

# 공구 경사각의 변화에 따른 연질 재료 (Cu alloy and Al alloy) 의 절삭 특성에 관한 연구.

A study on the cutting character of soft materials (Cu alloy and Al alloy) with change of Tool rake angles.

염 성 하\* 현 칭 남\*\* 오 재 응  
S. H. Yum, C. N. Hyun, J. E. Oh

## 요 지

제품생산의 고정밀화 및 고품질화로 정밀 절삭가공에서 공구의 형상에 따라 많은 변수가 있으므로 공구의 상면 경사각을 변화시키면서 절삭저항, 비절삭저항, 거칠기 등을 energy method에 의하여 최적조건을 구한 결과 (6-4) brass에서는 경사각 20°, 25°에서 Al alloy에서는 0°, 20°에서 가장 작게 나타났으며 거칠

기는 (6-4)brass에서는 경사각 20°에서 Al alloy에서는 15°에서 가장 작게 나타났다.

**Key words :** optimum cutting condition  
specific cutting resistance  
rake angle  
cutting velocity  
cutting resistance  
roughness

## ABSTRACT

The optimum cutting condition for rake angle in turning was investigated in (6-4) Brass and Al alloy. Results of experiments in (6-4) Brass and Al alloy are as follow.

Specific cutting resistance becomes higher as the depth of cutting, feed or cutting velocity decreases at same rake angle and resistance appear low value 20°, 25° (6-4) brass, 0° 20° (Al alloy).

The optimum cutting condition for (6-4) Brass is depth of cutting 0.5mm, rake angle 25°, cutting velocity 80m/min, feed 0.1mm/rev and for Al alloy is depth of cutting 0.1mm, rake angle 0°, cutting velocity 200m/min, feed 0.5mm/rev.

The rake angle for good roughness is 20° at (6-4) Brass, and that for Al alloy is 15°.

The roughness is influenced by feed and it has the lowest value at 0.1mm/rev and the cutting condition is influenced by rake angle only.

\* 정회원 : 한양대학교 공과대학

\*\* 정회원 : 한양대학교 대학원

## NOMENCLATURE

b	: width of cut
$C_e$	: Working minor cutting edge angle
Eng	: Energy
f	: feed
F	: frictional force on tool face
$F_e$	: cutting area
$F_a$	: axial component of cutting force
$F_n$	: normal force on shear plane
$F_r$	: radial component of cutting force
$F_s$	: shear force on shear plane
$F_t$	: Resultant force of $F_r$ and $F_a$ .
$F_v$	: Vertical component of cutting force
$H_1$	: Nondimension of $H_a$
$H_a$	: surface roughness
$H_{cla}$	: Center Line average Roughness
N	: normal force on tool face
R	: Cutting resistance
$R_1$	: Nondimension of SPE
$R_2$	: Nondimension of R
$R_b$	: nose radius
$R_T$	: Total cutting resistance
SPE	: specific cutting force
$t_1$	: thickness of cut
$t_2$	: thickness of chip
V	: cutting velocity
w	: angle between R and shear plane
$\sigma_s$	: normal stress
$\tau_s$	: shear stress
$\mu$	: coefficient of friction
$\beta$	: friction angle
$\phi$	: shear angle
$\alpha$	: back rake angle
$\eta_c$	: cut flow angle of chip

## 1. 서 론

오늘날 기계공업 분야에서 생산되는 제품은 고정도화 및 고품질을 요구하고 있다.

이러한 요구를 공작기계로 제품의 품질향상과 생산성의 증대를 위하여 이들 공작기계

의 가공조건 및 가공방법에 관한 연구가 한층 더 요구되고 있다.

따라서 이 분야에 대한 연구는 많이 이루어져왔으나 아직까지 만족할 만한 이론과 실험치는 완성하지 못한 단계이다.

현재까지 연구되어 온 것을 보면 절삭저항이 절삭기구에 미치는 영향에 대해서는 M. Kronenberg<sup>1)</sup>, M.E. Merchant<sup>2)</sup>, 臼井英治와 益子正己<sup>3)</sup> 등의 연구가 있고 K.L. Chandiramani와 N.H.Cook<sup>4)</sup> J.N.Greenhow와 C.Rubenstain<sup>5)</sup> 등은 절삭속도 및 이송의 변화와 표면조도 및 절삭력에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

또한 Milton C.Show<sup>6)</sup> 등은 공구수명과 표면조도에 미치는 절삭속도와 이송에 대한 최적조건을 제시하였고 A.K.Rakit와 T.S.Sankai<sup>7)</sup> 등은 선삭에서 절삭력이 표면조직형성에 미치는 영향에 대한 연구 결과를 발표한 바 있다.

