

# 発泡スチロール切削用工具の開発

—— 外丸削りによる検討 ——

大石 健司\*・後藤 誠司\*\*

## Development of cutting tool for Styrofoam —— Examination in turning process ——

Kenji Oishi\* and Seiji Goto\*\*

### Abstract

It is difficult to obtain the good surface in cutting of Styrofoam. In this report, turning test with sharp edged tool and Styrofoam are carried out to clarify the cutting condition on which the good surface can be obtained.

It is clarified the good surface can be obtained with increasing of rake angle and inclination angle.

**Keywords** : Styrofoam, cutting, turning, lathe, rake angle, inclination angle, surface, razor, feed, flow type chip

### 1. 緒 言

発泡スチロールは軽量・断熱性に優れ、また、安価で弾力性があり衝撃吸収性にも優れることから多くの場所で使われている。その一つとして、消失模型鑄造法の模型材料として発泡スチロールが多く使用されている。

発泡スチロールの加工については、エンドミルによる高速切削<sup>1)</sup>、熱線による切断加工が数値制御(NC:Numerical Control)で行われている。2次元加工である熱線加工は最適な加工条件が把握され、十分な加工精度は得られている<sup>2)</sup>。しかしながら、建築モデルやデコレーションの3次元形状の製作などは熟練作業者が手作業で行っているのが実情で、複雑形状の自動化は遅れている。

3次元形状を作成するためには、金属加工用、木工用のマシニングセンタ(MC)、NCフライス盤等を用いた切削加工が適用されており、現状で最も多く用いられている事例はボールエンドミルの利用である。しかし、被削材(発泡スチロール)が軟質低強度であるため、通常のエンドミルやバイトではうまく削れず、大部分が粉状、塊状の切りくずとなっている。つまり、切れ味が悪く、「削る」より「むしり取る・砕き取る」といった加工状況となっている。このため、形状はできてはいるものの加工面にむしれ痕やカケの穴が残存する仕上げ面不良となり、手作業による補修が必要となる場合が多く、切削用工具による最適な加工条件、加工精度も十分には得ら

れていない。

発泡スチロールは、カッターナイフで簡単に加工できることは感覚的にも理解できるが、実際に、刃物を用いて機械的に良好な仕上げ面を形成することは難しい。

これまでに鋭利な刃物(カッターナイフ)による低速2次元切削の実験<sup>3)</sup>が行われており、工具のすくい角、傾斜角を大きくすれば良好な切削が可能であることが報告されている。しかし、その他の報告は見当たらない。

機械部品には軸や丸棒のような円形断面をもつ物が多いので、工作機械の中では旋盤が最も多く使われている。そこで、本研究では、鋭利な刃物を用いて発泡スチロールの外丸削りを行った。その結果、良好な仕上げ面で丸棒を形成するための必要条件が明らかになった。

### 2. 発泡スチロールの加工の現状

発泡スチロールは多くの利点がある。一般的には整形や切削はしやすいといわれているが、本論文では決してそうではないと考える。熱線での加工は比較的簡単だが、3次元加工は困難である。刃物等での加工は、仕上げ面等を考慮しなければ簡単であるが、もし、良好な仕上げ面の成形を考えるならば、何か工夫が必要である。

図1は鋭利なナイフを用いて、低速2次元切削を行った結果の一例である。図1(a)は良好な切削の場合で、厚さが一定につながった切りくずが生成している。一方、図1(b)はうまく切削できない場合である。切りくずは

