

# 旋盤による耐熱高分子材料及び

## アクリル材の加工例

工学部機械システム工学科

文部技官 白井健司

### 1. はじめに

工作機械にはいろいろあるが、中でもっとも多く使われているのが旋盤である。旋盤は被削材を回転させて、バイトに切り込みと送りをあたえて削る機械である。基本作業には円筒削り、端面（正面）削り、穴あけ、リーマ作業、中ぐり、突切り、ネジ切り、テーパ削り、曲面削り（総形削り）などがある。加工する材料は従来機械構造用炭素鋼や合金鋼、鋳鉄などが多かったが、近年は非鉄金属（ステンレス、真鍮、銅、アルミニウム）や樹脂（アクリル、塩化ビニル、タキロン）の加工需要が増えてきた。本報告は加工依頼のあったレーザースキャナーの高精度化を目標とした走査用レンズ接合材の耐熱高分子材料とアクリル材の加工方法と加工精度について述べる。

#### 1. 1 機械の選択

旋盤は切削によって加工物に所要の形状を与え、その寸法精度、仕上げ面の要求に対し経済的に満足させるものである。高い寸法精度を得るには、小さい切削力、つまり仕上げの際、主軸台、心押台、往復台、ベッドなどの各構成部が、加工物をチャック、あるいはセンタで支えて切削するとき、刃物の動きに対して正しい位置になければならず、また、刃物を支持する往復台も正しい直線運動を行わなければならない。また、上質の仕上げ面を得るには、刃物の動きが、ステックスリップや、ピッチング、ローリング、ヨーイングなどをしてはならない。以上のことを考慮して機械を選択する必要がある。

当工場には汎用旋盤の他NC旋盤もあるが、NC旋盤は同一工程の小中量製品の加工に適しているのに対し汎用旋盤は今回の依頼加工のような単品で精度を必要とする加工に適している。

#### 1. 2 工具（バイト）

バイトは、主に刃部の材質、構造、形状、機能及び用途によって分類される。

##### （1）刃部の材質による分類

刃部材質は被削材の材質、切削条件、仕上げ面性状によって選択されるが、加工形状や用途によって制約される。次のような種類のバイトがある。

1. 炭素工具鋼バイト
2. 合金工具鋼バイト
3. 高速度鋼バイト
4. 超硬バイト
5. サーメットバイト
6. セラミックバイト
7. ダイヤモンドバイト

##### （2）構造による分類

刃部の製作方法、またはチップのシャンクへの取付方法により区分される。主に、刃部の材質によって選択されるが、使用機械や加工用途により制約される。次の種類のバイトがある。

1. むくバイト…刃部とシャンクが同一の材質からなり、一つの材料からなり、一つの材料から形成されるバイトである。

2. 溶接バイト…刃部材料をシャンクに突合わせ溶接したバイト
3. 付刃バイト…チップをシャンクにろう付け、または溶接したバイトである。超鋼バイトに多く見られ、入手の簡易なこと、刃部の成形、とくにチップブレードの成形が自由であり、難削材の切削や切り屑処理などに有用で、多く使用されている。
4. クランプバイト…チップをシャンクに機械的に取付けたバイトである。チップを再研削しないスローアウェイ方式が多く採用されている。
5. 差込みバイト…バイトホルダの先端に、小形のバイトを差込んで、機械的に取付けたバイトで内径切削に多く使用される。

