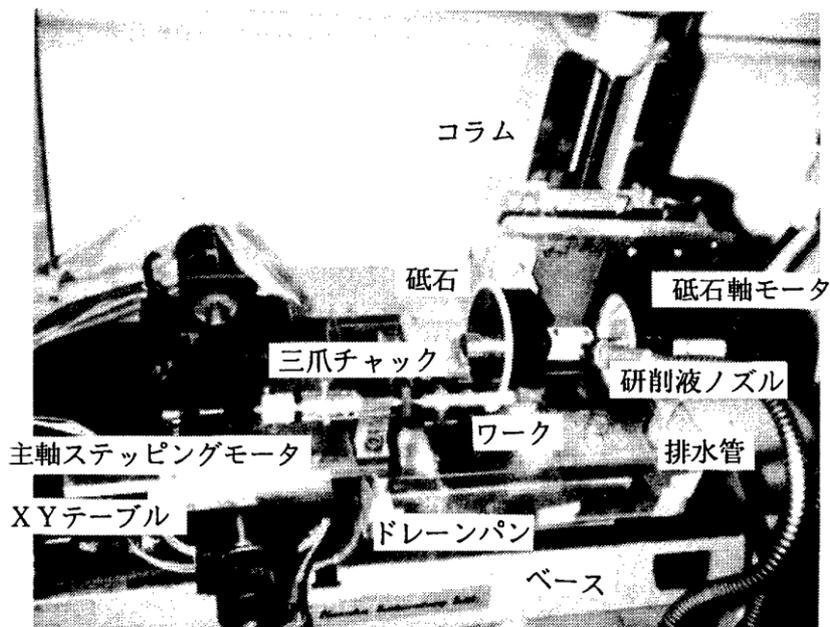


図1 小型硝子雄ネジ加工装置

\*新技術応用部 \*\*水戸旭ファイン硝子株式会社

### 3. 結果

#### 3.1 装置の試作

図 1 には、砥石径 100, 粒度#400 の電着砥石を用いた雄ネジ加工専用装置を示す。試作装置の構成は, XY テーブル上にワーク回転用のステッピングモータを取り付け, 砥石に対してワークの切込みと送りを行う。制御は, 第一段階としてプログラブルコントローラ (PC) を使用し, ワーク回転用ステッピングモータ及び XY テーブルの送り用ステッピングモータのドライバに, PC よりネジ形状に合わせたパルス信号を送った。第二段階としては, 加工の自由度を持たせること及びネジ以外の外周部の加工を可能にするために, パソコンによる制御を行い, 簡易な NC 機能を持たせた。研削液は, 硝子表面に水和物を形成しクラックの進展を防止する<sup>1)</sup>意味を含めて, 水を使用した。

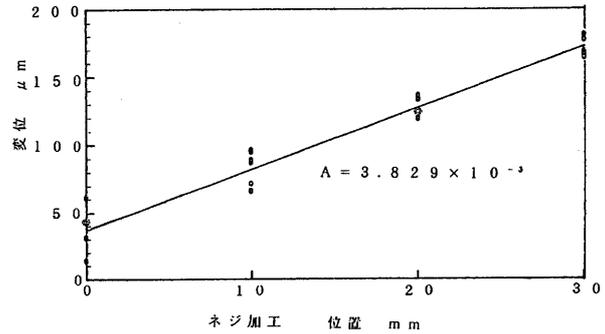


図 2 加工物軸心の水平方向傾き

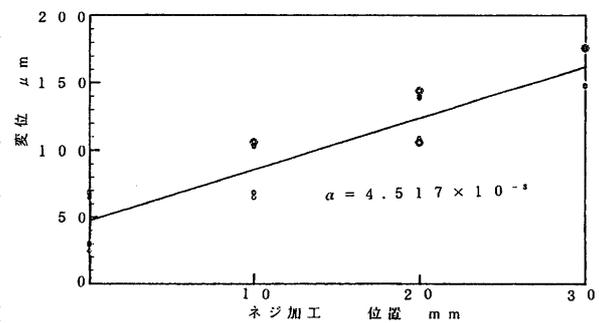


図 3 加工物軸心の垂直方向傾き

#### 3.2 装置の精度及び校正

切り込み及び送りの精度は, XY テーブル (1 パルス当たり 5 μm) の精度で決定し, 送り 100mm で大きくても ±3 μm 以内である。以上のことから装置の精度を決定する主な要因は, XY テーブルの送り方向とワークの中心軸のずれである。そこで, XY テーブルを送り方向に移動させ, ワークを回転させて水平方向と垂直方向の変位の最大値と最小値を測定し, 一次回帰直線を求めた。