\* 電子機械工学科

\*\* 専攻科生産システム工学専攻

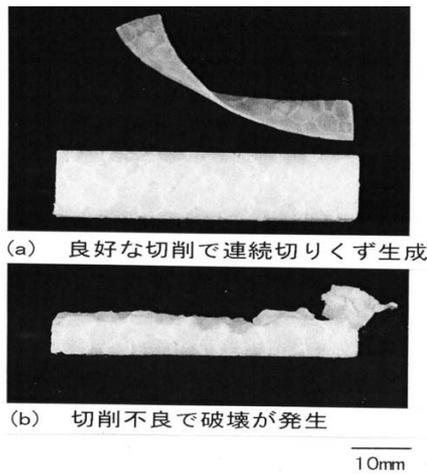


図1 発泡スチロールの切削形態

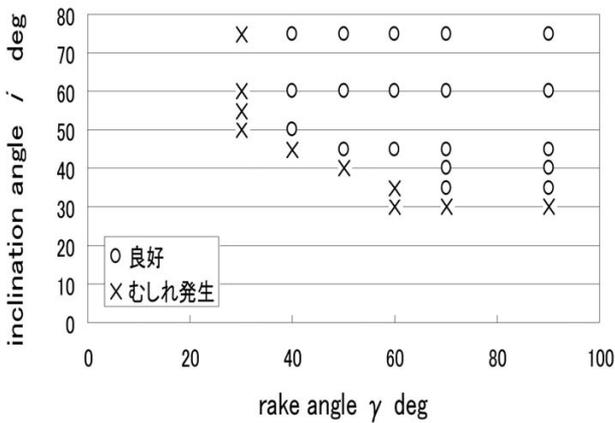


図2 傾斜切削の効果

むしれ、あるいは破壊で分断した塊状に生成され、仕上げ面にもむしれ痕や破壊による凹凸が残存している。

図2はすくい角、傾斜角を変えたときの切削面の良否である。すくい角、傾斜角が小さいと図1 (b)のように切削不良となるが、すくい角、傾斜角を大きくすることにより図1 (a)のような良好な切削が可能である。これらの条件を参考にし、本実験を行った。

### 3. 発泡スチロールの旋削実験

本実験は丸材長手旋削を乾式で行った。図3は、被削材を旋盤に取り付けた模式図である。すくい角を $\gamma$ 、傾斜角を $i$ で表す。まず、図3 (a)は傾斜角を $0 \text{ deg}$ の状態ですくい角を $\gamma \text{ deg}$ だけ与えた状態である。さらに図3 (b)は、そこから傾斜角を $i \text{ deg}$ に傾けた状態である。図4は工具のすくい角、図5は傾斜角を示した図で、図6は実験風景を示す。

被削材は原粒径 $\phi 1.1 \sim 2.2 \text{ mm}$ 、発泡倍率50倍、曲げ強さ $0.294 \text{ MPa}$ で、実際に消失模型に使用されている素材である。工具はオルファ(株)製の刃先の鋭利な刃(オルファカッター替刃(大))、刃長:  $50 \text{ mm}$ 、刃厚:  $0.5 \text{ mm}$ 、材質: SK-2を購入のまま使用した。工作機械は滝沢鉄工所(株)精密旋盤TSL-550Dを利用し、切削抵抗測定用の工具動力計は共和電業のTD-500KA、記録計は日置電機株式会社のHIOKI 8808 メモリハイコーダを使用した。

表1は実験条件である。実験Aはすくい角、傾斜角を変化させた実験、実験Bは送りを変化させた実験、実験Cは切込みを変化させた実験である。また、旋盤の回転数は $560 \text{ rpm}$ を主とし、被削材の直径は $\phi 23 \sim 45 \text{ mm}$ の範囲で実験を行った。