이러한 연구를 종합하여 보면 가공재료의 절삭가공에 있어서 절삭공구, 절삭속도, 이송 등의 절삭조건이 절삭인자에 많은 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있고 또한 절삭조건은 절삭저항 및 표면조도와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

오늘날 대부분의 현장에서는 가공재료의 절삭 특성을 규명하면서 재료가 변화할때의 특성과 이에 사용되는 공구 재료의 특성 및 공구 형상에 관한 최적 조건 등을 규명한 연구가 미진한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 공구(Bite)의 형상에서 상면 경사각을 변화시켜 이에 따른 절삭저항의 3분력을 측정하여 그 값에 대한 합력과 비절삭저항 그리고 거칠기 등 3값을 Normalization 과정으로 Energy method에 의하여 이들 (6-4)Brass 및 Al alloy 재료를 구분하여 각각의 절삭저항과 그 특성을 규명하고자 하였으며 아울러 재료별 최적 조건을 찾고자 한다.

## 2. 기초이론

절삭이론의 기초는 Taylor의 이론식을 인

용하면 절삭 3분력은 fig(1)에서 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

Fig.(1)  $F_v = F_n \sin \phi + F_s \cos \phi$   
 $F_r = F_n \cos \phi - F_s \sin \phi$  ] ..... (1)

$F_v =$  주분력,  $F_r =$  배분력,  $F_a =$  이송분력,  
 $\alpha_s =$  수직응력,  $\tau_s =$  전단응력

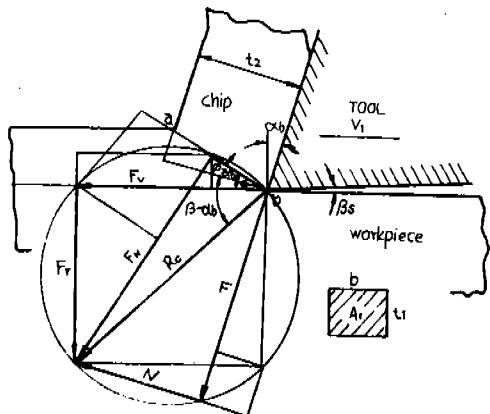


Fig. 1 Force Diagram for Orthogonal Cutting

경사면에 작용하는 수직력  $N$ 와 마찰력  $F$ 는

$F = F_r \cos \alpha_b + F_v \sin \alpha_b$   
 $N = F_v \cos \alpha_b - F_r \sin \alpha_b$  ] ..... (2)

이며 경사면의 마찰계수  $\mu$ 는

$\therefore \mu = \tan \beta = \frac{F_r + F_v \tan \alpha_b}{F_v - F_r \tan \alpha_b}$  ..... (3)

로 된다.

또한 Chip의 면적을  $A_b$ , 전단면의 면적을  $A_s$ 라 하면

$A_b = t_1 b$ ,  $A_s = \frac{t_1 b}{\sin \phi}$  ..... (4)

전단면에 작용하는 수직력  $F_n$ 는

$F_s \tan \beta + F_n \tan(\phi - \alpha_b) \tan \beta = -F_s \tan(\phi - \alpha_b) + F_n$

$F_n (1 - \tan(\phi - \alpha_b) \tan \beta) = F_s [(\tan \beta + \tan(\phi - \alpha_b + \beta))]$

$F_n = \frac{\tan(\phi - \alpha_b) + \tan \beta}{1 - \tan(\phi - \alpha_b) \tan \beta} F_s = F_s \tan(\phi - \alpha_b + \beta)$

$\alpha_b + \beta)$

\*  $F_n = F_s \tan(\phi + \beta - \alpha_b)$  ..... (5)

(5)식을 (1)식의  $F_v$ 에 대입하면

$F_v = F_s \tan(\phi + \beta - \alpha_b) \sin \phi + F_s \cos \phi$   
 $= F_s \frac{\cos \phi \cos(\phi + \beta - \alpha_b) + \sin \phi \sin(\phi + \beta - \alpha_b)}{\cos(\phi + \beta - \alpha_b)}$   
 $= F_s \frac{\cos(\beta - \alpha_b)}{\cos(\phi + \beta - \alpha_b)}$  ..... (6)

