平成２８年度
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「タッチパネル用新世代樹脂複合板材の曲線成形切断加工技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成２８年１１月

担当局　九州経済産業局
補助事業者　株式会社 ファインテック

目　次（例）

第1章　研究開発の概要

１－１　研究開発の背景・研究目的及び目標

１－２　研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

１－３　成果概要

１－４　当該研究開発の連絡窓口

第2章　本論－（1）

２－１　高精度加工技術の開発

・特殊加工条件の最適化

・特殊砥石での刃先仕上げ

２－２　刃先検査装置の開発

・刃先検査装置の検出原理と検出性能

・刃先検査装置による全周のチッピング検出

２－３　切断加工の考察

1）切断の3ステップ

2）2 次元切削理論からの展開

3）切断は引張破壊現象

4）刃先先端の鋭利化

5）切断時に作用する力

6）刃先摩耗と切断面粗さ

7）切断面の横のシワ・クラック改善

・上下切断技術の紹介

２－４　刃先加工形状の進化

・刃先先端 R の極小化

最終章　全体総括

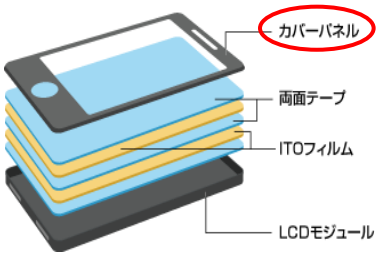
第1章　研究開発の概要

タッチパネルは高硬度化と共に薄膜、軽量化が望まれ、現在主流のガラス材に代わる新世代樹脂複合板材（多層構造品）の開発が進んでいる。しかし、多層構造と外形に曲線形状を成形する為レーザー加工が主流で加工速度が遅く二次加工や洗浄工程等が必要となるものもあり、生産性が悪く新世代樹脂複合板材の成長を阻害している。本研究では、超硬合金製曲線切断刃の抜き型及び成形加工技術を開発し洗浄工程等、二次加工が不要且現状の 1/10 以下の切断時間で複合板材の曲線成形打抜き加工を実現し生産性を飛躍的に向上させ、日本が得意とする、高機能フィル産業の爆発的成長を助長する。

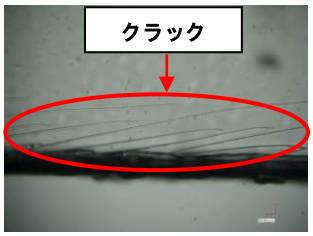
１－１　研究開発の背景・研究目的及び目標

・研究開発の背景

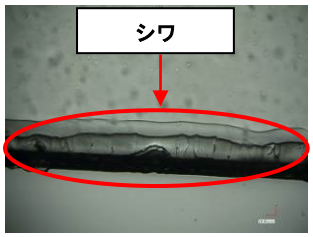
現在主流のガラス材に変わる新世代材料として、ガラス代替複合シートの開発が進んでおり、価格面や軽量化、飛散防止性などのメリットを打出し、鉛筆硬度９Hで傷のつきにくい硬度が実現されている。 現状、樹脂の曲線成形（所定寸法に切り落とす）には、レーザー加工技術やルーター加工技術を用いて切断されているが、それらの加工は、加工点を外形状に沿って走らせる沿走切断加工方法の為、切断速度が遅く（近年のパネルサイズ大型化の影響も拍車をかけている）、また高い切断精度が得られない等の問題がある。尚、これまでの樹脂複合材は、光の透過度も悪く柔らかかったので、鋼鉄製の刃物を配した抜型が主流であったが、新世代材料では、硬く透過度が向上しており刃先形状が維持できず量産使用が出来なくなった。レーザー加工を用いると曲線切断部に局所熱で歪を生ずることもあり、切断面近くの透明性を損ねる。またルーター加工を用いると切りくずが多量に発生する等の問題がある。なお、上記新世代樹脂複合板材料をタッチパネルに組み込むために、光学透明粘着シートが新世代樹脂複合板材料に積層されて用いられているが、曲線成形加工時には粘着剤が非常に軟質なために、積層間での剥離や粘着剤の塑性流動によるシワの発生の問題がある。クラックやシワがあると、屈折率が変わる等、透明性が損なわれ、光学特性に問題が生ずる。



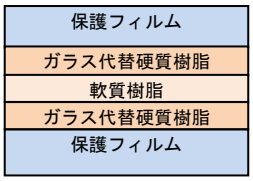
タッチパネル用材料構成



クラック発生例（カバーパネ



シワ発生例（カバーパネ



カバーパネル断

ガラス代替複合シートの特徴である高い配光性を有する場合は、切断面の性状（粗さや平面度等）により切断面付近の見え方が変化する為、高い強度を有するガラス代替複合シートや積層された光学用透明粘着シートに適した刃先の設計技術と、高速でかつ高精度な曲線成形切断加工技術が必要となる。

・当該分野における研究開発動向

1．精密加工に係る技術において達成すべき高度化目標

（4）川下分野特有の事項

4）その他川下分野に関する事項

b．情報通信機器分野に関する事項

①川下製造産業者等の特有の課題及びニーズ：　イ．複雑形状化

タッチパネル用板材としては、高い光透過性と傷に対する耐性および紫外線に対する耐性が必要なため、一般的にはガラス材が使用されている。しかし、その高重量、高価格、生産歩留まりの悪さといったデメリットを持つため、より軽量・低コストである樹脂複合材への置き換えが業界では望まれているが、安価な切断加工技術が確立されておらず成形加工コストが高価になるとともに生産性が劣るために、タッチパネルへの新世代複合樹脂板材採用が阻害されている。

・高度化目標

カ．複合材加工、部品組立及び工程短縮等の実現

前述のように、従来は高い配合性により高い強度を有するガラス代替複合シートを、レーザー加工技術やルーター加工技術を用いて所定形状に切断されているが、切断速度、切断寸法精度、熱による歪や透明性低下、ヒュームや切り屑の大量発生等の問題

があり、それらを解決するために後加工で研磨を行い、高度な洗浄工程も必要となっている。また、上記脆弱樹脂板材料をタッチパネルに組み込むために、光学用透明粘着シートが用いられている。この粘着シートの曲線成形加工には粘着性が非常に軟質なために、積層素材感での剥離や粘着性の加工時の塑性流動によるシワの発生の問題がある。新規技術の開発により、従来技術の課題を克服するとともに、生産性とコスト競争力を飛躍的に向上させる。世界に先駆けて新世代樹脂複合板材料を超硬合金製刃物にて曲線成形切断加工を行う技術を開発するものである。

・研究開発の目的及び目標と取組結果

ガラス代替複合シートと、積層された光学用透明粘着シートを、超硬製切断刃を用いて曲線成形切断加工する技術の開発を目的とする。

テーマ1. 曲線成形用切断刃の高精度加工技術の開発

刃先設計を具現化するために、直線刃の予備試験で最良の切断品質が実現できた刃先端形状R100nm を目標に高精度で制御できる刃先加工技術を開発する。

目標値：刃先先端 R100nm±50nm　刃先欠け 50nm 以下

結　果：SEM20万倍で刃先稜線(25mm 間)を確認

長崎大学で刃先形状測定装置開発完了

テーマ2. 曲線成形用切断刃の刃先形状設計の開発

加工材が積層された材料であることを考慮し、曲線成形用切断刃で最も切断品質が高く、刃先寿命が得られる刃先形状・刃先角度を導いていく。刃先寿命はスチール製刃型寿命 3 万ｼｮｯﾄ（鉛筆硬度 3H 品の切断実績）の十倍である 30 万ｼｮｯﾄを目標とする。

目標値：刃先寿命30万ｼｮｯﾄ

結　果：30 万ｼｮｯﾄ後（PET ベース多層ﾌｨﾙﾑ） 切断面を観察し確認

テーマ3. 曲線成形切断加工技術の開発

【3-1】曲線成形切断抜き型技術の開発

一般的なタッチパネルの寸法である90mm×50mm の形状において、レーザー加工

（6秒/1 枚）による切断加工時間に比し、一枚あたり1/10以下（川下企業ニーズは1秒/1 枚　以下）の切断加工時間を達成する。但し、レーザー加工は後加工として研磨・洗浄等が必要だが、打ち抜き加工は洗浄工程不要。