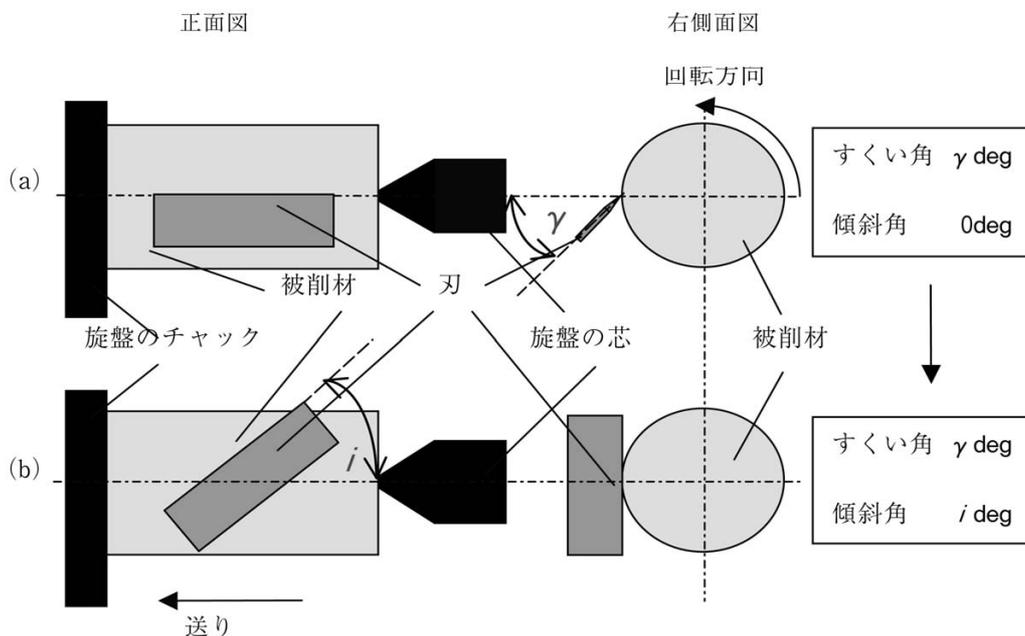


図3 旋削実験の概観図

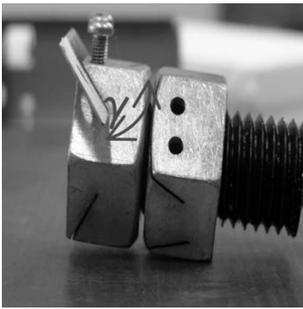


図4 すくい角( $\gamma$ )

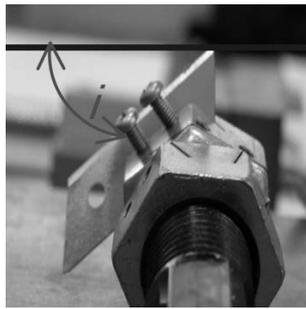
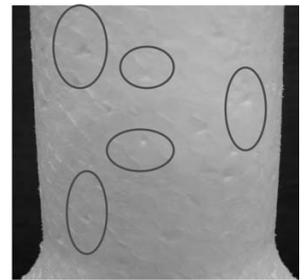


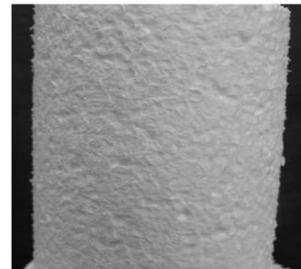
図5 傾斜角( $i$ )



(a)  $\gamma:75$   $i:75$



(b)  $\gamma:45$   $i:45$



(c) 旋盤用バイト

図7 仕上げ面

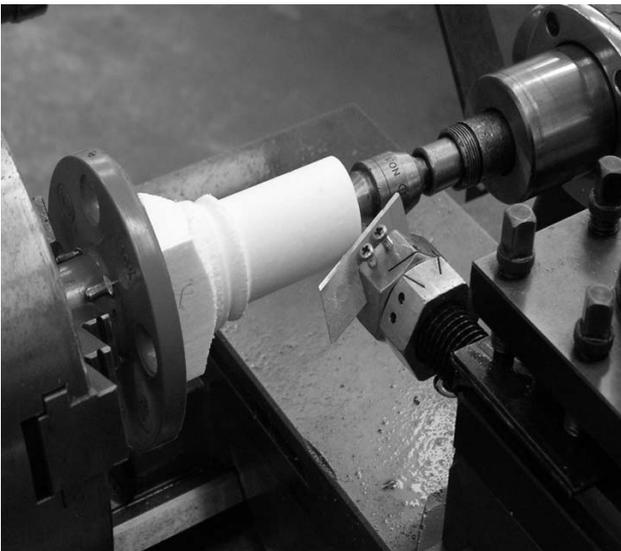


図6 実験風景

表1 切削条件

		A	B	C
設	送り (mm/rev)	0.2	0.2	0.2~6
定	切込み (mm)	1	1~5	1
項	$\gamma$ (deg)	15~75	75	75
目	$i$ (deg)	15~75	75	75