(4)식으로 부터

$F_s = \tau_s \cdot A_s = \tau_s \cdot \frac{t_1 b}{\sin \phi}$   
 $F_v = \frac{\tau_s \cdot t_1 b}{\sin \phi} \cdot \frac{\cos(\beta - \alpha_b)}{\cos(\phi + \beta - \alpha_b)}$  ..... (7)

에 대해서도 같은 방법으로 구하면

$F_r = \frac{\tau_s \cdot t_1 b}{\sin \phi} \cdot \frac{\sin(\beta - \alpha_b)}{\cos(\phi + \beta - \alpha_b)}$  ..... (8)

을 얻을 수 있다.

따라서  $R_c = \sqrt{F_v^2 + F_r^2}$  이다.

절삭깊이  $t_1$ , 이송량  $f$ , 옆면 경사각이  $0^\circ$  인 bite로 절삭할 경우  $t_1 \gg f$  혹은  $t_1 \gg k$  (Nose radius)일때는 근사적으로 절삭폭  $b$ 가  $\frac{t_1 b}{\cos \phi}$ 이고 절삭두께  $h$ 가  $f \cos \phi$ 인 2차원 절삭과 같이 생각할 수 있으므로

$F_v = t_1 f \cdot \tau_s (\cos \phi + \tan W)$

$\phi$ 는 전단각을 말하며  $W$ 는 총절삭저항  $R_T$ 과 전단면과 이루는 각을 표시한다.

$F_r = F_t \sin(\phi + \eta_o) = t_1 f \cdot \tau_s (\cos \phi \tan W - 1) \sin(\phi + \eta_o)$  ..... (9)

이송분력  $F_a$ 는

$F_a = F_t \cos(\phi + \eta_o) = t_1 f \cdot \tau_s (\cos \phi \tan W - 1) \cos(\phi + \eta_o)$  ..... (10)

여기서  $\eta_o =$  유출각을 나타낸다.

한편 절삭시 이송방향에 따른 표면 거칠기를 Fig.(2)에 표시하였으며 바이트는 모두가 nose radius를 가지고 있으므로  $Rb \approx 0$ 인 경우를 생각하면

$f < 2 R_b \cdot \sin(Ce)$  일때

$$H_{th} = R_b \{ 1 - \cos(\delta) \} = R(1 - \sqrt{1 - \sin^2(\delta)})$$

$$\cong \frac{R_b}{2} \sin^2(\delta)$$

$$\sin(\delta) = \frac{f}{2R_b}$$

$$H_{th} = \frac{f^2}{8 \cdot R_b} \quad (\because \sin \delta = \frac{f}{2R_b})$$

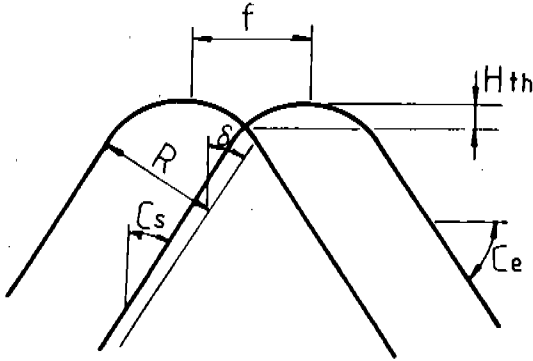


Fig. 2 Surface Roughness model according to feed rate.

이 경우 Brewer의 Center Line Average Roughness 다음과 같이 된다.

$$H_{cla} = \frac{f^2}{18 \sqrt{3} R_b} \dots \dots \dots (11)$$

인 중심선 표면 거칠기 표시법을 사용하였다. 위의 식을 사용하여 측정한 3분력과 거칠기를 사용하며 컴퓨터에 의한 거동을 살펴보면 Norm의 개념을 쓰면 편리하므로 최적조건의 유도에 사용한 방법은 비절삭저항, 표면조도, 절삭저항 각각을  $x, y, z$  축에 나타내는 수치라 가정하고 각각 data의 값을 비절삭저항의 최대값, 표면조도의 최대값, 절삭저항의 최대값으로 나누어 무차원수로 만든 다음 제곱근을 얻어낸 후 이들이 나타내는 값이 최소인 값을 찾아내는 방법이다.