目標値：加工速度　1 枚／1 秒

結　果：加工速度　3 枚／0．3秒を達成（ﾃﾞｼﾞﾀﾙ4軸サーボプレスで実現）

【3-2】曲線成形加工条件の適切化

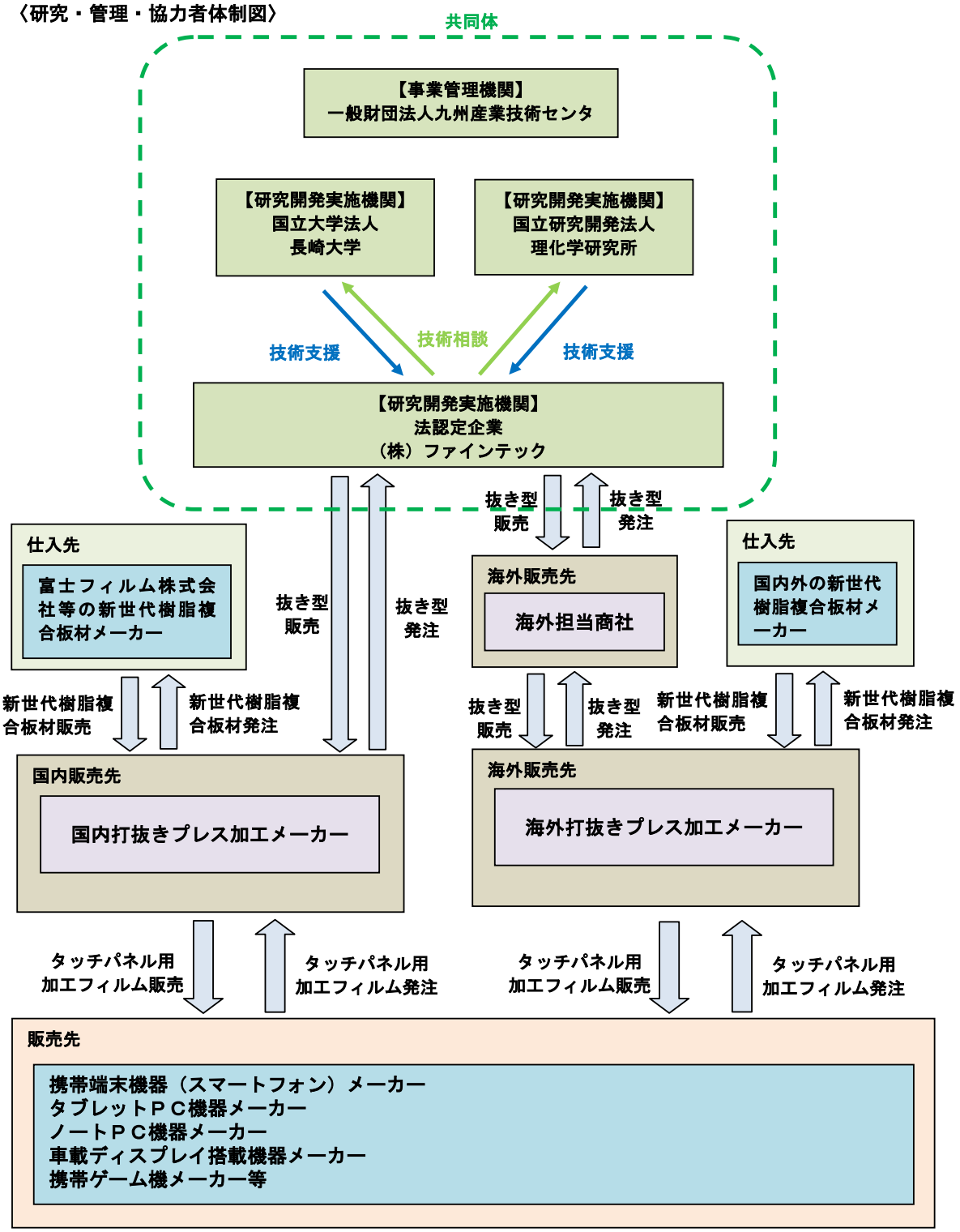
抜き型を用い、積層された材料について下死点の最適化とともに切断加工速度の最適化を図り、ガラス代替複合シートの切断面からのクラックの発生幅と、積層されている粘着剤塑性流動によるシワの発生幅を、0．1mm以下（川下企業ニーズ）を達成する。

目標値：クラック＆シワ　0．1mm以下

結　果：50μm以下達成（PET ベース多層フィルムで実現）

１－２ 研究体制

〈研究・管理・協力者体制図〉



1）事業管理機関

一般財団法人 九州産業技術センター

〒803－0801 福岡県福岡市博多区博多駅東二丁目13番24号

2）研究実施場所

株式会社 ファインテック

〒832－0081 福岡県 柳川市 西浜武 575－1

共同研究機関 1

国立大学法人長崎大学

〒 852－8521 長崎県長崎市文教町 1-14

共同研究機関 2

国立研究開発法人理化学研究所

〒351－0198）埼玉県和光市広沢2番1号

3）研究員

研究機関名	氏 名	所属・役職
(株)ファインテック	山内 克彦	管理部長
	秋山 秀親	技術開発部技術開発課長
	徳永 賢司	技術開発部技術開発課試作係長
	永尾 暁	技術開発部技術開発課技術開発係 主任
	永松 拓也	技術開発部技術開発課試作係 グループ長
国立大学法人 長崎大学	矢澤 孝哲	大学院工学研究科精密生産技術研究室 教授
国立研究開発法人 理化学研究所	髙橋 一郎	光量子工学研究領域 光量子技術基盤開発グループ技術基盤支援チーム 副チームリーダー

１－３　成果概要

・特殊研削盤を用い刃先先端R100nm±50nm の曲線刃の製作

・特殊研削盤を用いた刃先仕上げプログラムの開発

・加工精度向上の取り組み従来最小切込み0．１μm／パス　⇒　10nm／パス

（加工室の温度と湿度管理の精度アップ、小径軸付砥石のクランプ精度向上、安定不導体被覆の形成ノウハウ取得）

・＃4K から超高番手までの8種類での特殊研削の条件出しと研削面評価、超高番手砥石研削加工実現

・平面研削＃20K で特殊研削加工面粗さ Ra：1．57nm を達成

加工面粗さで Ra：27nm を達成

・切断現象の考察

・二次元切削モデルからの切断力の解析

・切断の3ステップの設定

・刃先先端を鋭利にする効果

・刃先形状と切断応力（超硬の刃先も切断時に曲がる）の解明

・特殊砥石による更なる鋭角刃先の成形への可能性

・当社超硬刃先加工ラインナップの形成

１－４　当該研究開発の連絡窓口

所属　　一般財団法人 九州産業技術センター

氏名　　技術振興部　次長　米田　毅彦

TEL　　092－411－7394

FAX　　092－472－6688

E-Mail　　yoneda@kitec.or.jp

所属　　株式会社 ファインテック

氏名　　管理部　部長　山内　克彦

TEL　　0943－73—0877

FAX　　0943—74－1645

E-Mail　　k-yamauchi@f-finetec.co.jp

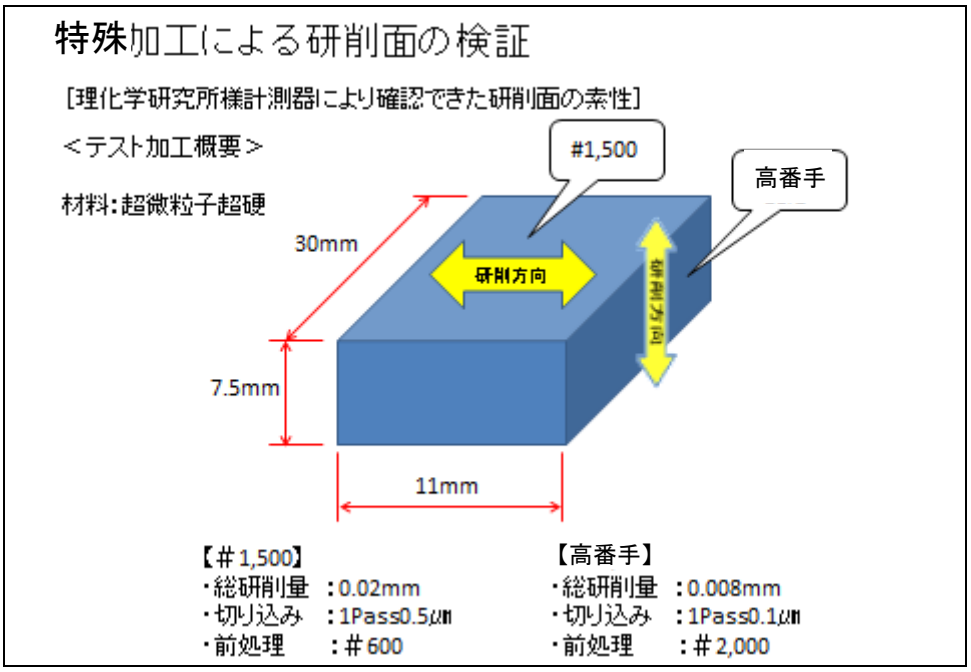
第2章　本論ー（1）

２－１高精度加工技術の開発

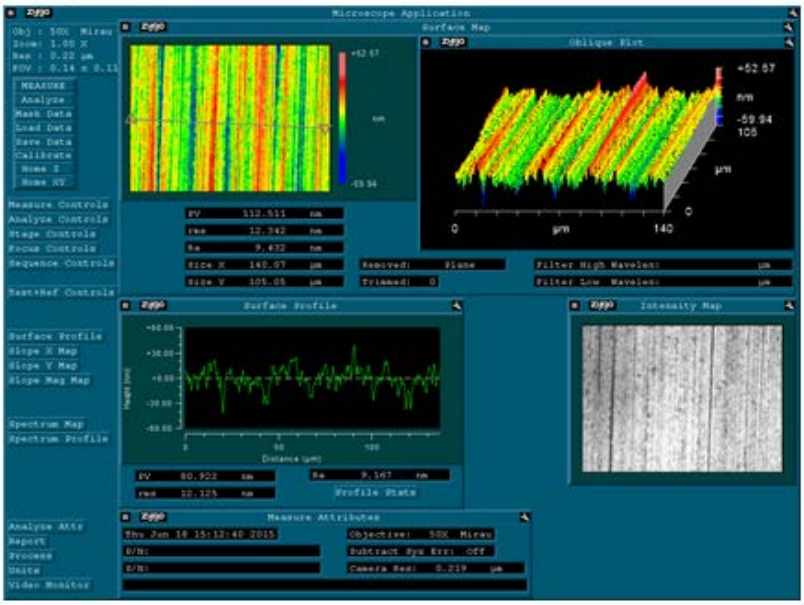
・特殊加工条件の最適化

理化学研究所の特殊加工の専門家高橋先生や特殊加工装置メーカーの助言と長崎大学工学部　矢澤先生のアドバイスを頂き、曲線刃先成形加工に適した研削盤の選定を行なった。 特殊研削盤に決定し、機械メーカーと打合せを実施設備決定後、装置メーカーと所定の加工装置で特殊加工を行うための装置開発を行い導入した。

