

硬脆材料の高精度切断加工技術の確立

高度技術開発部 高微細加工科 小松 利安・岩間 貴司

Establishment of the High Precision Cutting Process Technique of Hard and Brittle material

Toshiyashu KOMATSU and Takashi IWAMA

要 約

水晶振動子、シリコンウェハおよびプリズム等の硬脆材料を切断加工する場合、一般的に熱可塑性ワックスを使用し加工物を接着固定する。しかし、このような固定方法では洗浄廃液処理が負担となり、環境問題やコスト高の原因となっている。

そこで本研究では、後工程での洗浄が簡便で環境負荷が軽減できる、加工物の固定方法について、光学用ガラスを対象として試験を行った。その結果、蜂蜜を用いた固定方法が最も接着強度が高く、140℃付近まで加熱した場合、せん断応力値は約0.87MPaであった。耐水性についても試験を行ったが、接着強度は殆ど変化がなかった。また、剥離後の接着面を水道水のみで洗浄しただけで、接着成分は殆ど残留しないことも分かった。

1. 緒 言

水晶振動子、シリコンウェハ、プリズム等、硬脆材料を用いた電子デバイスを製造する場合、加工物を所定の寸法に切断加工する必要がある。

現状、硬脆材料の切断加工を行う場合、非磁性材料のためマグネットで固定することができず、一般的に熱可塑性ワックスを使用して、加工物を治具プレートに接着固定させて加工を行っている。しかし、このような固定方法では、加工物にワックスが付着しやすいため、剥離した後に加工物の洗浄工程が不可欠だが、環境問題から従来使用していた有機溶剤系洗剤が使用できず、洗浄工程でも時間がかかるようになった。さらにワックスの油脂成分が洗浄液中に混入するため、洗浄廃液の処理についても大きな負担になり、コスト高の原因となっている。

そこで、本研究では、切断加工を終了して加工物を剥離した際、接着成分が付着しにくく、後工程での洗浄が簡便で、環境に与える負荷が軽減できる、加工物の固定方法について試験を行った。試験対象として、プリズム等、光学素子の加工を想定して、光学用ガラス(BK-7)の固定方法について検討した。特に次の3項目を重視して、引張試験機による強度試験や電子顕微鏡による面分析を行い、最も適した固定方法を比較・検討した。

- (1) 実際の切断加工では横方向に負荷がかかるため、せん断方向の荷重に対する強度が高いこと。
- (2) 加工後の剥離や洗浄廃液の処理が容易で、環境に与

える負荷が少ないこと。

- (3) 切断加工中、加工液(一般的に水溶性)の使用が可能な固定方法であること。

2. 試験方法

2-1 固定方法について

最初に、前述した項目を満たす固定方法について、検討・選定を行った。表1に本研究で検討した固定方法の長所と短所について示す。全体的に、接着強度が高い固定方法は、剥離が困難で洗浄工程が複雑化し、剥離・洗浄が容易な固定方法は、接着強度が低い傾向であった。接着テープは接着工程が容易であるが、剥離後のテープは全て廃棄物となるため、本研究の趣旨とは異なる方法である。特殊なチャック装置も存在するが、高価な機材であるため、本研究では検討対象外とした。また、天然糊や凝固剤として用いられる、澱粉や寒天等¹⁾も検討したが、水に溶解しやすく実際の切断加工には適さないことも分かった。

以上の検討後、本研究で接着強度試験を行った接着素材を表2に示す。従来使用されているワックスを基準として接着強度を比較した。紫外線(UV)硬化樹脂は専用の光源を用いて硬化させた。また、天然素材である水飴と蜂蜜^{2), 3)}は、約140℃まで加熱した後、室温まで徐冷して硬化させた。

表1 各種固定方法の長所と短所

固定方法	長 所	短 所
固定用ワックス (従来方法)	・信頼性が高い	・洗浄後も付着 ・洗浄廃液の発生
接着テープ	・加熱等の工程が省略可能	・剥離テープが大量の産廃となる
人工接着剤	・強度が非常に高い	・剥離工程が困難
天然接着素材	・環境負荷が非常に少ない	・強度的に不安
真空チャック	・一般的な固定方法	・切断時に真空が保持できない
冷凍チャック	・加工物に加熱等の負荷をかけない	・加工液も凍結する ・装置が高価

表2 本研究で試験した接着素材

固定方法	特 徴
固定用ワックス (従来方法)	120~150°Cで溶融,室温で凝固 熱可塑性で繰返使用可能
接着テープ	アクリル系接着剤
紫外線(UV) 硬化樹脂	アクリル系樹脂で紫外線照射で硬化 80°C程度の温水中でフィルム化し剥離
水飴	主成分は麦芽糖 加熱すると糖質が結晶・硬化する
蜂蜜	主成分はブドウ糖と果糖 加熱すると糖質が結晶・硬化する