(3) 形状及び機能による各種加工方法

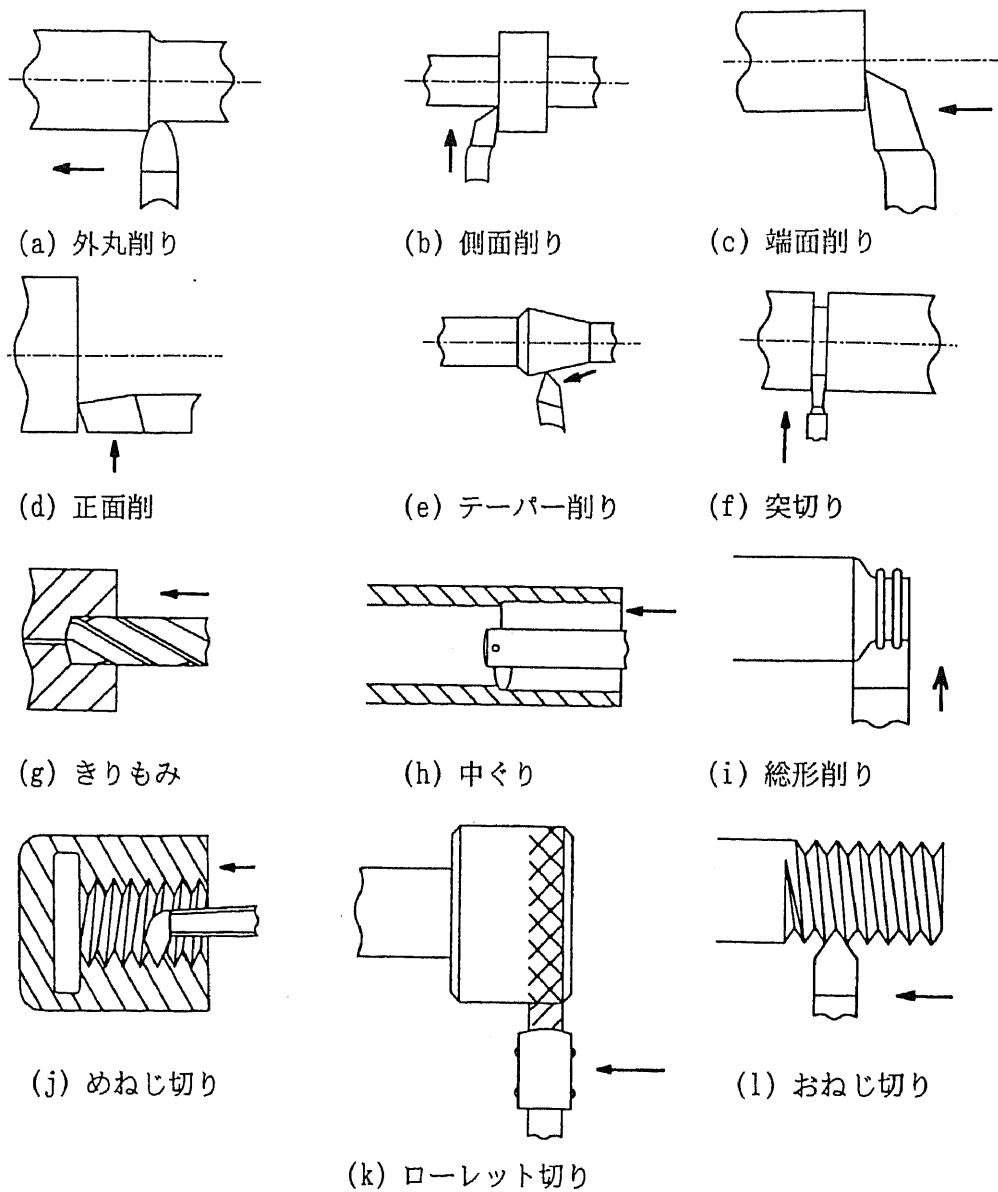


図 1 旋盤加工法の種類

## 2. 実験装置の高精度化

### 2.1 3Dレーザーイメージャーの概略及び実験装置

レーザーキャナーは、レーザープリンターやコピー機、レーザー顕微鏡などで画像情報の表示や読み取りに利用されている。図2にレーザー走査型共焦点顕微鏡の走査光学系と実験装置を示す。レーザービームはミラーで反射して、走査用レンズを通して観察物へ到達し、その時ミラースキャナーが回転することで観察面上を走査し、広い範囲を観察することができる。今回の加工は、スキャンニングレンズを固定している耐熱高分子材料（ポリイミド）とアクリル材をシュリンクフィッタの形状に加工し、実験装置の高精度化を図った。