Fig.(3)에서

비절삭저항의 data    표면조도의 data    절삭저항의 data

a	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
c	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>
d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>

e	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>
⋮	⋮	⋮

여기서 각 data의 최대값을  $k_1, k_2, k_3$  라고 하면

$$\left. \begin{aligned} \text{비절삭저항의 무차원 data} &= \frac{\text{data}}{k_1} = R_1 \\ \text{표면조도의 무차원 data} &= \frac{\text{data}}{k_2} = H_1 \\ \text{절삭저항의 무차원 data} &= \frac{\text{data}}{k_3} = R_2 \end{aligned} \right\} (12)$$

라 놓으면

$$\text{Norm} = \sqrt{R_1^2 + H_1^2 + R_2^2} \dots \dots \dots (13)$$

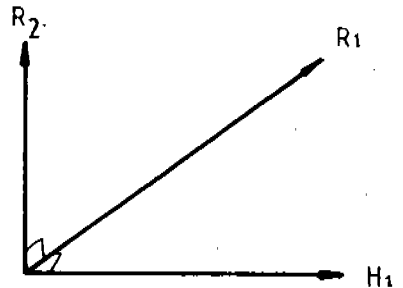


Fig. 3 Nondimensional value of  $R_1, R_2, H_1$ .

Norm의 값이 가장 작으면 이때는 3개 축의 거동이 가장 작은 값으로 또한 3개의 조건이 모두 만족되는 상태라고 추론할 수 있다. 따라서 총절삭저항  $R_T$ 는

$$R_T = \sqrt{(F_v^2) + (F_r^2) + (F_a^2)} \dots \dots \dots (14)$$

이들의 Energy를 Eng로 표시하면

$$\text{Eng} = R_T \times V \dots \dots \dots (15)$$

로 된다.

따라서 비절삭저항 SPE로 표시하면

$$\text{SPE} = \frac{R_T}{F_c} \dots \dots \dots (16)$$

로 나타낸다.

### 3. 실험방법

본 실험에서 사용한 선반은 (株)大宇 PRO-

6NC 선반이며 Bite는 P20, K20으로 상면 경사각의 변화를  $-5^\circ, 0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$ 로 주었으며 절삭깊이 0.1mm, 0.3mm, 0.5mm, 0.7mm로 이송을 0.1mm/rev, 0.3mm/rev, 0.5mm/rev, 0.7mm/rev로 주었으며 절삭속도를 30m/min, 80m/min, 150m/min, 200m/min로 하였다.

절삭재료는 (6-4) Brass 및 Al alloy으로

서 성분 및 기계적 성질을 Table.1에 표시하였으며 비철금속의 두 재료에 대한 절삭 특성을 알아보고자 상면 경사각 변화에 따른 절삭 저항값과 그 합에 대한 값을 구하였으며 여기에서 가공면의 특성을 규명하였다.

Table.2에 바이트의 경사각을 표시하였으며 Fig. 4, 5에 바이트의 절삭과정과 사용된 측정기의 Block diagram을 표시하였다.

Table 1. Chemical Composition and Mechanical Properties of Test Materials

Test Material	Chemical Composition (%)							Mechanical Properties				
	Mn	Si	Pb	Fe	Cu	Zn	Al	Ts kg/mm <sup>2</sup>	Ys kg/mm <sup>2</sup>	El (%)	Re (%)	H <sub>B</sub>
Cu + Zn	—	—	0.3	0.5	61.2	38.0	—	42	—	26	27	73
Al (5050)	0.1	0.4	—	0.7	0.2	0.25	98.5	25	21	15	19	32

Table 2. Tool Angle Designation

Tip Material	$\alpha_b$	$\alpha_s$	$\beta_e$	$\beta_s$	$\gamma_e$	$\gamma_s$	R	W
P 20	$-5^\circ - 30^\circ$	$6^\circ$	$6^\circ$	$6^\circ$	$8^\circ$	$2^\circ$	0.2mm	2mm
K 20	$-5^\circ - 30^\circ$	$6^\circ$	$6^\circ$	$6^\circ$	$8^\circ$	$2^\circ$	0.2mm	2mm

- $\alpha_b$  : Back Rake Angle
- $\alpha_s$  : Side Rake Angle
- $\beta_e$  : End Relief Angle
- $\beta_s$  : Side Relief Angle
- $\gamma_e$  : End Cutting Edge Angle
- $\gamma_s$  : Side Cutting Edge Angle
- R : Nose Radius
- W : Chip Breaker