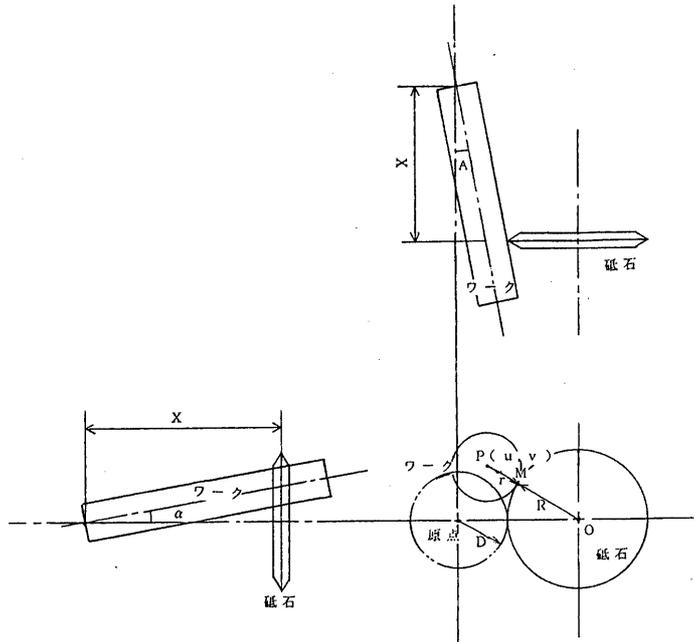


図 4 回転軸心ずれの模式図

表1 幾何誤差

その結果を図2及び図3に示す。図2及び図3より簡易な試作表直のため、回転の芯振れがあるこ

単位: mm

とがわかる。ここで、

回転軸芯のずれを模式的に示すと図4(回転芯振れ無視)のようになる。ここで、P点座標:(u,v), R:砥石半径,D:理想的加工物半径,A:水平方向の軸芯のずれの傾き, :垂直方向の軸芯のずれの傾き,x:ネジ加工長さ, err:理想的加工物半径と加工物半径の差とすると、これらの関係は、

$$u = Ax, v = x$$

$$OP = \{(R+D-Ax)^2 + (x)^2\}^{1/2}$$

$$r = OP - R, err = r - D \quad \text{となり、}$$

R=50mm, D=4mm, A=3.829 × 10<sup>-3</sup>, =4.517 × 10<sup>-3</sup>, X=30mmの時のerr及び、垂直もしくはは水平方向の傾きを補正した場合( orA=0)時のerrを計算してみると表1のようになり、垂直方向の回転軸芯のずれは、無視する事ができる。よって校正は、水平方向の傾きに対応するパルスを砥石切り込み方向に逸出することにより行った。

3.3 硝子雄ネジの加工

硝子雄ネジの加工実験は、図5に示すダイヤモンド電着砥石と表2に示す合成石英硝子の物性値( 8mm)を用いて、M8(ピッチ1.25mm)の雄ネジを#200, #400及び#600の砥石を用い加工速度を変えながら、1パスで加工することとした。

合成石英硝子の様な硬脆材料にネジ加工を行う場合は、ネジ山頂部の欠けや加工表面内部(特にネジの谷部分)に亀裂の発生が予想され、ネジの強度が低下していると考えられる。

そこで、ネジ山部分の観察を顕微鏡像にて行った。その結果を図6, 7, 8及び図9に示す。これより、#400, #600では同様な傾向を示すが、

ワーク芯ずれ	err
$\alpha, A$	- 0.13539
$\alpha = 0, A$	- 0.13551
$\alpha, A = 0$	- 0.00012