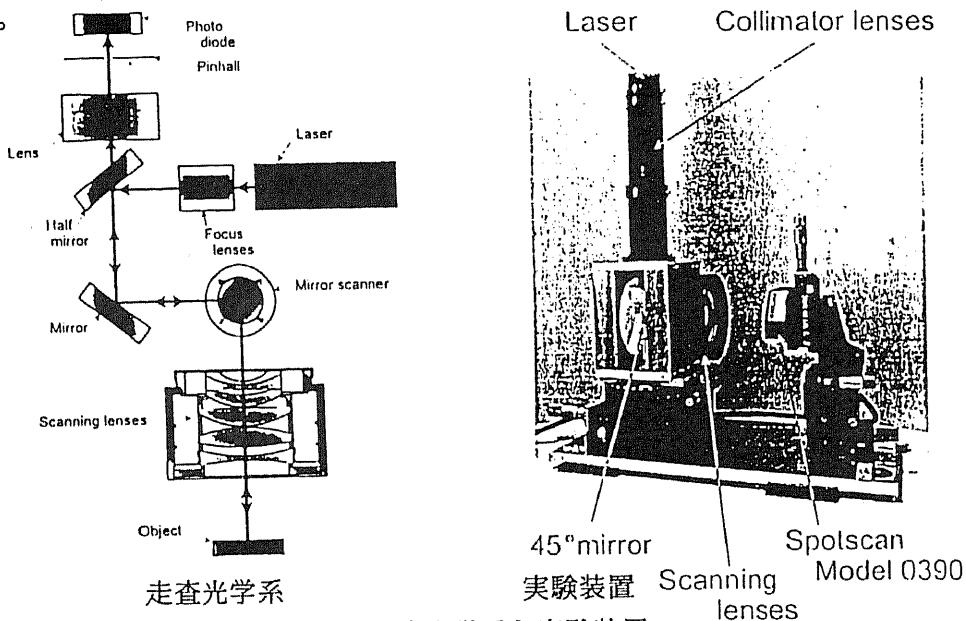


図2 走査光学系と実験装置

### 2.2 シュリンクフィッタの応用

締めりばめは、他の接合方法に比べて心出し精度が良く、大量生産に組み入れやすい事が特徴だが、従来、光学部品を締めりばめすることは、温度変化によりレンズのシメシロが変動し、接合精度に影響を与えるのでおこなわれなかった。今回シュリンクフィッタ（レンズと鏡筒の間に挿入する熱膨脹係数の高いリング）を用いることで改良を図った。

#### ◎ シュリンクフィッタの利点、注意点

##### 利点

- ①心出し精度が良い
- ②温度変化に強い
- ③振動や衝撃に強い

（メンテナンスフリー）

##### 注意点

- ①接合面における形状誤差の影響  
（真円度、円筒度、粗さなど）

図3に従来のレンズ鏡筒とシュリンクフィッタを組み込んだレンズ鏡筒を示す。図のように従来の鏡筒では、レンズ6枚をスペーサーで1枚ずつ光軸を合わせながら軸方向に固定していたが、今回の改良型ではレンズを一体型で固定した。