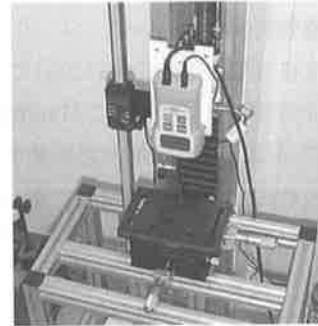
2-2 接着強度試験方法について

本研究で使用した接着強度試験装置(日本電産シンボ製:FGS250PV-L)の外観と、荷重の負荷方法を図1に示す。試験片は10×10×10mmの立方体の光学用ガラスで、同一材質のガラス板に接着後、治具で垂直に固定し、図1(b)に示すようにせん断方向に荷重を負荷させて、剥離荷重を測定した。圧子の形状は直径12mmの平円板である。

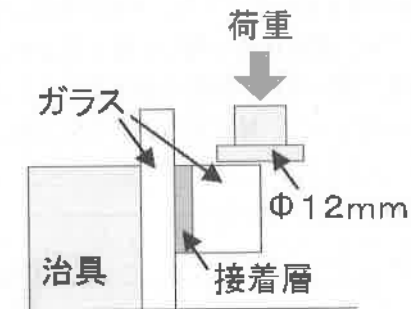
また、接着強度試験を行う場合、接着するガラスの表面粗さも重要である。そこで、図2に示した走査型白色干渉計(zygo社製:NewView6300)を用いて、ガラスの表面粗さを測定した。本研究で用いた試験片は、立方体のガラスでは、表面粗さが2.41nmRaと543.0nmRaの2種類、治具側のガラス板は0.46nmRaの1種類である。

2-3 剥離面の洗浄方法と表面観察方法について

接着面を剥離した後、特別な洗浄を行わないで、接着成分が除去できるか確認する必要がある。そこで本研究では、



(a) 接着強度試験装置



(b) 試験方法の概略図
図1 接着強度試験方法



図2 走査型白色干渉計

最も簡易で環境負荷が少ない方法として、水道水のみで洗浄作業を行い、接着成分が剥離面に残留しないか試験を行った。洗浄前後の剥離面を電子顕微鏡で面分析を行い、接着成分に起因する炭素の分布が、どのように変化するか測定を行った。本研究で使用した測定装置(日本電子製:JXA-8900RL)を図3に示す。



図3 電子顕微鏡装置

3. 結果および考察

3-1 接着強度試験について

最初に、表2に示した接着素材について試験を行った。その結果を図4に示す。表面粗さ2.41nmRaのガラス面に接着した場合である。接着強度の比較基準となる固定用ワックスのせん断応力値は約0.6MPaであった。本研究で検討した接着素材で、ワックスと同等以上の接着強度を示したものは、加熱して糖質を結晶・硬化させた水飴と蜂蜜の場合であった。水飴の場合、ワックスとほぼ同様の約0.62MPaの値であったが、蜂蜜の場合は、さらに高い約0.87MPaの値を示した。また、水飴の場合、常温では粘度が高いため、接着作業が難しい面もあるが、蜂蜜は水飴より粘度が低いため、接着工程が容易であった。そこで、以降の研究では、蜂蜜を用いた固定方法について試験を行うこととした。

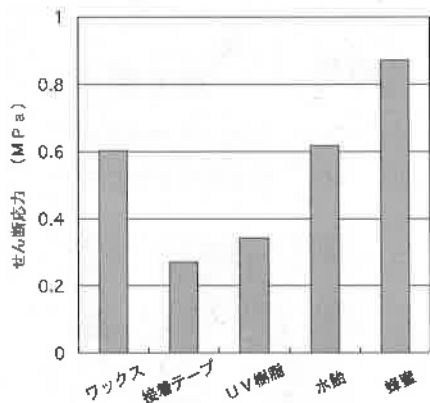


図4 接着素材による接着強度

次に、蜂蜜を硬化させるための、適正な加熱温度を求める試験を行った。その結果を図5に示す。120~140℃付近の強度が最も高く、それ以外の温度では、高温でも低温においても接着強度が低下する傾向であった。低温では蜂蜜は液体状のまま硬化せず、高温では糖質が急激にカラメル化(炭化)するため、接着強度が得られない現象が見られた。蜂蜜に含まれる水分を蒸発させ、糖質を結晶化させる適切な加熱温度は、140℃前後であると思われる。

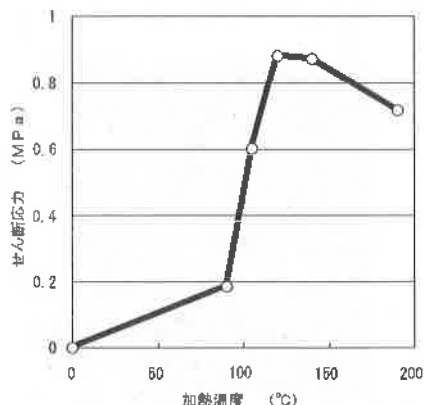


図5 蜂蜜の加熱温度による接着強度

また、蜂蜜を用いた固定方法の耐水性強度について試験を行うため、試験片を2時間水中に浸した後、接着強度試験を行った。その結果を図6に示す。接着強度は、浸水前が約0.87MPaに対し、浸水後は約0.82MPaとなり、殆ど変化がないことが分かった。