図5 ダイヤモンド電着砥石

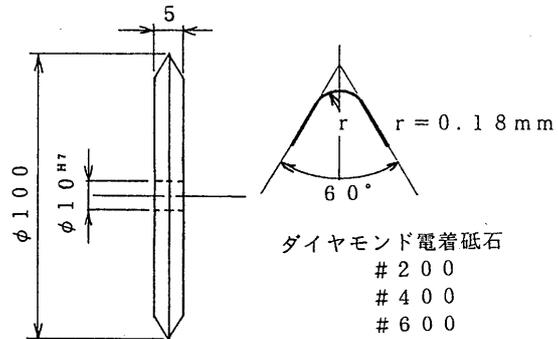


表2 合成石英硝子の物性値( 8mm)

比重		2.20
弾性率	(Kgf/mm <sup>2</sup> )	7340
ヌーブ硬度	(Kgf/mm <sup>2</sup> )	650
熱膨張率	50~200°C(10 <sup>-7</sup> )	6
軟化点	(°C)	1600
転移点	(°C)	558
歪点	(°C)	527

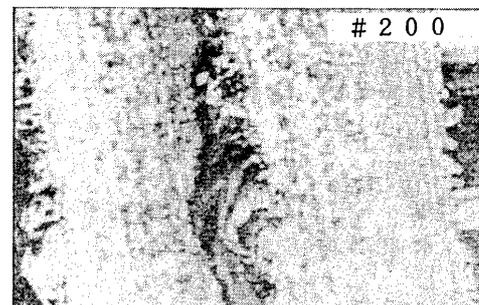


図6 ネジ山の顕微鏡像

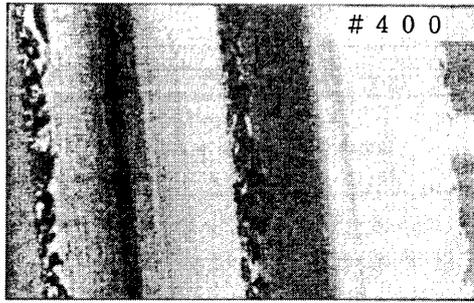


図7 ネジ山の顕微鏡像

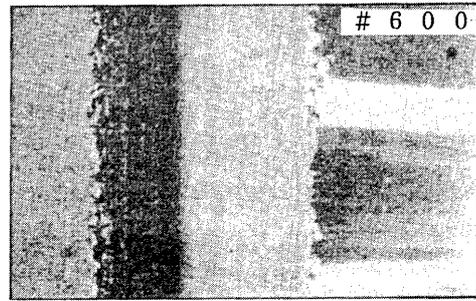


図9 ネジ山の顕微鏡像

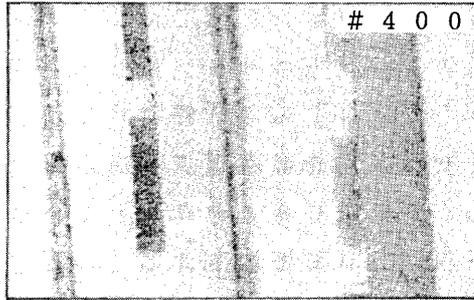


図8 ネジ山の顕微鏡像

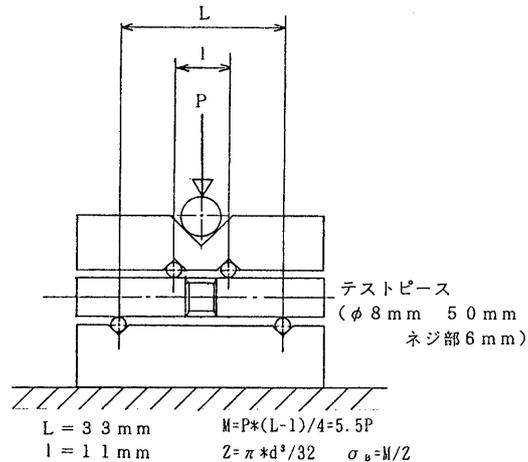


図10 4点曲げ試験用治具

#200 では大きな割れが発生する。また、図8よりネジ山の上部に未加工の水平部分を残すことにより、ネジ山の割れを小さくできることがわかった。これは、加工部分の形状により、研削クラックの進展方向が変化するためと考えられる。

