

ガラスの超精密砥粒加工

—延性/脆性遷移に及ぼす雰囲気の影響—

工学部 機械システム工学科 金枝 敏明、西岡 崇徳、桑原 雅史

Key words : 超精密砥粒加工、脆性材料、ガラス、スクラッチ試験、延性/脆性遷移、雰囲気、アミン

<研究目的>

本研究では、ガラス材料の超精密砥粒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、各種塗布剤の延性/脆性遷移に及ぼす影響をスクラッチ試験で調査する。

近年、光学部品の高精度化の傾向が著しく、ガラスの高効率かつ超精密加工を可能とする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、その中でも微細で複雑な形状を得ることが可能な研削が望ましい。しかし研削加工時には、研磨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。この欠陥は、延性モード加工によりその発生を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 $0.1\mu\text{m}$ 以下に制限され、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/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砥粒加工では延性領域の拡大が見込まれる。

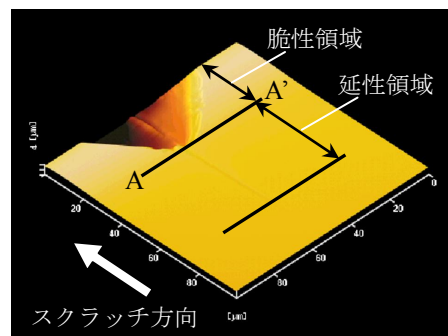
<実験結果>

今回、光学ガラスの一つである BK7 の表面に、蒸留水、アミンを塗布することで、スクラッチ試験での延性領域が拡大し、特にアミンを用いた場合この効果が大きいという結論を得た。つまり、アミンの塗布は、ガラスの延性モード加工における加工条件の改善につながるといえる。

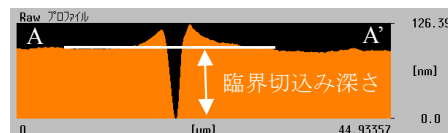
延性領域の評価のため、スクラッチ試験を行った。試験の際、延性/脆性遷移を引き起こすため、試料の BK7 に傾斜をつけ、スクラッチ痕（引っかき傷）の切込み深さが徐々に増加するようにした。なお雰囲気は、塗布剤（蒸留水、アミン）を試料表面に塗布することにより制御した。実験により得られたスクラッチ痕先端の AFM 画像を図 1 (a) に示す。また、この画像より得られた延性/脆性境界部の断面形状、および臨界切込み深さを図 1 (b) に示す。臨界切込み深さは、延性領域での最大切込み深さであり、この深さを超えると図 1 (a) で示すように脆性領域に遷移し、欠陥が生まれる。つまり、臨界切込み深さが大きく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。

<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 (Si、Ge、GaAs など) の超精密機械加工への応用が可能である。



(a) スクラッチ痕先端



(b) A-A'断面

図1 AFM画像

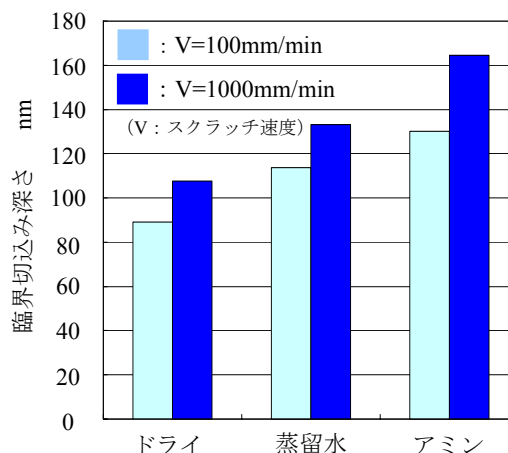


図2 各条件での臨界切込み深さ