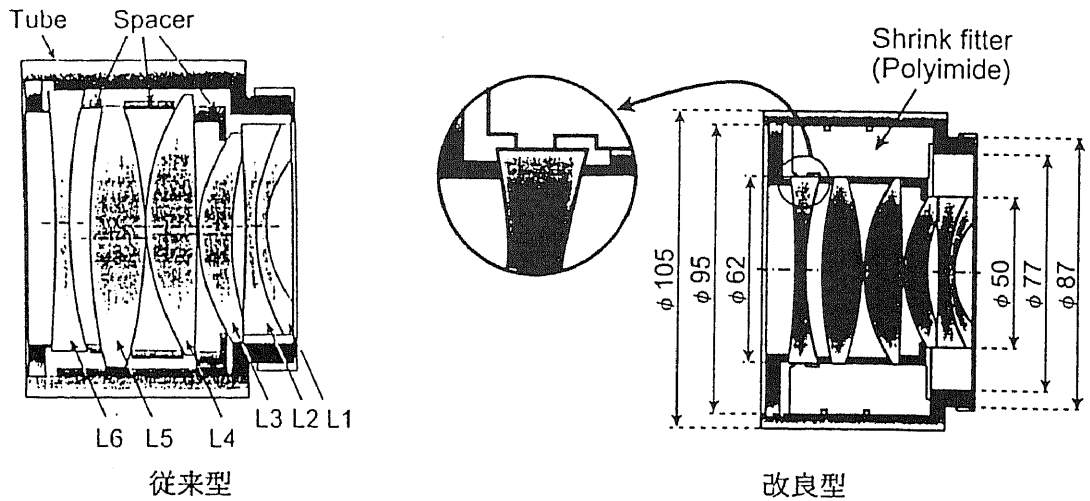


図3 レンズ鏡筒

### 3. 加工実験

#### 3.1 加工図面

図4に加工図面を示す。加工当初はポリイミドを加工していたが、価格が高価でありまた、レンズの構成上大きい物と小さい物を別々に加工後、組立・調整をするなどの問題があったので材料を安価なアクリルに変更した。シュリンクフィッタは旋盤加工後万能フライス盤で $60^\circ$ おきに $1\text{mm}$ 幅で合計6本のスリットが施されている。

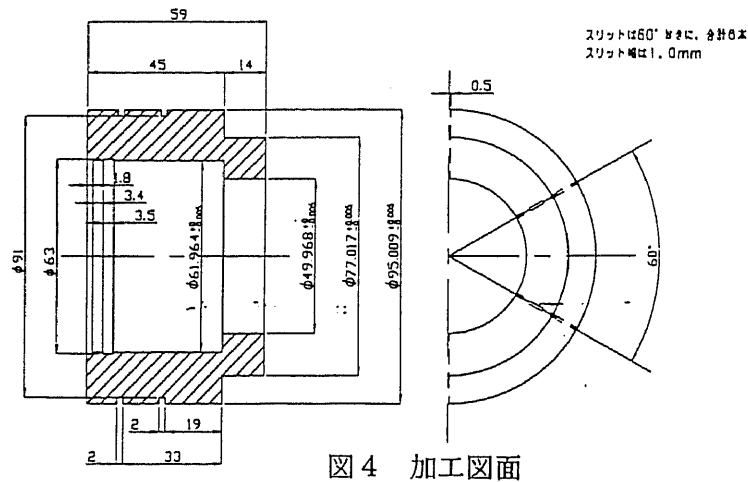


図4 加工図面

#### 3.2 予備加工

##### 3.2.1 加工機械

図5に加工機械を示す。機械仕様は以下のようになっている。

機械仕様

主軸回転数 (rpm)

35, 50, 70, 100, 140  
200, 280, 400, 560  
800, 1120, 1600の12種

送り速度の変換数及び範囲

縦送り 24種  
(0.05~0.7 mm/rev)  
横送り 24種  
(0.05~0.7 mm/rev)