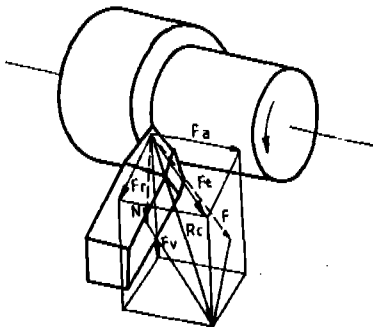


Fig. 4 Geometric Configuration of Work Pieces

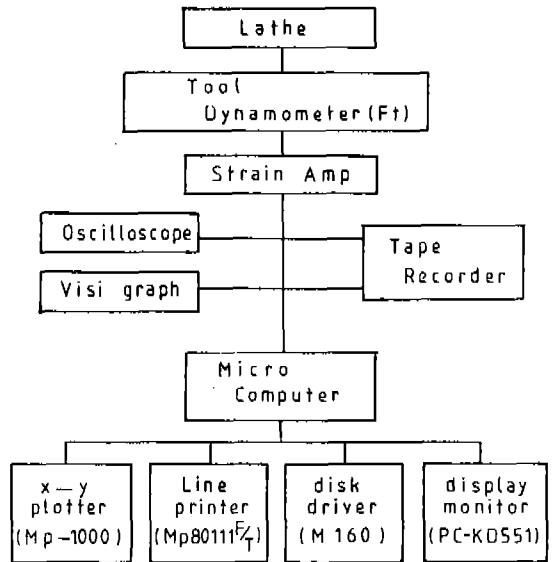


Fig. 5 Block diagram of instruments and processing

#### 4. 실험결과 및 고찰

##### 4-1. 상면 경사각 (Back Rake Angle) 과 Feed의 변화에 따른 절삭력 시험

상면 경사각 및 Feed의 변화와 절삭깊이

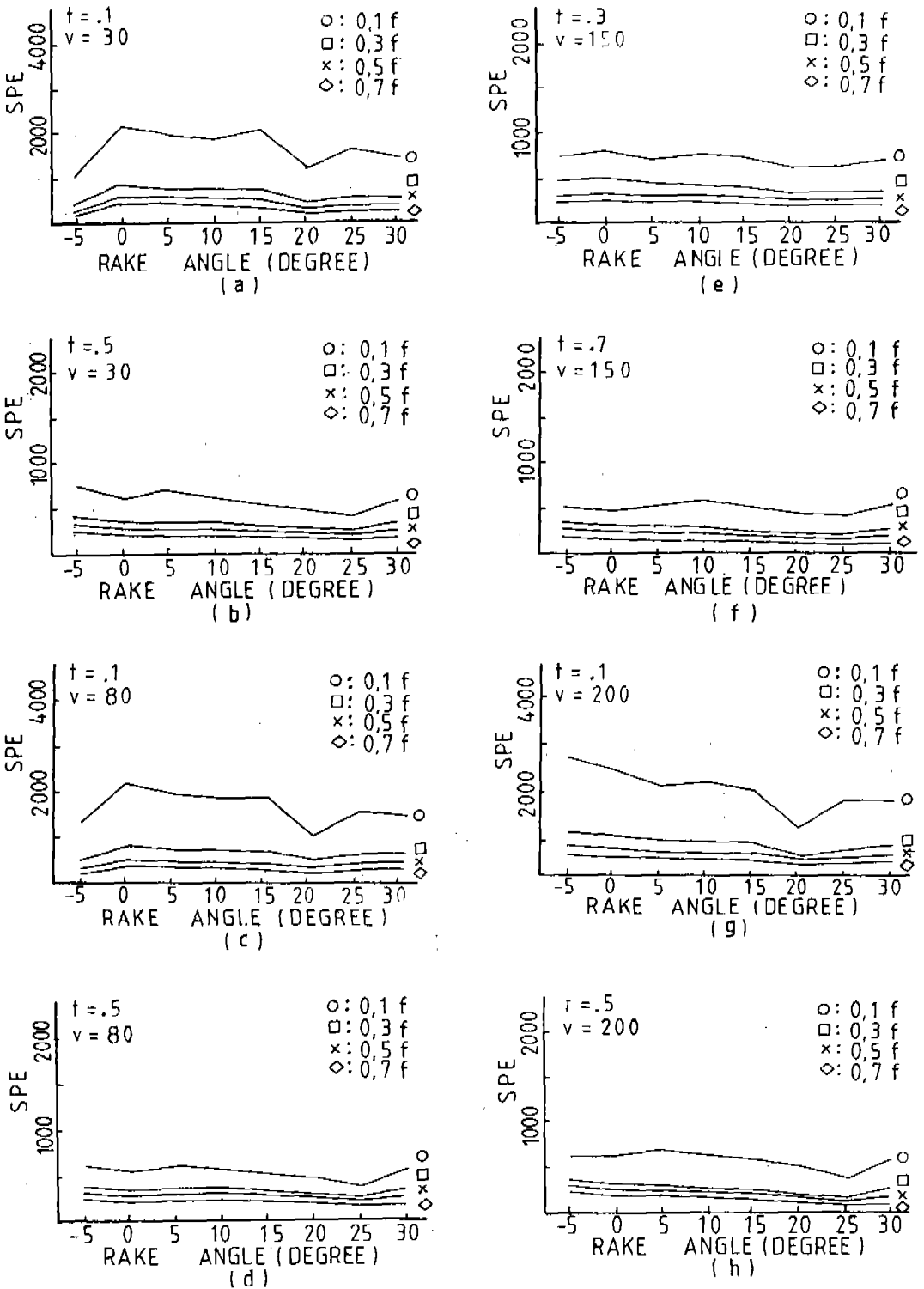