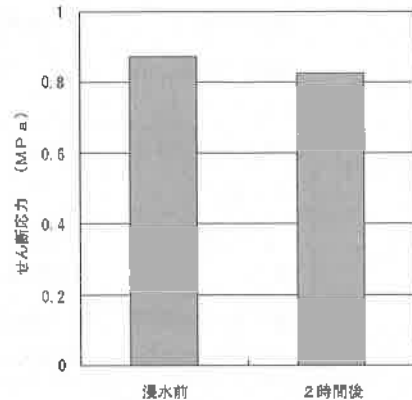


図6 蜂蜜を用いた固定方法の耐水性強度

次に、接着面の表面粗さによる接着強度について試験を行った。その結果を図7に示す。比較基準となる固定用ワックスのせん断応力値は、殆ど変化しなかったが、蜂蜜の場合は、表面粗さの値が高くなると、約0.87MPaから0.76MPaへと、若干接着強度が低下した。ワックスの場合と比較すると、蜂蜜を用いた固定方法は、接着強度のバラツキが大きい傾向があり、その影響が表れたと考えられる。このため、接着強度の安定性向上が今後の課題である。特に、天然素材である蜂蜜は成分変動の影響を受けやすいため、工業的に精製されて品質が安定しており、蜂蜜とほぼ同成分の異性化液糖^①等も、接着素材として有望ではないかと考えられる。継続して検討する予定である。

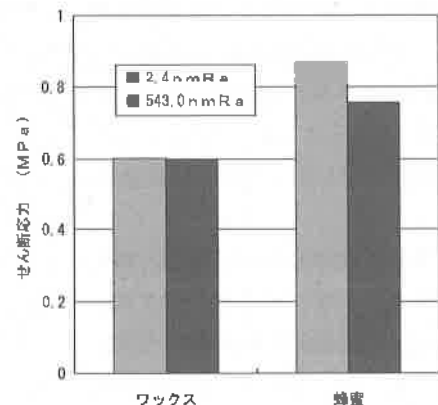
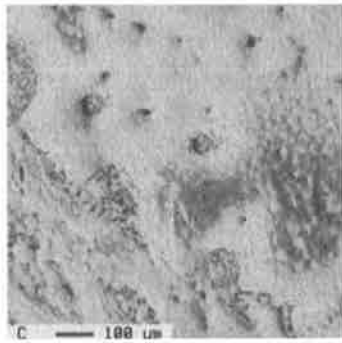


図7 接着面の表面粗さによる接着強度

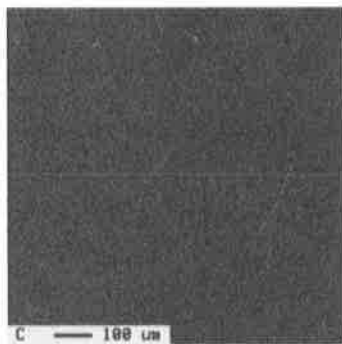
3-2 洗浄前後の剥離面観察について

最後に、水道水のみによる洗浄前後の剥離面について、炭素分布の変化を観察した結果を図8に示す。洗浄前には剥離面全体に分布していた炭素が、洗浄後は殆ど見られないことが分かった。また、蜂蜜は天然素材であるた

め、特別な廃液処理を必要としない。蜂蜜を用いた固定方法は、環境に与える負荷が少なく、接着強度の安定性が向上すれば、理想的な固定方法と考えられる。



(a) 洗浄前



(b) 洗浄後

図8 接着面の洗浄前後の面分析結果
(蜂蜜を用いた固定方法の場合)

4. 結 言

本研究では、プリズムや光学素子等の切断加工を想定し、環境負荷の少ない固定方法について、接着強度試験や剥離面の面分析を行い、比較・検討を行った結果、次のことが分かった。

- (1) 本研究で検討した接着素材で、最も高い接着強度を示したのは、加熱して糖質を結晶・硬化させた蜂蜜で、そのせん断応力値は約0.87MPaであった。
- (2) 蜂蜜を用いた固定方法で、適正な硬化温度は140℃付近であり、それ以外の温度では高温でも低温でも接着強度が低下する傾向であった。
- (3) 耐水性強度について試験を行ったが、接着強度は浸水前と殆ど変化がなかった。
- (4) 蜂蜜を用いた固定方法の場合、剥離後の接着面を水道水で洗浄しただけで、接着成分は殆ど残留しなかった。

現段階での留意点として、接着強度にバラツキが存在するため、製造現場での切断加工に使用する場合、まだ注意を必要とする。しかし、水晶振動子やシリコンウェハ、プリズム等の硬脆材料の加工分野に、本研究成果は応用可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 山口章三 編：接着・粘着の辞典，朝倉書店，P.114 (1997)
- 2) 山根嶽雄：甘味料，光琳書院，P.62 (1966)
- 3) 吉積智司，伊藤 汎，太田明一，田村 力 編：新食品開発用素材便覧，光琳，P.157 (1991)
- 4) 渡辺長男，鈴木繁男，岩尾裕之，小原哲二郎 編：製菓辞典，朝倉書店，P.95 (1981)