

漸増切込み切削実験における ガラスの延性/脆性遷移におよぼす雰囲気の影響

工学部 機械システム工学科 金枝 敏明、西岡 崇徳、原田 尚与志

Keywords : 延性/脆性遷移、ガラス、雰囲気、アミン、漸増切込み切削、脆性材料、超精密加工

1. 本研究の成果

ガラスの漸増切込み切削実験において、陽イオン系界面活性剤であるアミンをガラス表面に塗布すると、加工痕の延性領域が拡大された。よってガラスの延性モード加工時、アミンの使用は臨界切込み深さの増大や表面下のクラックの発生率の減少につながると言える。

2. 目的と背景

本研究は、ガラス材料の超精密機械加工時の延性領域拡大を、雰囲気を利用して行うとするものである。すなわち、漸増切込み切削実験で塗布剤の延性/脆性遷移に及ぼす影響を調査する。

近年、光学部品の高精度化が著しく、ガラスの高エネルギーかつ超精密加工が可能な機械加工の必要性が高くなっている。ガラスの超精密加工には、研磨、研削など砥粒加工が用いられているが、今後、微細で複雑な形状を得ることが可能な切削加工が望まれる。しかし切削加工では、砥粒加工に比べ加工面に脆性破壊が起こり易く、欠陥が存在することが多い。この欠陥の発生は、延性モード加工により回避できることがわかっている。延性モード加工とは、ガラスなどの脆性材料でも切込みを臨界量以下に設定することにより、加工面に脆性破壊痕が存在しない機械加工法である。しかしこの方法では、切込み量が約 100nm 以下という深さに制限され、加工能率が低下する。そこでこの問題を解決するため、延性領域の拡大を目的とし延性/脆性遷移に及ぼす雰囲気の影響を調査した。これまでの金枝らの研究で、ガラスの曲げ試験では、ガラス表面へのアミン塗布により曲げ強度が上昇することを見出されており、アミン雰囲気下での切削加工でも延性領域の拡大が見込まれる。

3. 具体的方法

光学ガラスの一つである BK7 の表面に、アミン等を塗布し、それらを漸増切込み切削実験することにより、臨界切込み深さを求め、ドライ（何も塗らない）の場合と比較した。試験の際、延性/脆性遷移を引き起こすため、漸増切込み（試料に傾斜をつけ、徐々に切込み深さを増加させる）切削を用いた。実験により得られたスクラッチ痕先端の AFM 画像を図 1 (a) に示す。また、この画像より得られた延性/脆性境界部の断面形状、及び臨界切込み深さを図 1 (b) に示す。臨界切込み深さは、延性領域の終端での深さであり、この深さを超えると図 1 (a) で示すように脆性領域に遷移する。つまり、臨界切込み深さが大きくなれば延性領域が拡大したといえる。

図 2 に雰囲気ごとの臨界切込み深さをまとめる。この図に示すように、アミンの場合最も大きくなった。

4. 応用の可能性

光学レンズを代表とする各種光学部品や、FPD(Flat Panel Display)、半導体材料などに使われているガラスや各種セラミックス材料への超精密機械加工への応用が可能である。

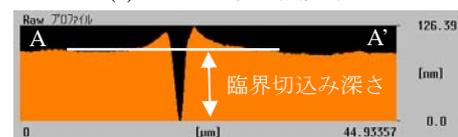
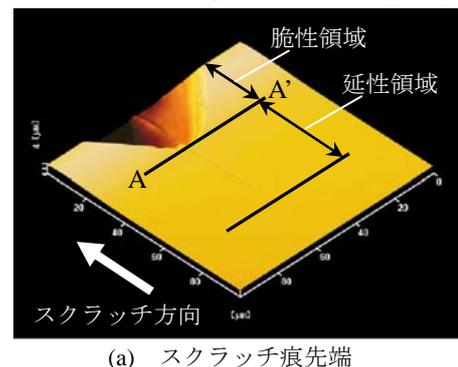


図1 AFM画像

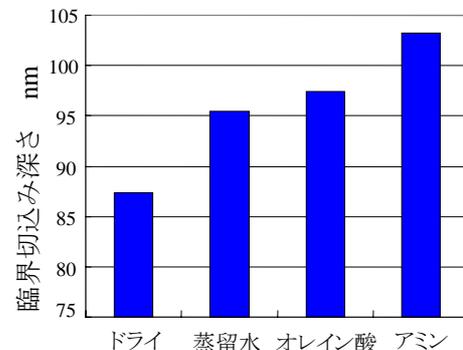


図2 各条件での臨界切込み深さ