難削材の穴あけ加工に関する研究
（ガラス板の穴あけ加工）

杉井　伸吾*　　白川　正登*　　石川　淳*　　中川　昌幸*

Study on Hole Machining of Difficult-to-cut Materials
(Hole Machining of Glass)

SUGII Shingo, SHIRAKAWA Masato, ISHIKAWA Atsushi, NAKAGAWA Masayuki

抄　録

ＮＣフライス盤を使用して、厚さ１ｍｍ のソーダガラス板に穴あけ加工を行った。加工時に発生する穴周囲の欠けを低減させるには、ヘリカル加工が有効であることが実証できた。

１．緒言

近年、高付加価値加工として難削材の穴あけ加工の要求が高まってきている。当センターにおいても難削材の加工についての相談があるが、難削材加工についてはデータの公開や情報化が進んでおらず、相談に応じきれていないのが現状である。そこで、これまでに相談のあったガラス板の高品位穴あけ加工について実験を行い、加工データの蓄積を行った。

ガラスは硬脆材料のため機械的な穴あけ加工を行うと図１のように穴周囲に欠けが発生してしまう。この欠けを防止する方法として、捨てガラスを重ねて加工する方法や工具に超音波振動を与えて加工力を抑えつつ穴あけを行う超音波加工法が挙げられる。しかし、いずれの方法もコスト高や特殊な機構が必要となる。

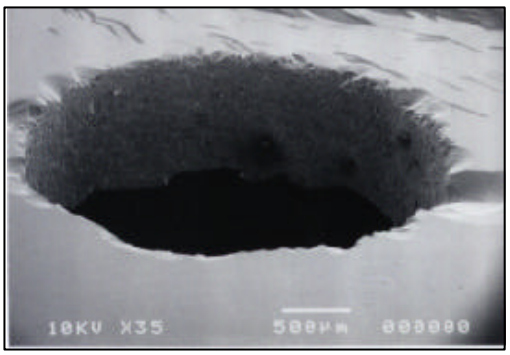

図 1　加工穴周囲に発生した欠けの様子

今回は県内のある企業からの相談事項である、既存のフライス盤を使用したガラス板の高品位な穴あけ加工について研究を行った。

２．加工仕様

相談のあった企業からの加工仕様は以下のとおりである。

- フライス盤による加工
- 厚さ 1mm のソーダガラスに直径 3mm の貫通穴あけ
- 工具送り速度 2mm/min 以上
- 加工穴周囲に欠けがないこと

これら仕様に基づいて実験を行うこととした。

３．実験概要

実験には当センター所有のＮＣフライス盤（Ｎ－ＭＡＣＨ）を使用した。また加工実験システムを図２に示す。加工時の工具送り方向の加工抵抗を測定するための圧電型動力計（キスラー社製 9257A）の

＊下越技術支援センター

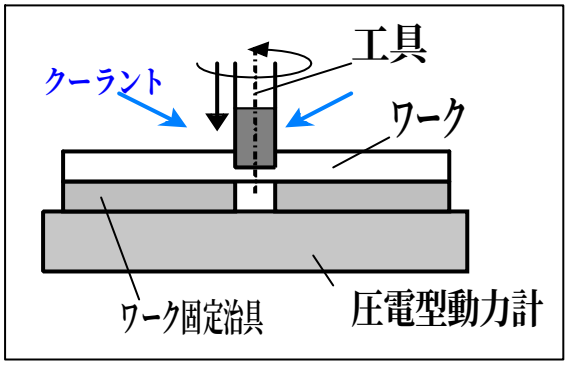

図 2　加工システム概略

上面にワーク固定治具を介して、ワークであるソーダガラス板を固定した。加工時には水溶性のクーラントを加工点に向けて外部より供給した。工具回転数、送り速度を変化させて穴あけ加工を行い、加工時の抵抗ならびに加工した穴周囲に発生した欠けの大きさを測定した。なお欠けの大きさは、図３に示すように加工した穴を上から見て、欠けの半径方向の幅が最大のものを測定した。また、実験に使用した工具の外観を図４に示す。一般的にガラスの穴あけ加工に用いられるパイプ状のダイヤモンド砥石であるコアドリルを用いた。