次に特殊研削盤で安定した刃先形状を造り込む為、安定した特殊加工が不可欠であり、具体的に実機での特殊加工工法検討を実施し、条件出しを行った。

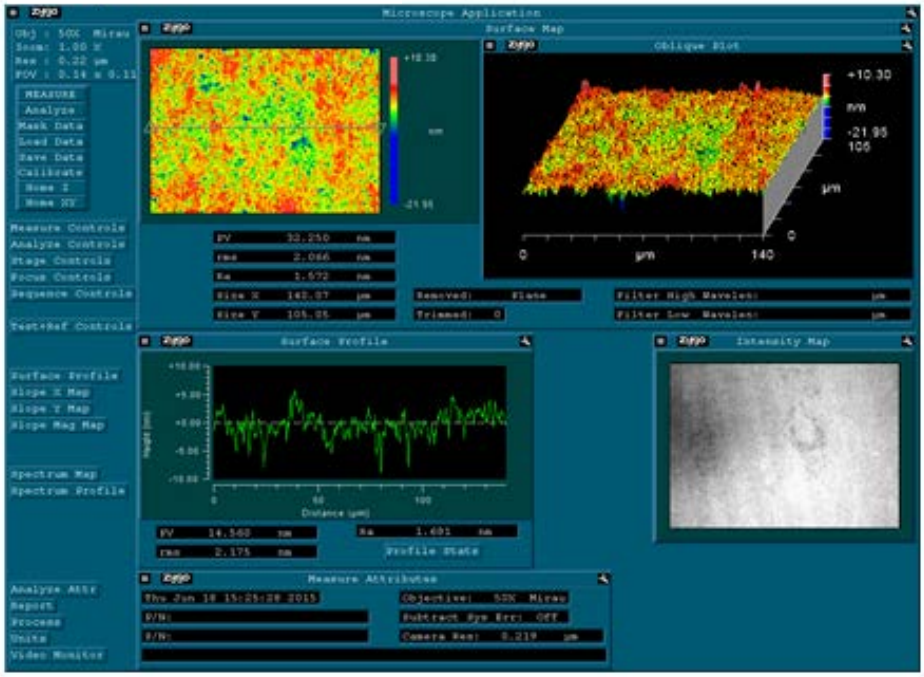


＜ #1,500 面粗さ測定結果＞



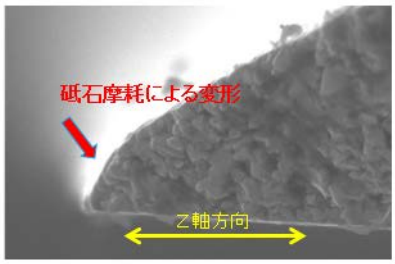
（以下 Zygo 社 3 次元プロファイラー最高精度計測器の添付測定データは、理化学研究所で専任測定技術者による測定値）

<高番手面粗さ測定結果>



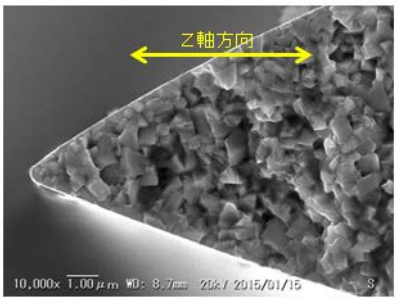
Ra1．57nm の面粗さが達成できた。

小径軸付砥石での
Ｚ軸加工



Ｚ軸加工無し

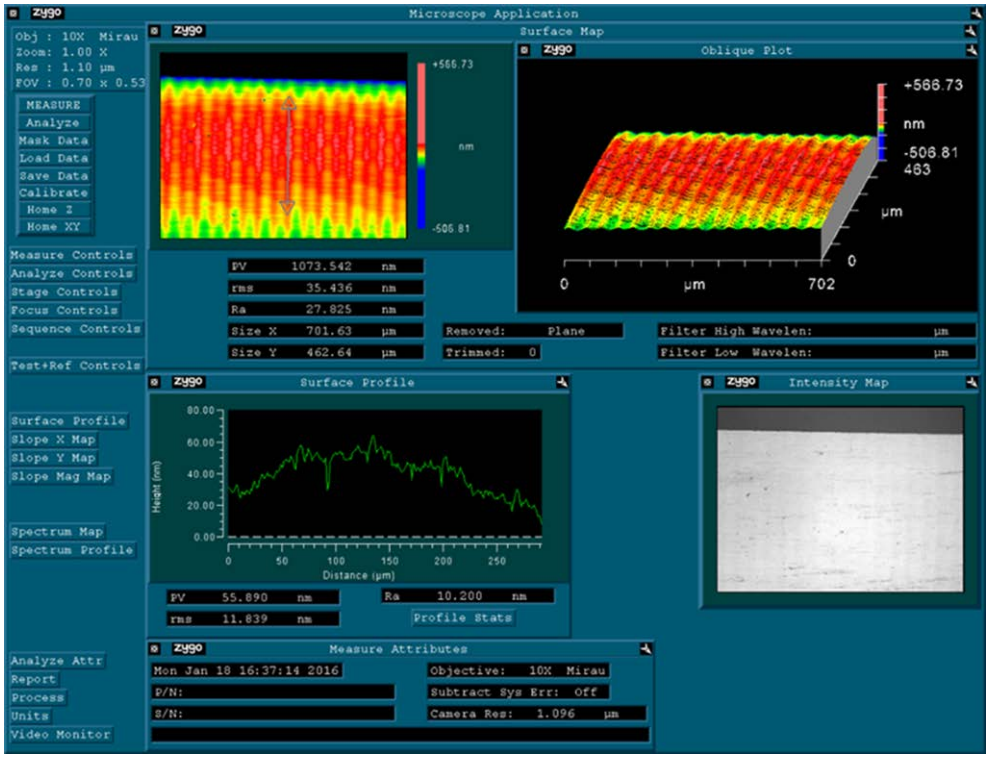
Ｚ軸加工有り



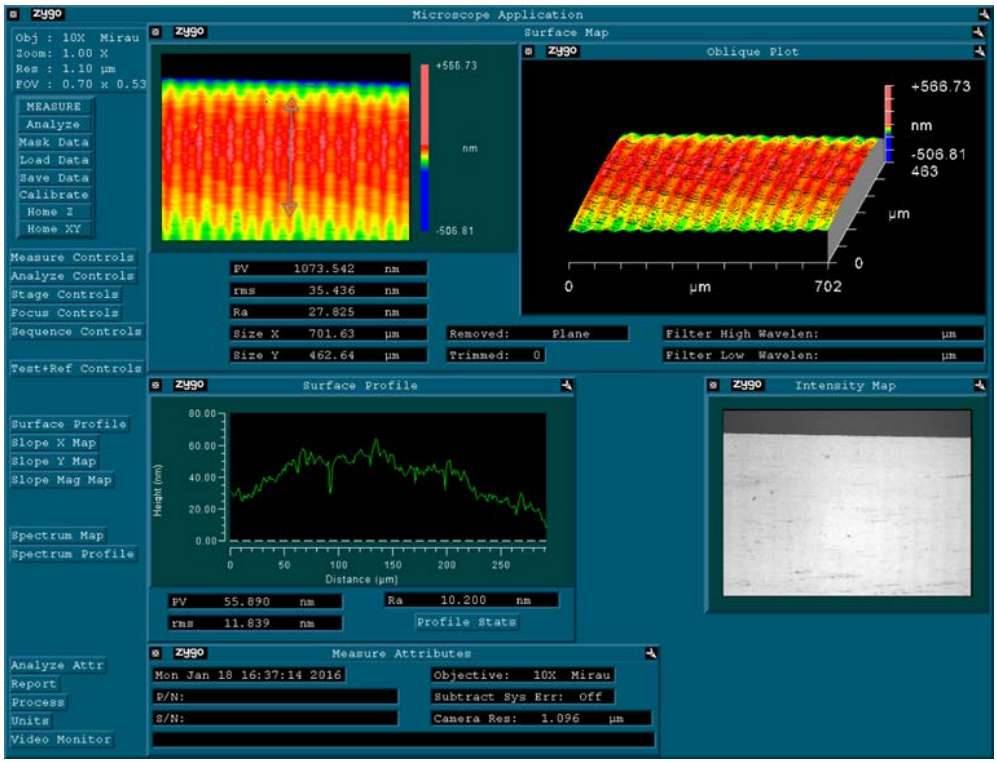
さらに、特殊研削盤の弱点である砥石摩耗による刃先の断面写真を示す。Ｚ軸加工無しの場合　上図の様に刃先先端付近が湾曲しやすい。これは小径スピンドルで小径(Φ6mm以下)砥石を高速で回転させ加工を行う為同じ高さ(Ｚ軸)位置まで研削により磨滅するが、それ以外はワークと接触しない為、砥石に段が出来、その形状が被削材に写った結果である。対策としてＺ軸加工動作を取り入れた加工面の状況を添付する。このＺ軸加工動作を入れることによりどうしても加工面粗さが悪化するこの加工面観察データーを以下に示す。これは、片刃(片側が0°　もう片方が30°　の刃先)を特殊研削盤で加工した刃先近傍の３次元プロファイル観察結果である。