#### 4. 実験結果

図7は表1のAの条件で実験を行った仕上げ面である。図7(a)はすくい角、傾斜角とも75degでの仕上げ面であり、むしれ・かけ等の凹凸も見られず良好な仕上げ面といえる。また、そのときの切りくずが図8であり、連続した切りくずが生成され、安定した切削が行われている。

図7(b)は、○印で示している場所に大きなむしれ、かけ等見られ、良好な仕上げ面ではない。このときの切りくずは、図9のような塊状に分断された切りくずが生成されている。図7(c)は旋盤用バイトでの仕上げ面であり、全面がむしれ、かけ等で形成されている。



図8 連続した切りくず



図9 塊状の切りくず

#### 5. 考察

##### 5.1 すくい角と傾斜角の効果

図10はすくい角と傾斜角を変化させて切削を行い、良好な切削領域と、良好でない切削領域をまとめた図である。「○」の領域では、図7(a)に示した同様の仕上げ面が形成される。図10から、すくい角、傾斜角とも60deg以上であるとき、むしれ、かけ等が見られず良好な仕上げ面が形成されることがわかる。

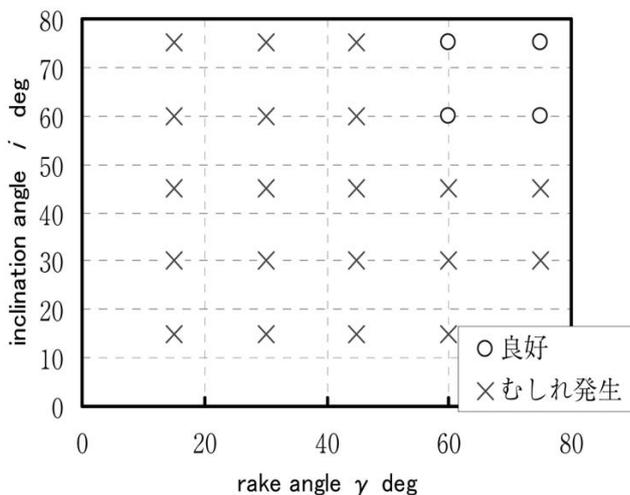


図10 すくい角と傾斜角の影響

5. 2 切削抵抗の測定

切削抵抗は切削が良好な状況で行われているか否か、あるいは被削性の良否と関連がある。したがって切削抵抗の大小やその変動は、加工精度、仕上げ面粗さ、工具寿命などに大きな影響を及ぼすといえる。これを知ることが切削加工にとって極めて重要であると考え実験を行った。本実験では主分力、送り分力、背分力それぞれを測定したが、そのなかで背分力の切削抵抗は微小であり、また、刃物の角度によってほとんど変化がみられなかったので、本論文には採用していない。

表2はすくい角を変化させたときの主分力と送り分力の測定値である。そして、その合力を図11に示す。

図11からすくい角、傾斜角両方とも大きいほうが、切削抵抗は小さいことがわかる。同時にすくい角、傾斜角が大きいときには、良好な切削面が得られている。つまり、「良好切削」のときに切削抵抗は小さく、「むしっている」ときには切削抵抗は大きくなる<sup>3)</sup>ことがわかる。

表2. 切削抵抗の測定結果

		rake angle $\gamma$ deg					
		75	60	45	30	15	
cutting force N	inclination angle $i$ deg	75	0.2	0.28	0.46	0.59	0.69
	45	0.46	0.49	0.47	0.57	0.64	
feed force N	75	0.06	0.05	0.34	0.67	0.57	
	45	0.06	0.05	0.54	0.15	0.18	