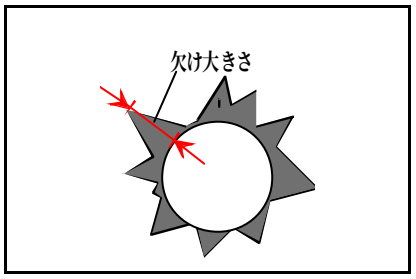

図 3　欠け大きさの定義

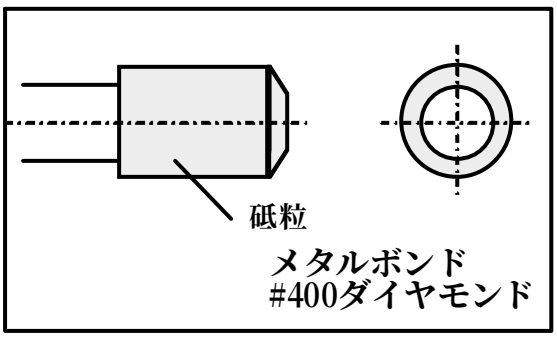

図 4　使用工具外観

４．実験

４．１．通常加工

φ３の穴径に対して、φ３の工具を使用して、穴あけ加工を行った。工具回転数、送り速度を変化させて穴あけ加工を行い、欠けの大きさを測定したものを図５に示す。加工開始面（ガラス上面）を入口側、加工終了面（下面）を出口側として、工具回転数をパラメータに横軸を送り速度、縦軸を欠け大きさとしてプロットした。目標とする送り速度 2mm/min において、欠けの大きさは良好なもので入口側で 0.1mm、出口側では 0.2mm 程度であった。しかし、出口側の欠けについては欠けが小さいのは工具回転数が 20,000min^{-1}、30,000min^{-1} という高速回転の場合であり、より一般的な機械を使用することを考えると工具回転数が 10,000min^{-1} 以下の領域で欠けを小さくする必要がある。

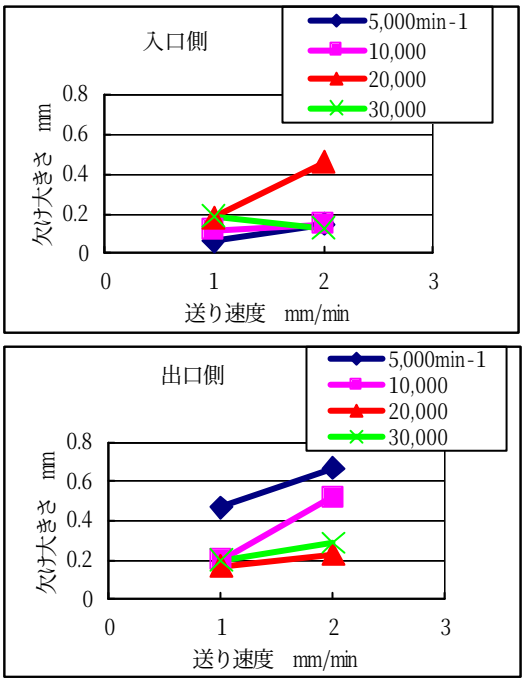

図 5　通常加工による欠けの大きさ

４．２．ヘリカル加工

前節の結果より、工具回転数が 10,000min^{-1} 以下での欠けを小さくするためにヘリカル加工を試みた。ヘリカル加工とは図６に示すように穴径よりも小さな径の工具を自転させつつ加工穴中心軸周りにネジのように送りながら加工を行う方法である。これにより加工抵抗の低減やクーラントのかかりが改善で