今回、特殊加工の条件出しを行う中で、切込み30nm／パスの50往復加工で総切込み　1μmの研磨が実現でき、表面粗さRa6．8～10nmの加工が確認できた。

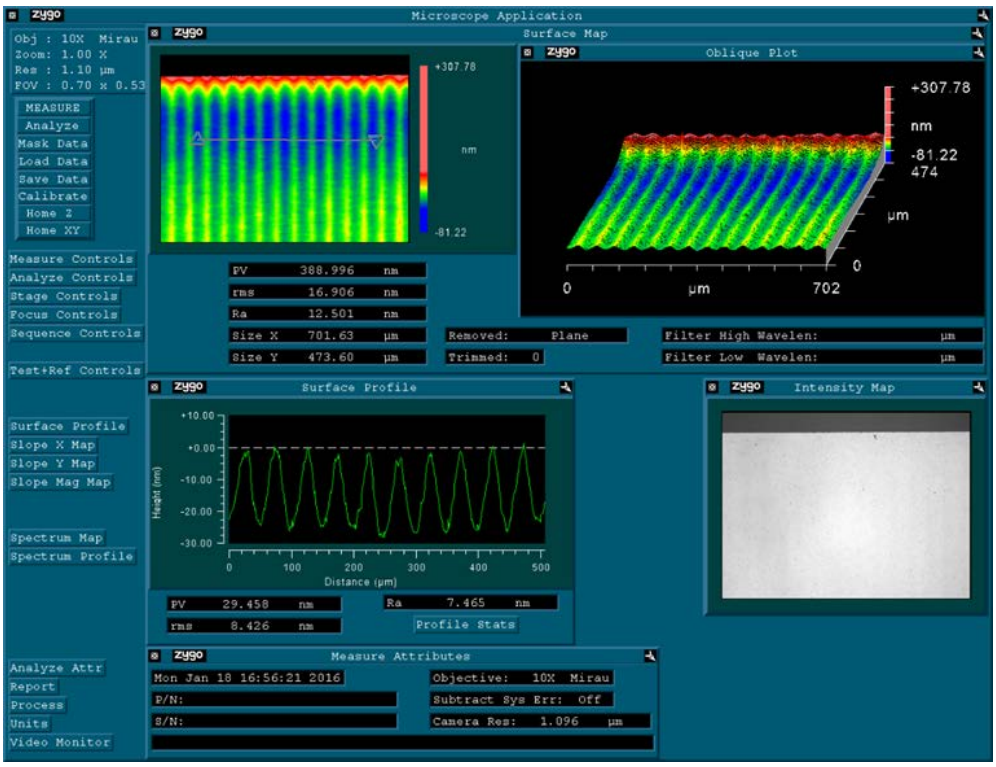
0°面Z軸加工スジ　：Ra27.8nm



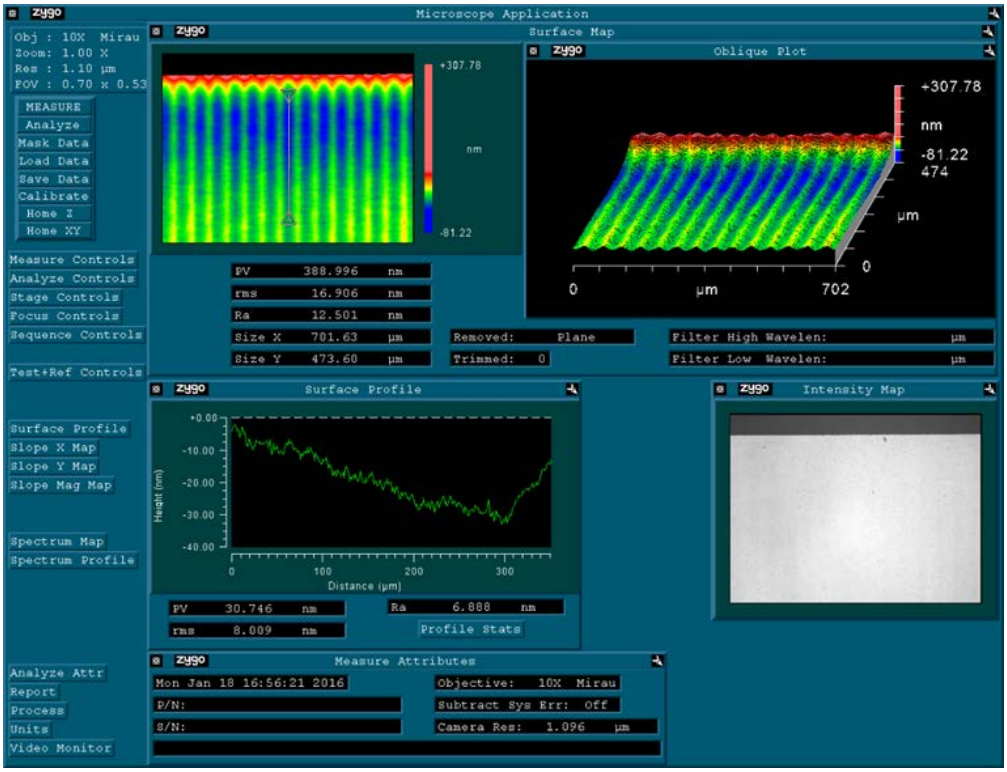
0°面砥粒研削スジ



30°面Z軸加工スジ Ra:12.5nm

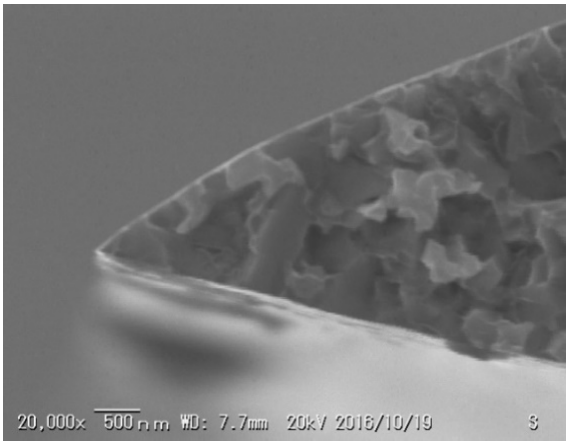


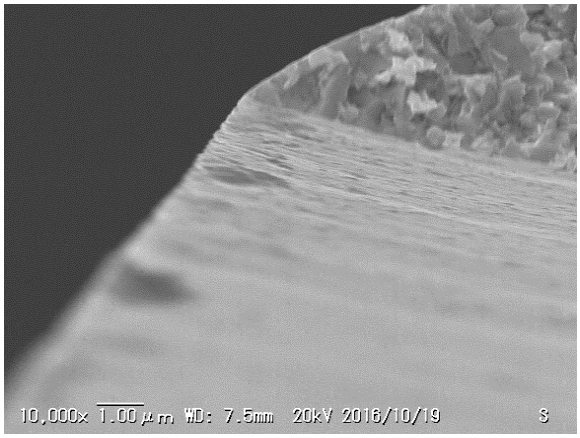
30°面砥粒研削スジ

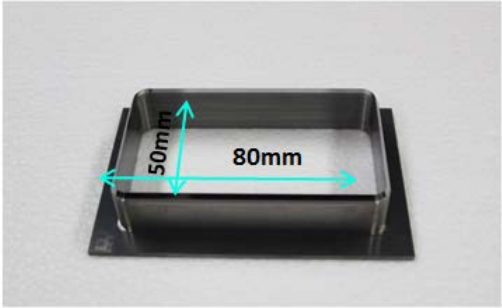


・特殊砥石での刃先仕上げ

上記の3次元プロファイルでも明らかな通り、Z 軸加工による研削痕が残っている。この刃先付近の研削跡を極力小さくする為、特殊砥石を用い追加加工を行った。刃先先端の尖りは、当社の最鋭先端の R30nm 以下が期待できる形状が確認できたが、安定した加工条件確立と更なる鋭利化（R20nm）をめざし条件を詰める。なお、更なる鋭利化と安定化を進める。

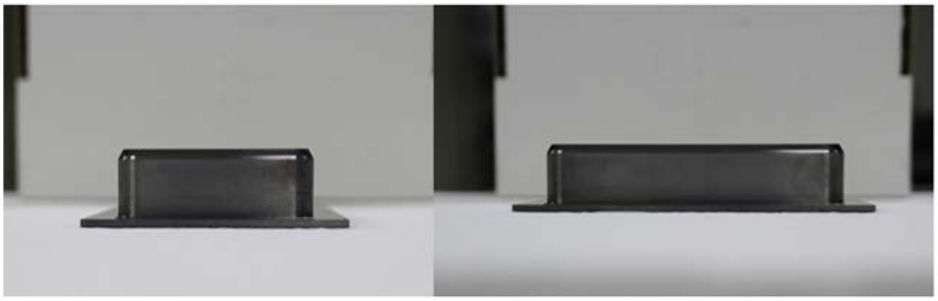






一体成型抜型全体図
4コーナーのRは5mm
計画通りの刃先先端 R100nm
の一体抜き型を成形した。

全体写真と左右の側面写真を示す。

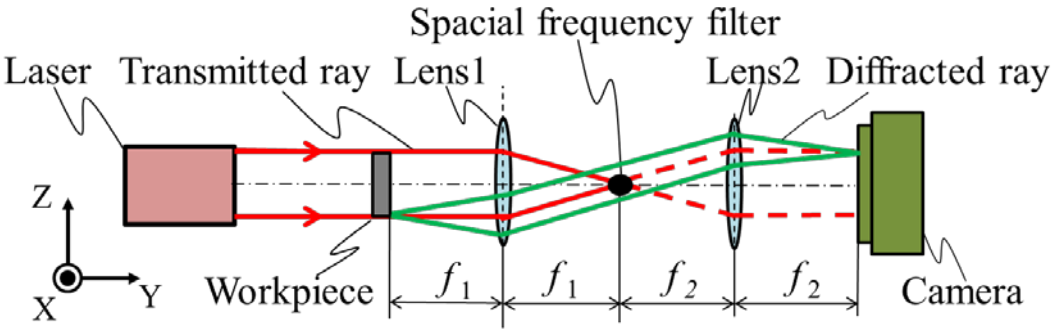


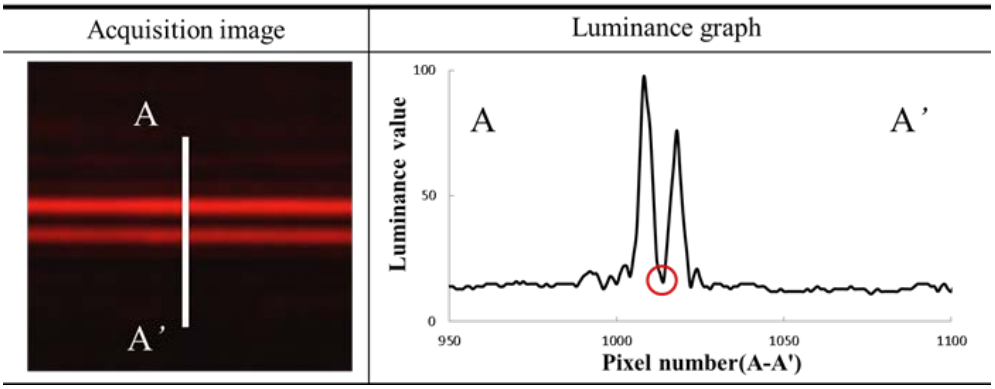
２－２　刃先検査装置の開発

・刃先検査装置の検出原理と検出性能

刃物を製作する材料の超硬はその性質のため，刃先部にチッピングが生じやすい問題がある。このまま切断加工を行うと、切断面品質に悪影響を及ぼすことが分かっており、チッピングを刃物全長に渡り検査する必要がある。そこで、全自動で計測する刃先検査装置を、長崎大学にて開発した。