Fig. 6 Specific cutting resistance for bite rake angles at (6-4) Brass

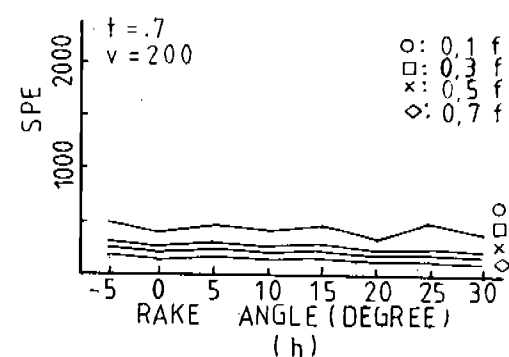
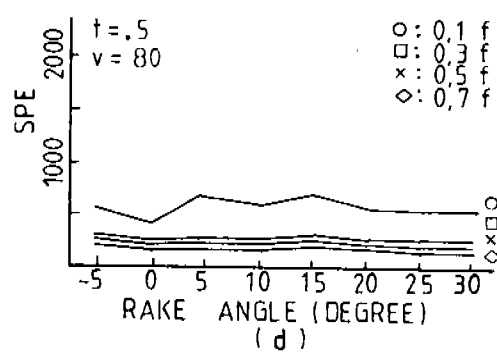
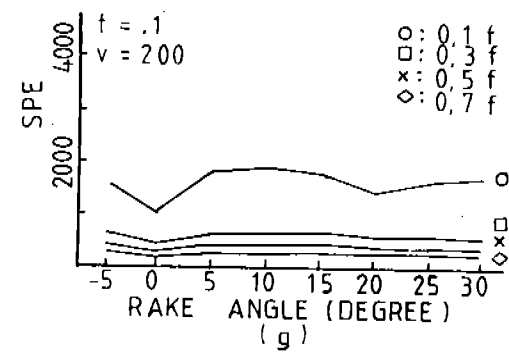
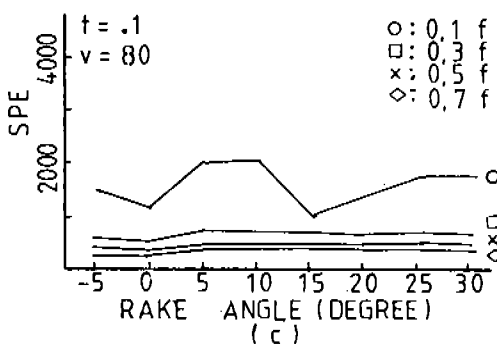
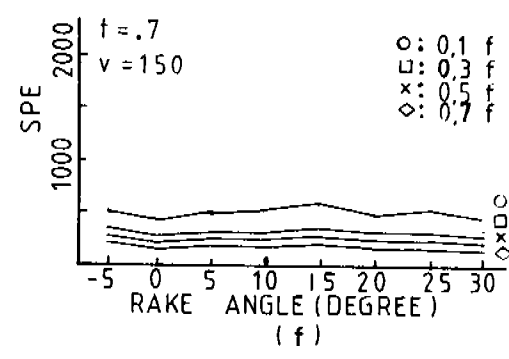
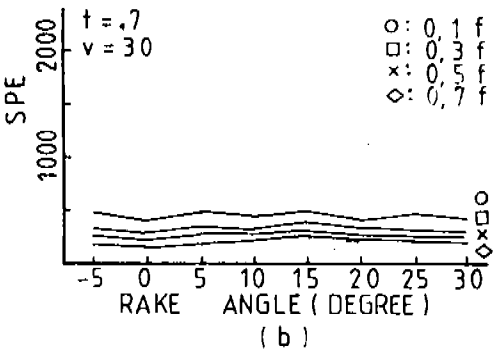
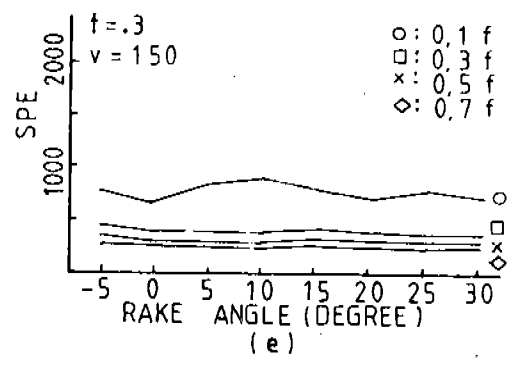
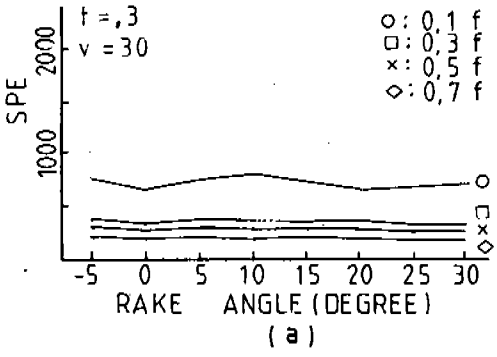