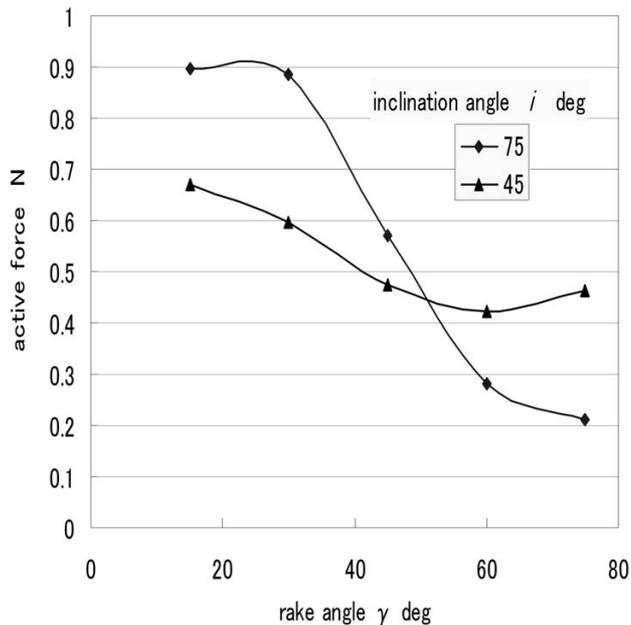


図11 すくい角による切削抵抗の測定結果

5. 3 熱の影響

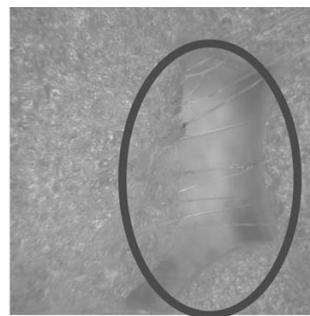


図12 熱線の仕上げ面



図13 切削した仕上げ面

発泡スチロールの熔融温度は150℃程度と低温である。そこで、旋削時の発生熱で仕上げ面が溶けている可能性

もあると考えられるので、熱線による切断面と本実験の結果を顕微鏡で観察を行った。図12は熱線で切断した表面であり、図13は本実験で切削した表面である。図12では○で印をつけた場所に、溶融によって発生した「糸引き」が見られる。しかし、図13では、そのような「糸引き」は全くみとめられず、熱によって溶融していないことがわかる。なおかつ、切削抵抗が小さいことから、熱による溶融は発生しないと推測される。

5. 4 切込み・送りの影響

図14は表1の実験条件B ( $\gamma : 75\text{deg}, i : 75\text{deg}$ , 送り :  $0.2\text{mm/rev}$ ) で行った仕上げ面である。切込みを  $1\text{mm} \sim 5\text{mm}$  で変化させたが、いずれの場合も被削材が破損することなく、また、あまり変化も見られず良好な仕上げ面が形成され、切込みはあまり関与しないことがわかった。

図15は実験条件C ( $\gamma : 75\text{deg}, i : 75\text{deg}$ , 切込み :  $1\text{mm}$ ) での仕上げ面である。送りを大きくすると、送りマークが目視で確認できる。送りを小さくすると連続した切りくずでも、途切れ途切れに生成されたが、送りを  $0.55\text{mm/rev}$  以上に大きくすると、切りくずは途切れず、長い連続した切りくずが生成される。このことから、送りが大きくてもむしろ・かけは発生していないことがわかる。

6. まとめ

鋭利なナイフを用いて発泡スチロールの外丸削りを試みた結果、次のことがわかった。

1. 鋭利な刃物を使用し発泡スチロールの外丸削りを行った。その結果、良好な仕上げ面を形成できることがわかった。
2. すくい角、傾斜角を大きくすれば良好な仕上げ面が形成できる。
3. 「良好切削」の場合には切削抵抗は小さく、「むしっている」場合には切削抵抗は大きくなる。
4. 送りを大きくしても良好な仕上げ面が形成され、また、送りマークが目視できる。
5. 切込みを大きくしても仕上げ面にあまり変化は見られない。
6. 本実験での仕上げ面は、溶融によって形成されていない。

参考文献

- 1) 今村正人, 発泡スチロールの加工, 鑄造工学, 第74巻, (2002), 第7号, pp454-458
- 2) 齊藤義夫, 発泡スチロールの熱線加工, 鑄造工学, 第74巻, (2002), 第7号, pp459-463
- 3) 大石健司, 発泡スチロールの被削性 (低速二次元切削による検討), 精密工学会誌, 第72巻, (2006) 第8号, pp1030-1031

切込み(mm)	1	3	5
仕上げ面			

図14 切込みの影響

送り(mm/rev)	0.21	0.55	2	6
仕上げ面				

図15 送りの影響