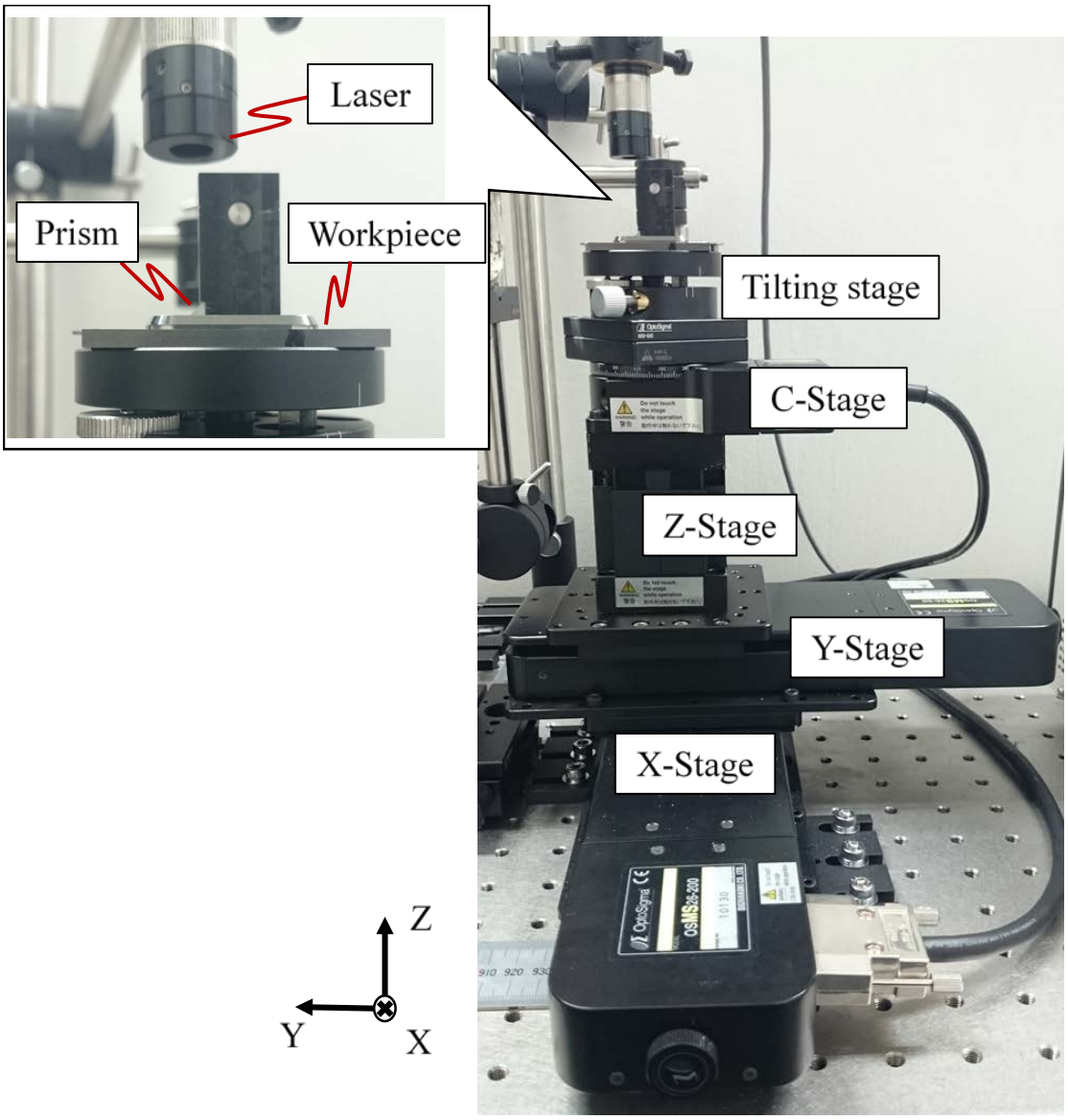
空間周波数フィルタリング（アンチピンホール法）によるエッジ検出原理を示す。レーザー光を測定物のエッジに照射すると、0 次光である透過光と次数の高い回折光が生じる。このうち、これらの光がレンズ 1 とレンズ 2 を通りカメラに結像すると、干渉を起こしエッジの像が不鮮明になる。そこで、レンズ 1 の後側焦点に 0 次光を遮断する空間周波数フィルタを設置すると、高次回折光のみがカメラに結像し、鮮明なエッジの像取得可能になる。計測倍率 1 倍の空間周波数フィルタリング像と、その画像の任意の断面 A-A’の輝度グラフを示す。エッジ部は、グラフの極大値間の極小値に相当する。



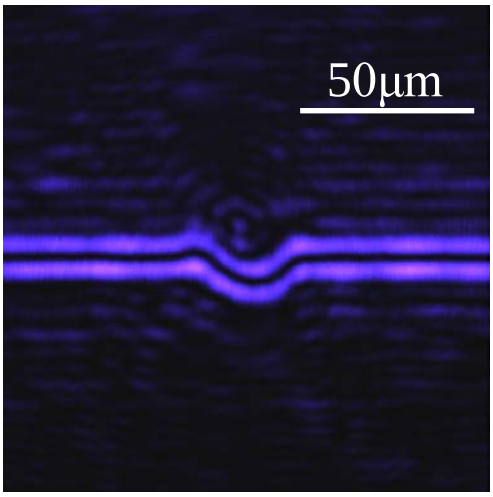
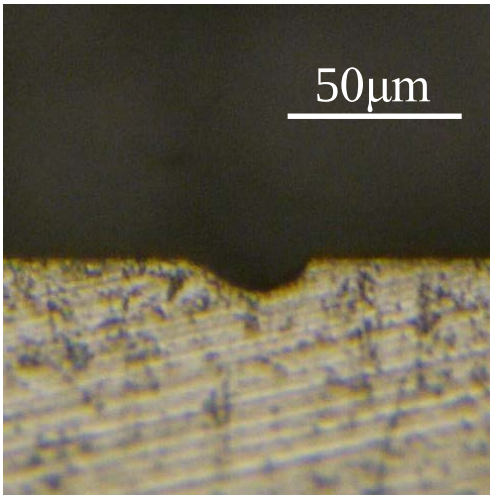


Diode laser	Output	50[mW]
	Ellipse axis diameter	2.3[mm] × 1.2[mm]
	Wavelength	λ=405[nm]
Lens1		D_1 = 50[mm], f_1 = 50[mm]
Lens2		D_2 = 50[mm], f_2 = 50[mm]
Lens3		D_3 = 6.3[mm], f_3 = 4[mm]
Lens4		D_4 = 77[mm], f_4 = 240[mm]
Pin gage		D =0.5[mm]
Workpiece		Straightline blade
USB Camera (STC-MCCM401U3V)	Pixel number	2048(H) × 2048(V)
	Cell size[μm]	5.5(H) × 5.5(V)
	Frame rate	89fps
	Shutter speed	1/900[s]

この原理を用いて開発した検査装置の仕様と写真は以下になる。



この光学系を用いてチッピング検査した結果と顕微鏡写真との対比を以下の表に示す。本装置で検査した欠陥は、7.2μm であるのに対し、顕微鏡観察結果は 7μm である。この差は、白色光源を使用している顕微鏡写真ではエッジ部に色収差(黄色部)が発生し、どこが本来のエッジかを不鮮明にしているため、サブミクロンの計測制度が保証できていないために生じている。以上より、定性的にも定量的にも十分なチッピング検出ができることがわかる。

Optical system	Micro scope(VHX-1000)
	

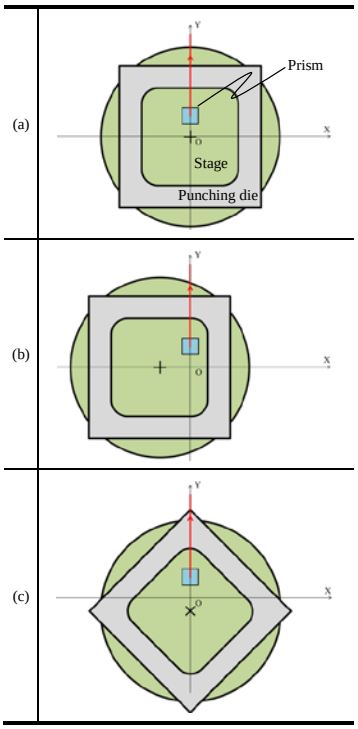
・刃先検査装置による全周のチッピング検出

金型が金型の重心と C 軸ステージの中心軸の x、y 方向の位置が完全に一致した状態で取付けられ、刃先に対するレーザーの照射位置が把握できていると仮定する。そして、次の(a)(b)(c)に従って、刃先の全周を検査する。

(a)刃先の直線部の計測時に、C 軸ステージの回転中心と y 軸が交わる点を原点とおき、x 軸を定める。

(b)回転中心を原点から x 軸方向へ移動させながら、直線部と曲率部の境界まで計測する。

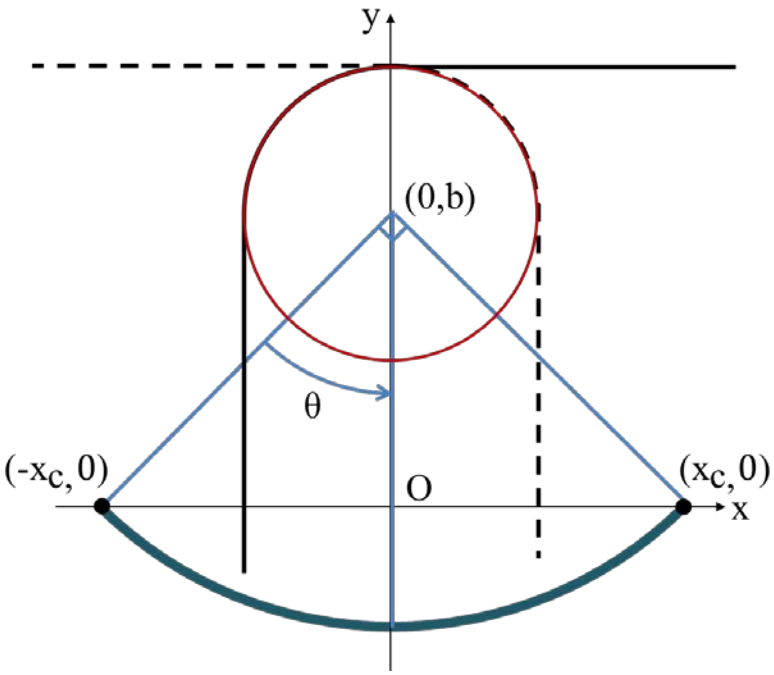
(c)曲率部の法線に沿ってレーザーが照射されるようにステージを制御する。



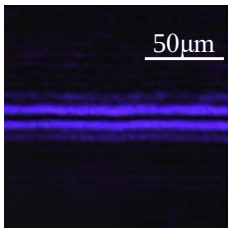
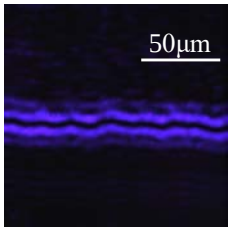
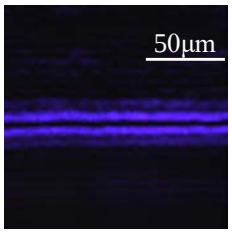
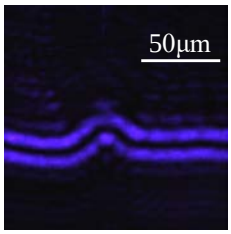
以下のように曲率部の測定開始時と終了時の回転中心軸座標を、それぞれ$(-x_c, 0)$、$(x_c, 0)$とし、その時の曲率中心座標を$(0,b)$とする。回転中心座標と回転角度は、それぞれ以下の式で導くことができる。