Fig. 7 Specific cutting resistance for bite rake angles at Al alloy

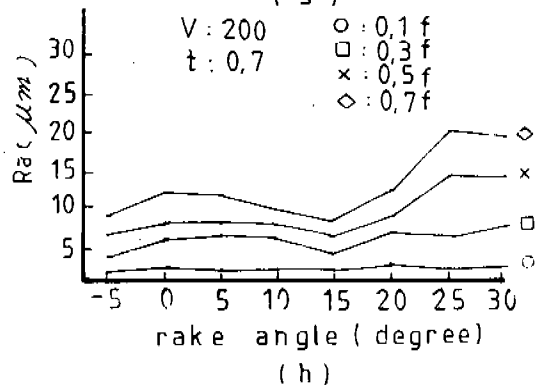
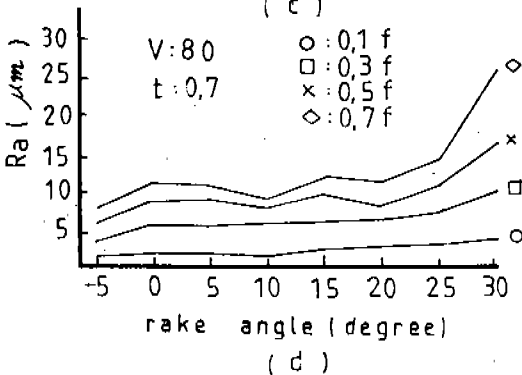
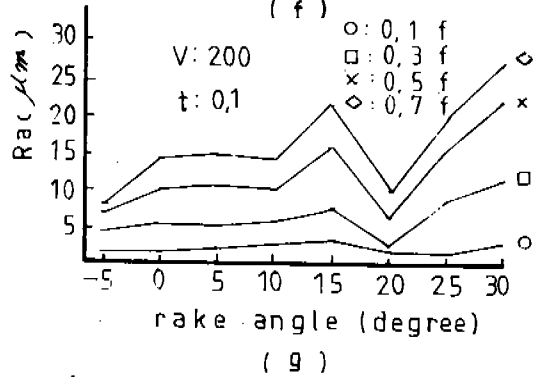
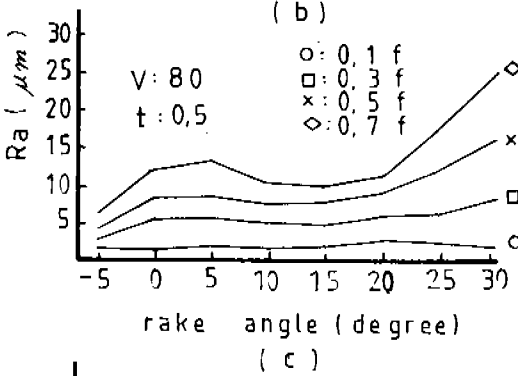