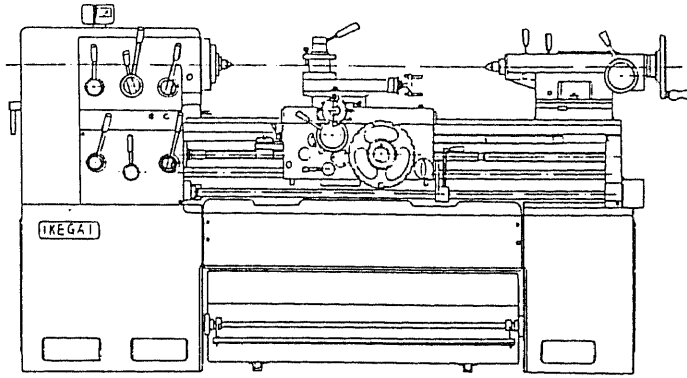


図5 汎用旋盤（池貝鉄工製 AM-20型）

### 3.2.2 加工工具

図6にバイト刃先部の名称と刃先角について図7にスクイ角の大きさと切削力を示す。加工において重要なことはスクイ角の設定である。スクイ角を大きくすれば切削抵抗は小さくなる。別の言い方をすると、スクイ角が大きいと切粉のせん断角が大きくなって切粉は薄くなり、切粉がスクイ面を押し付ける力は小さくなる。また一方でスクイ角が小さい場合は、切粉のせん断角が小さくなり、バイトを押し付ける力のかかる位置は後方に下がり、切削抵抗が大きくなる。しかし、スクイ角を大きくすれば切削抵抗は小さいがバイトにかかる力が細い刃先端にかかるので適切な角度設定が必要である。予備加工では、刃先形状の成形がしやすく、微少な切り込みが可能で製品の加工時に、熱変形をあたえにくいと考えられる高速度鋼バイトの丸剣形と中ぐり形を使用し、中ぐりバイトについて、横逃げ角（ $15^\circ$ ）、前切刃角（ $4^\circ$ ）、横切刃角（ $5^\circ$ ）を一定とし、スクイ角（ $\alpha$ ）を  $0^\circ$ 、 $13^\circ$ 、 $35^\circ$  の3種類を設定して加工を行った。

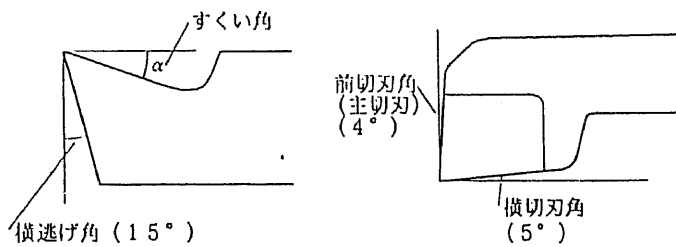
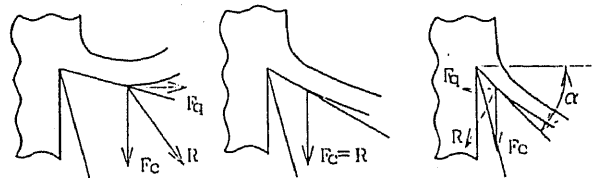


図6 バイト刃先部の名称と刃先角



スクイ角	$\alpha$ : 小	$\alpha$ : 大	$\alpha$ : さらに大
	R : 大	R : 中	R : 小
	( $F_c$ = 主分力 $R_q$ = 背分力    R = 切削力 )		