$$x^2 + (y-b)^2 = (\sqrt{{x_c}^2 + b^2})^2$$

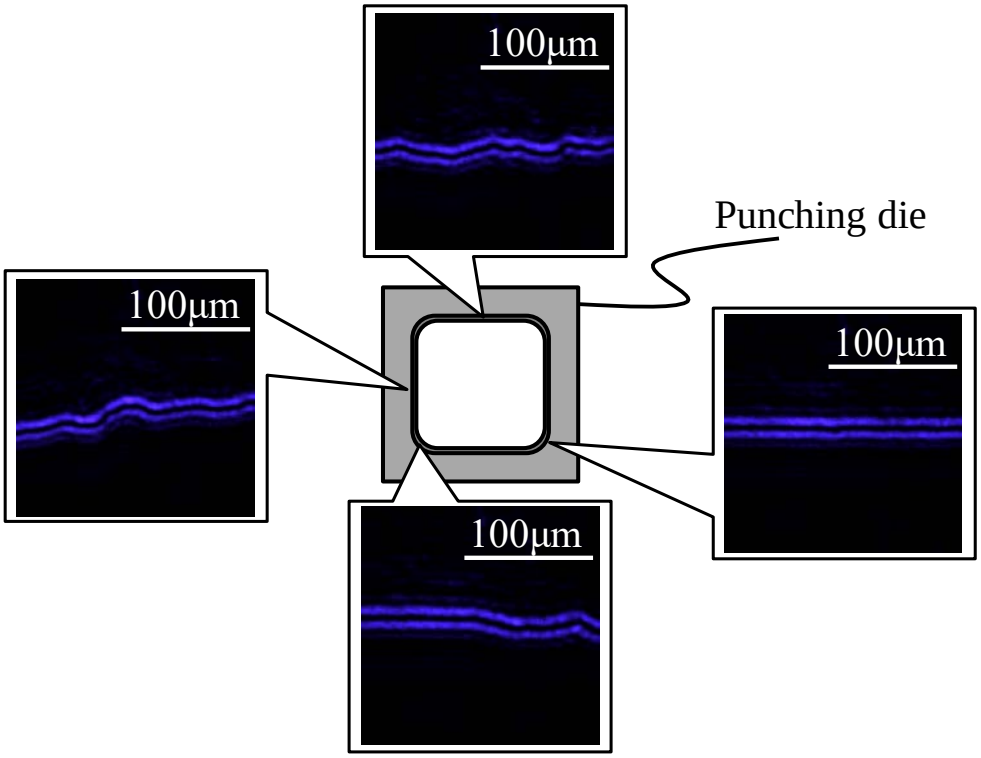
$$\theta = 180 - 2\tan^{-1}\sqrt{\frac{4(\sqrt{x_c{}^2+b^2})^2}{(x+x_c)^2+y^2}-1}$$



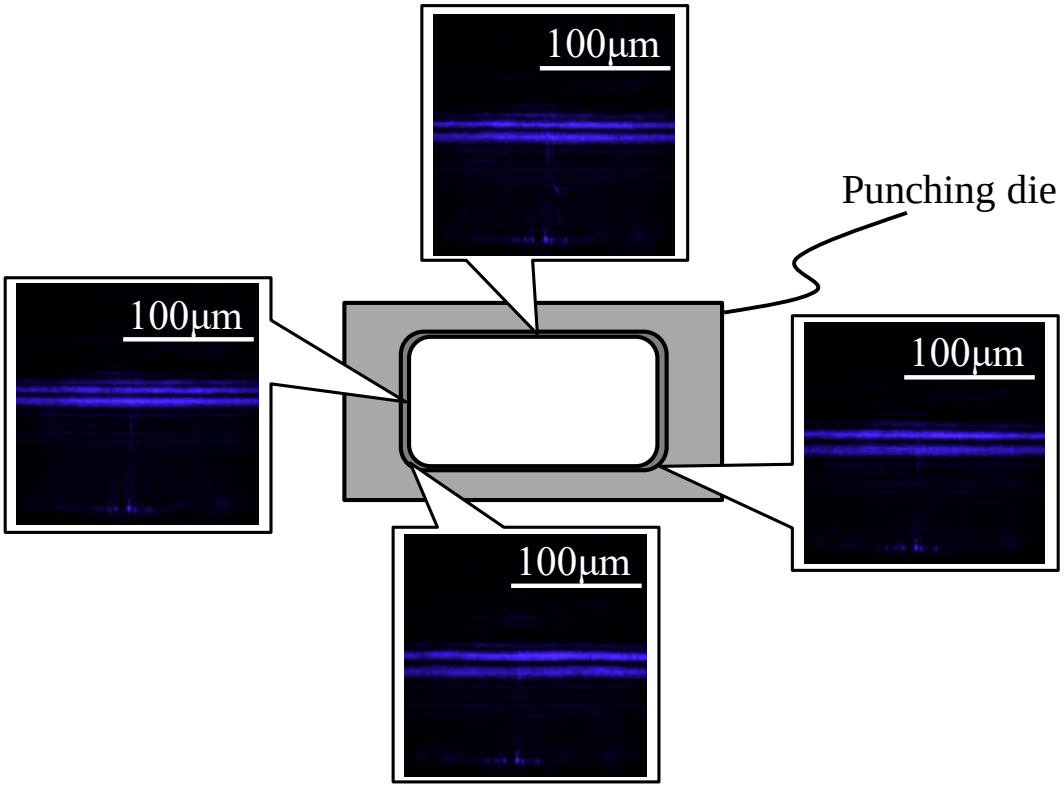
以下の表は，刃物の直線部と曲率部の検査結果例である。どちらも問題なく検査できていることが分かる。

	Without error	With error
Straight segment		
Curvature segment		

以上の方法により、開発した刃先検査装置を用いて刃先全周を自動検査した結果が以下になる。金型(a)に関しては、チッピングも多く観察されているのに対し、最適化された条件で加工した金型(b)にはチッピングがなく、十分な精度で加工されていることがわかる。



金型(a)検査結果



金型(b)検査結果

以上のように、刃先を全自動で全周計測する検査装置を開発した。今後は、検査の更なる高速化と、現在 5 ㎜である検出対象刃物の曲率部の曲率半径をサブミクロンレベルまで対応できるものに進化させる。

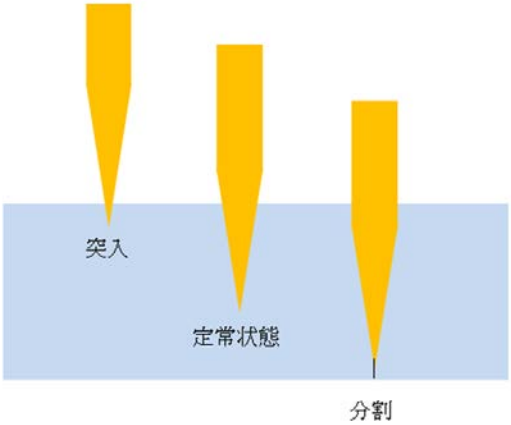
2－3　切断加工の考察

1）切断の3ステップ

切断によりワークを切断する際の刃物は、下図の様に3ステップで考察する。

第一ステップ

刃先突入:刃先がワーク表面に接触し、刃先先端でワークを圧縮破壊しながら進行する。刃先が進行する中で、刃物側面からの拡開力が増大し、この力による刃先直前のワークが引張破壊に変化して行く。



第二ステップ（定常切断）

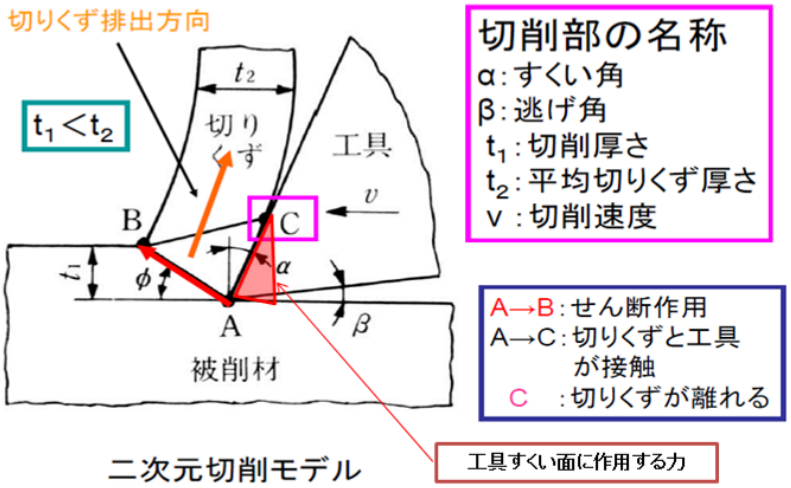
刃先先端直前のワークが刃物側面からの拡開力で引張破壊され切断が進行する。刃先先端 R の極小化で大きく切断特性を左右させる。