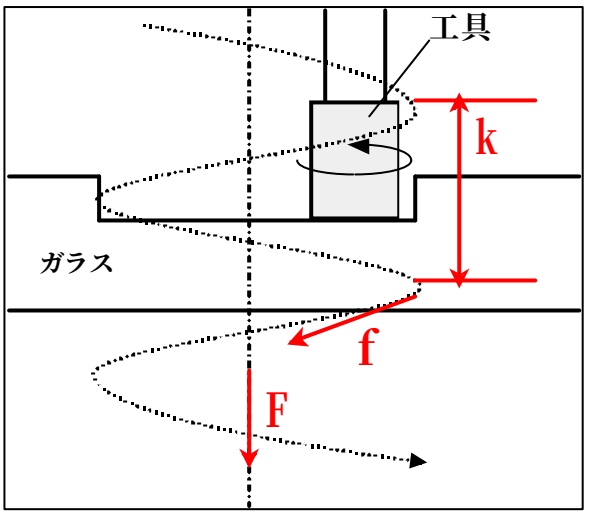

図 6　ヘリカル加工模式図

き、欠けが小さくなるのではないかと考え加工を試みた。実験はφ3の穴に対してφ2のコアドリルを使用した。前節の通常穴あけによる工具回転数5,000min-1（周速 47m/min）の条件と比較するために、工具回転数を 7,500min-1（周速 47m/min）とし、また、表1に示すようにヘリカル加工のリードkと経路接線方向送り速度fの組み合わせで、穴軸方向送り速度Fが 2mm/min となるような条件で加工を行った。なお、ヘリカルの回転方向はダウンカットとなるようにした。図7に加工抵抗を示す。通常加工の 22N に対してヘリカル加工での抵抗は約 10N と半分程度に低減することができた。図8にヘリカル加工での欠けを測定したものを示す。入口側は通常加工と同程度であるが、出口側は通常加工の 0.7mm に対してヘリカル加工は 0.1mm と欠けを大幅に改善することができた。

表1　ヘリカル加工条件

加工条件 No.	リードk　mm	接線方向送りf mm/min
1	1.0	13
2	0.5	25
3	0.2	63
4	0.1	126

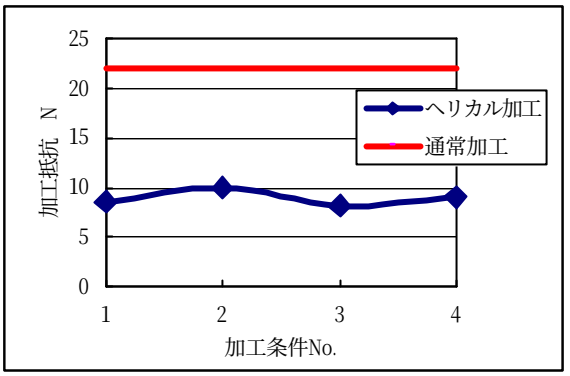

図 7　ヘリカル加工における加工抵抗
（工具周速 47m/min、送り速度 2mm/min）

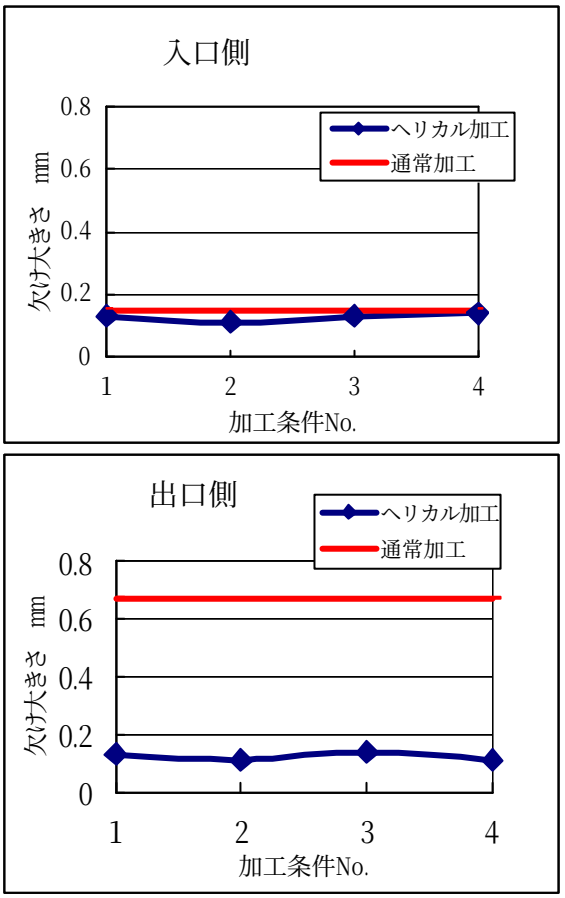

図 8　ヘリカル加工における欠けの大きさ
（工具周速 47m/min、送り速度 2mm/min）

5．結　言

ＮＣフライス盤を使用したガラスの高品位穴あけ加工について実験を行った結果、加工時に発生する欠けを低減させるにはヘリカル加工が有効であることがわかった。