図7 スクイ角の大きさと切削

4. 加工

図8に加工後のアクリルの切粉を表1に加工結果を示す。

加工条件

主軸回転数 (rpm) … 140, 280

スキイ角 ( $\alpha$ ) … 0°, 13°, 35°

送り量 (mm) … 0.05, 0.1

切り込み量 (mm) … 0.5, 0.1, 0.01

切削油 … なし

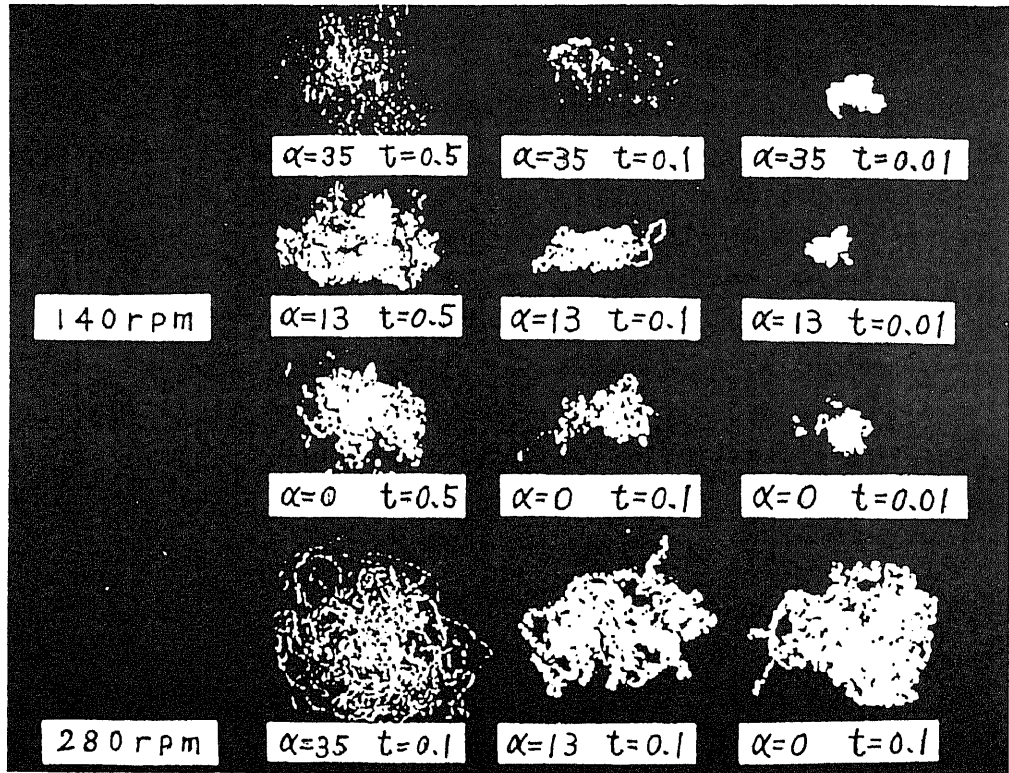


図8 切粉形状

表1 加工結果 (切り込み量 t)

主軸回転数	スキイ角	t=0.5	加工面	t=0.1	加工面	t=0.01	加工面
140	$\alpha=35$	流線形	良	流線形	良	判別不能	良
	$\alpha=13$	収縮形	やや良	やや収縮形	やや良	同じ	やや良
	$\alpha=0$	収縮形	不良	収縮形	不良	同じ	不良
280	t=0.1	$\alpha=35$	不良	$\alpha=13$	不良	$\alpha=0$	不良
		流線形		収縮形		収縮形	

## 5. 測定

シュリンクフィッタは、大・小各4個加工し加工後、三次元測定機で長さ方向に外形、内径とも各4ヶ所測定を行った。図9に測定結果を示す。

Shrink Fitter (Small)

Diameter [mm]

measurement	SS1		SS2	
	Inner	Outer	Inner	Outer
Design value	49.953	77.032	49.958	77.027
first (upper)	49.941	77.022	49.943	77.025
second (upper)	49.942	77.024	49.942	77.025
third (lower)	49.947	77.026	49.949	77.024
fourth (lower)	49.945	77.027	49.948	77.023
average	49.946	77.025	49.946	77.024

measurement	SS3		SS4	
	Inner	Outer	Inner	Outer
Design value	49.983	77.022	49.968	77.017
first (upper)	49.951	77.010	49.948	77.009
second (upper)	49.951	77.011	49.951	77.006
third (lower)	49.955	77.017	49.951	77.011
fourth (lower)	49.957	77.017	49.953	77.013
average	49.953	77.014	49.951	77.010

Shrink Fitter (Big)

Diameter [mm]

measurement	SB1		SB2	
	Inner	Outer	Inner	Outer
Design value	61.949	95.024	61.954	95.019
first (upper)	61.940	95.020	61.939	95.014
second (upper)	61.940	95.020	61.938	95.013
third (lower)	61.947	95.026	61.951	95.022
fourth (lower)	61.943	95.023	61.952	95.021
average	61.943	95.023	61.945	95.018

measurement	SB3		SB4	
	Inner	Outer	Inner	Outer
Design value	61.959	95.014	61.964	95.009
first (upper)	61.939	95.008	61.951	95.004
second (upper)	61.939	95.008	61.953	95.002
third (lower)	61.955	95.009	61.958	95.003
fourth (lower)	61.950	95.008	61.957	95.004
average	61.946	95.007	61.954	95.003

図9 測定結果

## 6. まとめ

今回の加工は、加工時の熱変形をうけやすいアクリル材の加工を切削油を使用しない条件下で行ったが、測定結果からもわかるように、機械の選択（剛性のある機械を使う）、適切な工具を選択（加工物にあった刃物材質、刃先形状の設定）、精度の高い測定器を選択（1/1000mmの測定が可能な外径・内径マイクロメータやダイヤルゲージなど）することにより、外径・内径とも誤差数 $\mu\text{m}$ に加工することができた。このシュリンクフィッタを組み込んだレンズ鏡筒でのレーザースポット径は、従来法の場合が13.4 $\mu\text{m}$ であるのにたいし8.5 $\mu\text{m}$ と大幅に改善され高精度化がはかられた。

最後に本報告を行うにあたり、いろいろとご協力いただきました自然科学研究科の  
新田 勇助教授ならびに研究室の学生諸君にお礼申し上げます。