第三ステップ　（分割）

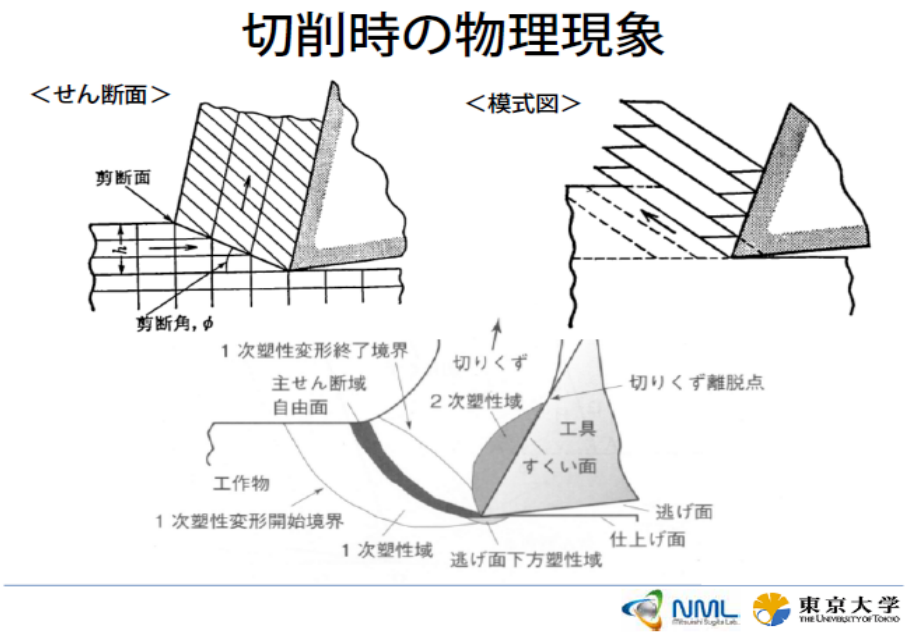
刃先側面からの拡開力が、ワークの切断残り部の引張破壊抵抗を上回り、ワークが分断される。

2）2 次元切削理論からの展開

加工理論の基礎となる 2 次元切削モデル図を下図に示す。（東京大学　杉田直彦氏のレポートより引用）



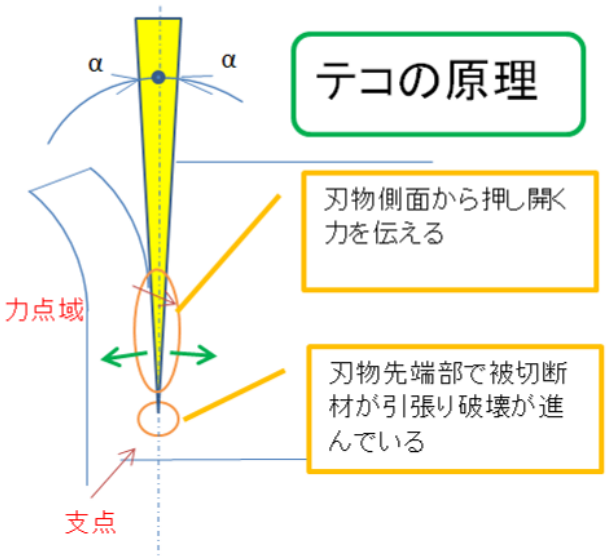
二次元切削モデル



このモデルの工具（刃物）すくい角：αを小さくし、切りくずの変形量を小さくしたものを一般的な切断現象と位置付ける。 そこで切取厚さ:d が切断厚さとなる。片刃刃物ではこのモデルがそのまま当てはまるが、両刃の刃物では、刃先逃げ面側に刃物とすくい面側の切りくずを 180 度反転して接合したものになる。一般的な切断現象では、切りくずのせん断変形がほとんど無くワークと刃物の接触面（2 次元切削モデルの切りくず部）から刃先先端前方の引張破壊力が供給される。

3）切断は引張破壊現象

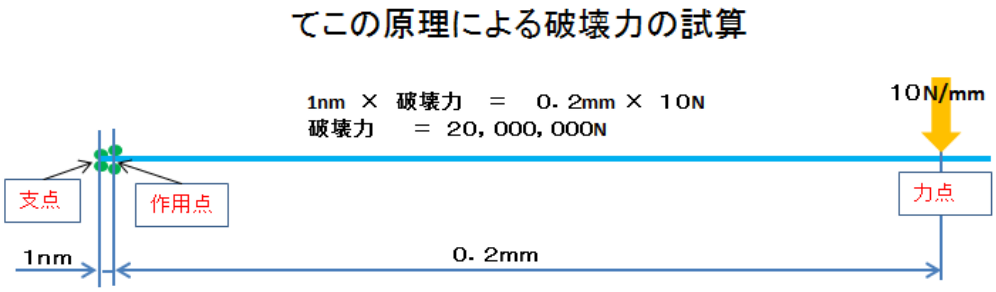
切断現象に置き換えたモデルを下図に示す。



刃物に掛ける切断力で刃物が前進する。この力は切断ワークに刃物体積分を圧縮変形さ

せながら、刃先側面の力点域（刃先先端から被切断材が刃物と接触している領域）より刃先先端前方の破壊点(作用点)に引張破壊力を作用させ切断を進行させる。この引張破壊力は、テコの原理により膨大に増幅される。刃先角度：２αを 20°、刃先先端を引張破壊点と考え、その直前の非破壊部（具体的には破壊点に近付くほど引張破壊限界点近くに引っ張られている）を支点と考える。また原子レベルで切断が進んでいると考えてこの原理が成り立っていると仮定する。

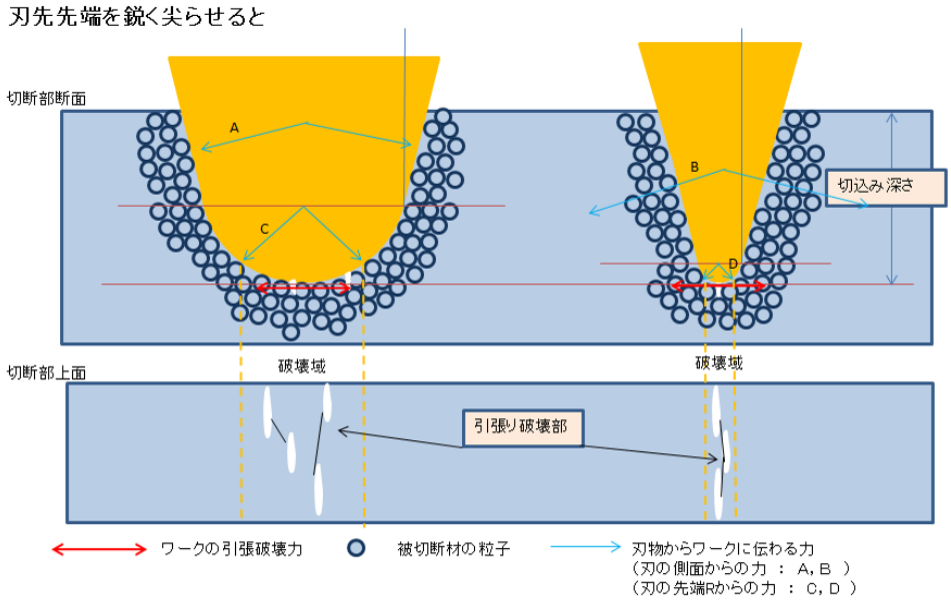
また、一般的な樹脂材切断における力点域を0．5mmこの作用中心を刃先から0．2mmと仮定する。切断力10N／mm（実測値 PET 材50mmの切断幅で、切断力500N）



上記計算により 2 千万Nmm の引張破壊力が作用する。この引張破壊力が、切断現象を進めるメインの力となる。

4）刃先先端の鋭利化

刃先先端を鋭利化する効果を考察する。被削材粒子を考え、下図のモデル図で考察する。

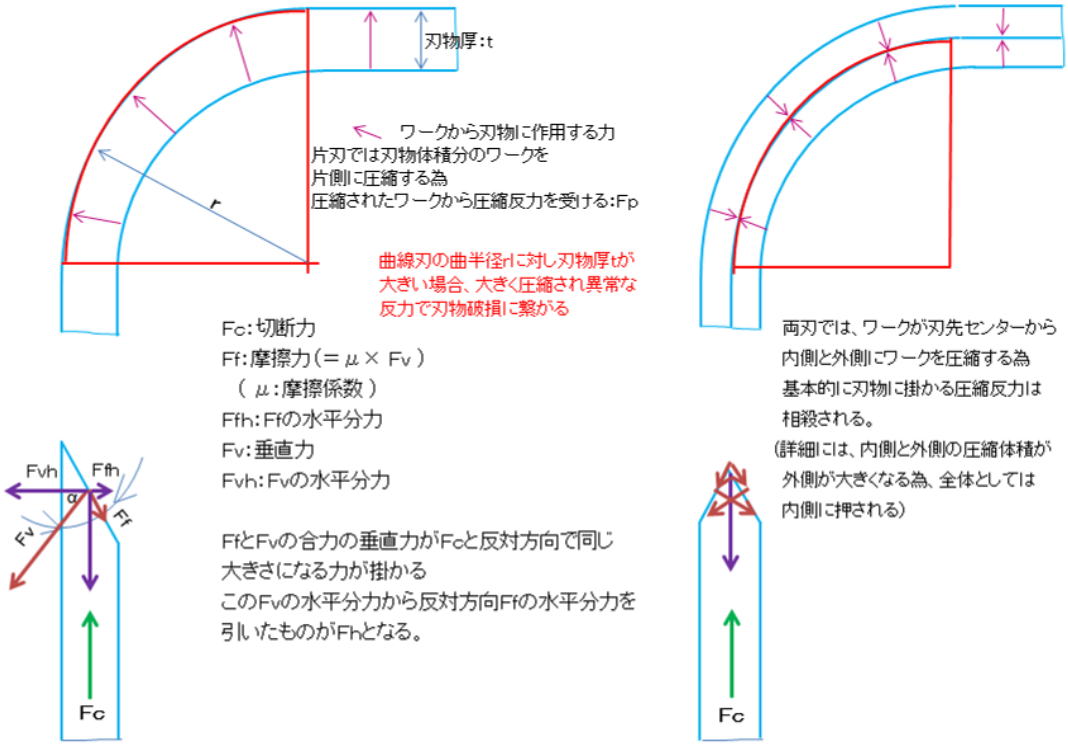


ワークの切断が刃先先端直前の引張破壊現象が連続的に進む場合切断は、刃先先端直前の破壊予備域中の最弱点から引張破壊による亀裂が発生する、予備域内で複数個の亀裂が発生し、連結し、さらに刃先面が圧着しながらこすることにより切断面が形成される。この際、切断面にならなかった亀裂部が、切断屑として刃先面に付着し易い。