内部亀裂については#400と#600の砥石を用い、図10に示す曲げ試験治具にて4点曲げ試験を行った。曲げ応力は、ネジの有効径より求めた。その結果は、加工速度、X方向送りの分解能とも違いを確認できなかった。そこで、曲げ試験結果を加工条件の違いを無視して、砥石の違いによる破壊確率<sup>2)</sup>と曲げ応力の関係としてまとめたのが図11である。図11より平均応力は、#600の砥石に比べて#400の砥石は累積研削量が大きいために砥粒先端に逃げ面摩擦が発生しているためか、やや#400の砥石の方が大きい結果となったが、砥粒径の小さい#600の砥石の方がワイブル係数<sup>2)</sup>が大きく最小応力は、#600の砥石の方が大きいという結果を得た。

このことから、#400の砥石に比べて#600の砥石の場合は、加工による割れの発生状態が比較的一様で強度のばらつきが小さいことがわかった。本来実験結果は、砥粒径の小さい砥石の場合の方が平均曲げ応力が大きくなると推定されるが、1パスで加工実験を行ったこと、及びより小さい砥粒径でなければ粒径の差が現れないことを示しているためと考えられる。

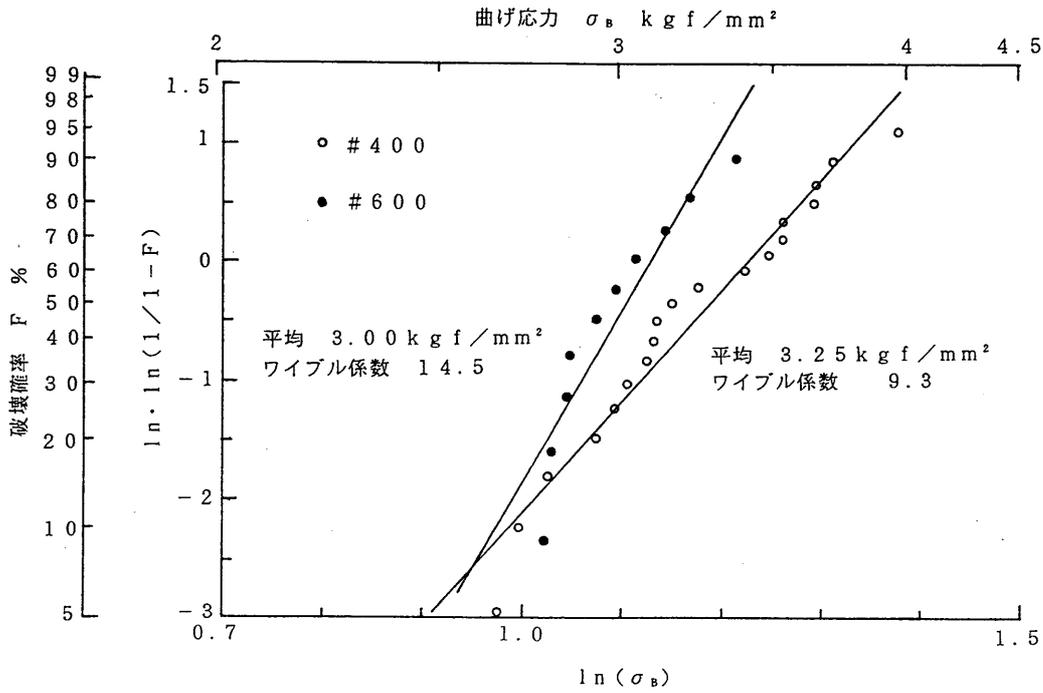


図11 破壊確率と曲げ応力の関係

4. 結 言

装置の試作及び硝子ネジの加工実験を実施して得られた以下に示す結果を、共同研究による硝子ネジ加工装置の設計に取り入れた。

- 1) 硝子ネジ加工は、ダイヤモンド砥石を用いれば可能である。
- 2) ワークの軸と工具移動方向のずれは、ワーク軸と砥石の水平方向のずれを校正すれば良い。
- 3) 硝子ネジの加工は、1パス加工ではワークに大きな影響を及ぼす亀裂を発生するので、数パスの加

工を行い、最後の仕上げでは微小切り込みを与える必要がある。

謝 辞

最後に本研究において、共同研究者として協力頂いた水戸旭ファイン硝子株式会社 白井貢氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 谷口, ナノテクノロジーの基礎と応用, 工業調査会, (1988)95
- 2) ファインセラミックス利用技術集成, サイエンスホールム, (1983)264