上記より、切断面粗度も当然刃先先端Rが小さいほど良化することになる。刃先先端Rが大きいと、上図の様に破壊予備域が大きくなり、この予備域大きさに比例し破壊限界状態にする為の切断力は増大する。更に、刃先先端Rが大きければ大きいほど刃先切込み量に対する被切断材の排除量も多くなり合わせて切断力がより大きくなる。このことから、刃先先端Rを小さくすると、切断力を集中させ、切断力を小さくし切断面を良化させることがわかる。

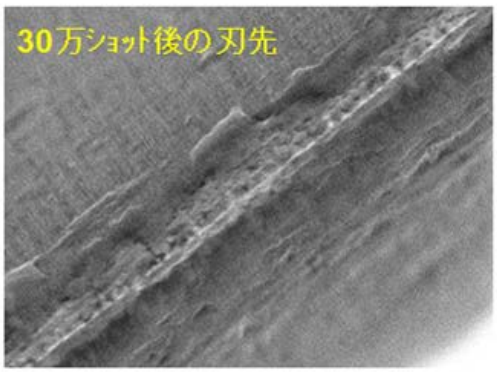
5）切断に作用する力

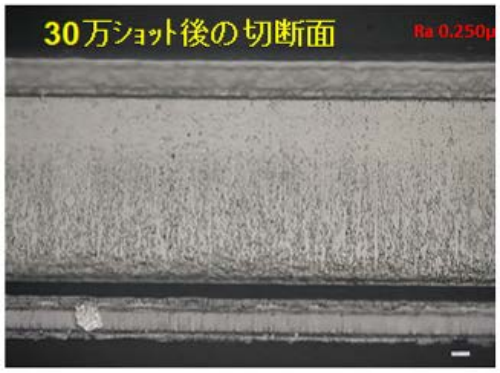
曲線成形用の刃物として片刃と両刃を考察する。片刃の場合は、被切断材が片側に圧縮され刃物に圧縮反力を及ぼす。曲線刃内側の半径が刃物厚さの 5 倍以内では、特に大きな圧縮反力を生み刃物を押し広げる。合わせて刃先傾きの反対側に大きな水平力が作用する。これにより切断面が曲がる。両刃の場合は、基本的に内側と外側でワークの圧縮力は相殺され、刃先がまっすぐ進むことで、切断面が曲がりにくい。



6）刃先摩耗と切断面粗さ

超硬製切断刃物でペットベース新世代複合板材を 10 万ショット切断後、最後のワーク切断面の表面粗さを測定し検証を行った Ra:0.25 μmの面粗さが確保できた。





7）切断面横のシワ・クラック改善

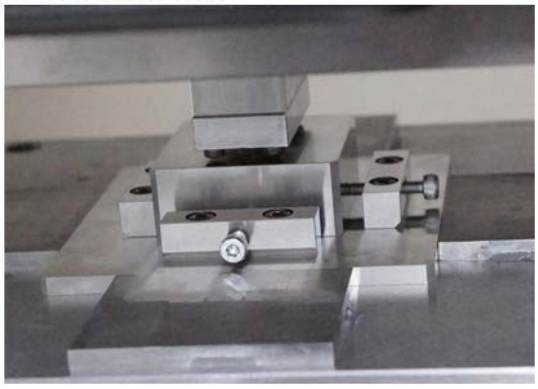
曲線刃型で上下面硬質処理のガラス代替フィルムでクラック及びシワ0．1mm以下を達成した。打ち抜きプレス速度：1ショット0．3秒（3面取りで0．1秒／1 枚も可能）、ワーク押え条件：ストリッパー拘束で実現した。

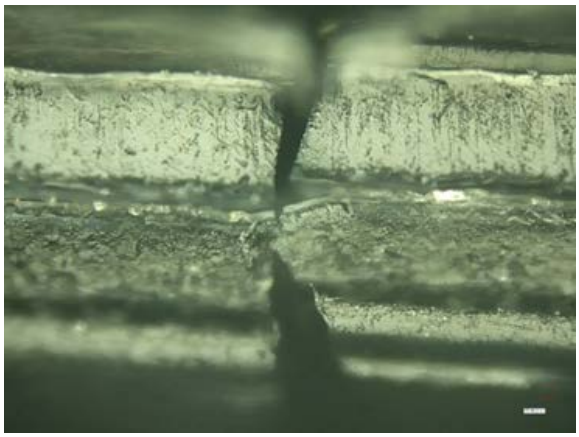
（100 枚打ち抜き10枚毎の全周検査で確認）

・上下切断技術の紹介

具体的に新世代複合板材の上下切断テストを行った結果を示す。上下より同時に刃物を入れるとワーク挙動が不安定になり狙いとする切断面が得られないが、ワークを金属板にバネで荷重し、丁度対向位置に刃物を入れたテスト概要を示す。

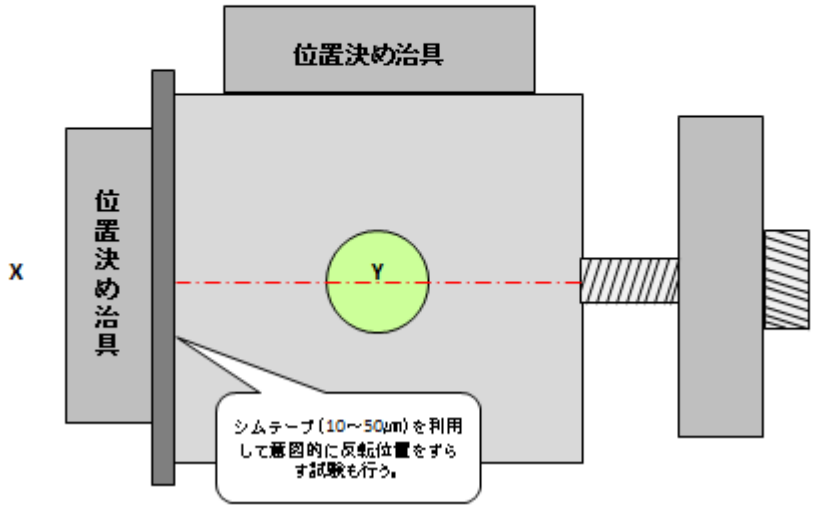
反転切テスト概要





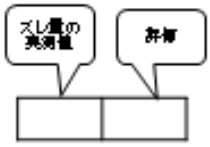
＜試験条件＞

・プレス速度：20mm/sec（従来の標準速度の倍・60SPM相当）
　※速度30mm/sec以上に於いては、下死点の精度が安定せず
・下敷き：無し（直接鉄素材のピンの上にワークを設置）



硬質樹脂フィルムでの上下対抗切りテスト
（現在ユーザーの加工設備の精度検討中）

【試験結果表】



＜評価＞
□・・・クラック・バリ共に無し
△・・・クラックは無し、ズレによるバリが発生
×・・・クラック発生

※ズレ量の単位はμm

狙い値	n1		n2		n3		所感
0μm	ほぼ0	□	ほぼ0	□	ほぼ0	□	クラック・バリ共に無し
10μm	12	□	14	□	10未満	□	クラック・バリ共に無し
20μm	21	□	22	□	21	□	クラック・バリ共に無し
30μm	36	△	31	△	37	△	ズレによるバリが出始める
40μm	48	△	48	△	42	△	ズレによるバリ有り
50μm	61	×	68	△	68	×	クラック発生の可能性高

上記試験を実施した結果、硬質層がフィルムの上下に2枚存在する場合は、有効な事がわかった。また、切断面の側面でも確認できる通り片刃の場合は、刃痕が湾曲している事が観察できた。

２－４　刃先加工形状の進化

当社では、２－３の切断現象の解析内容をベースに刃先先端形状の造り込みを下記２点に特に重点を置き継続して進めている。

・刃先先端Ｒの極小化

・刃先特殊形状の造り込み

２０１５年の加工一覧表とその後の進化を以下の刃先形状写真で報告する。このサポイン取組以前は、刃先先端形状造り込みに高番手砥粒を主に活用してきたが、このサポイン事業で検討した特殊加工の更なる可能性も見えて来たため、刃先先端 R10 nm レベルを２０１７年前半を目途に実現する予定である。

・最新の刃先先端Ｒ極小化への取り組み

サポイン終了後も、引き続き刃先先端　R極小化への取り組みを進めている。

最終章　全体総括

今回のサポイン事業を採択頂き大変ありがとうございました。当社は、新たにフラットパネルディスプレーに活用されている高機能フィルムをターゲットに、外形成型用の切断刃物開発に力を入れております。特に刃先先端の加工に焦点を当て、超硬製の刃物で刃先先端 R30nmの刃物造りを可能に出来ました。この結果、タッチパネル用の多層フィルムや等々の切断刃物を商品化でき、お客様に大変喜んで頂き、強いパートナーシップを作り上げる事が出来ました。

しかしながら、刃物は大変身近な工具である反面、その可能性や切断現象に関わる研究も進んでおらず、弊社で今回取り組んだような理論仮説さえ進んでおりません。切断と一言で言っても、せん断現象を利用したハサミやダイ＆パンチでの切断からのこぎりや砥石を利用した切断、そして包丁の様に左右に分けるものまで大変多様に存在しております。せん断現象を利用したものは、産業界に多数導入されておりますが、鋭利な刃先先端をもつ刃物による割断は、超硬素材の様な非常に硬い素材を活用することにより、種々の分野で活用される可能性があります。引続き、刃先先端 R10nm以下をめざし継続的な開発を行っていきます。また、今後弊社の最先端切断技術を活用した切断装置開発へとステップアップし、更なる社会貢献を実現したいと考えております。

是非皆様方からのご指導ご鞭撻、ご要望を頂きますよう心よりお願い申し上げます。