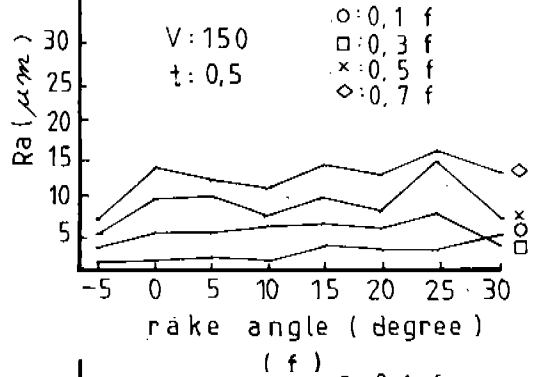
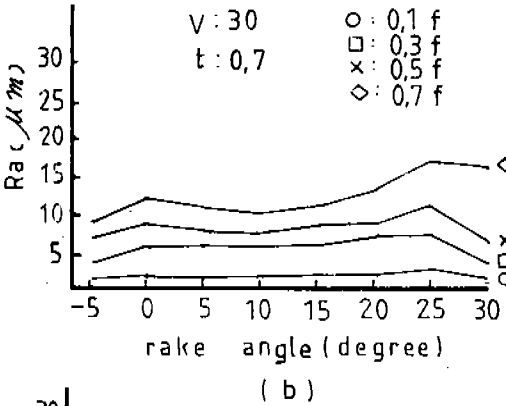
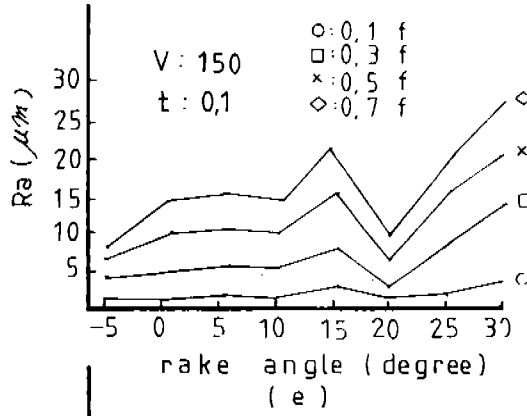
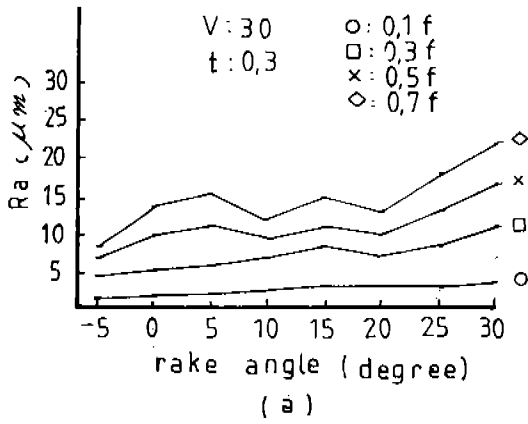


Fig. 8 Roughness for bite rake angles at (6-4) Brass



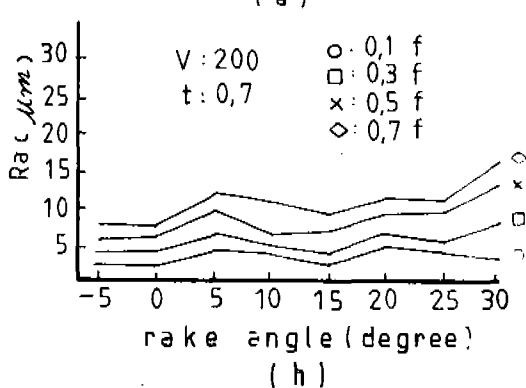
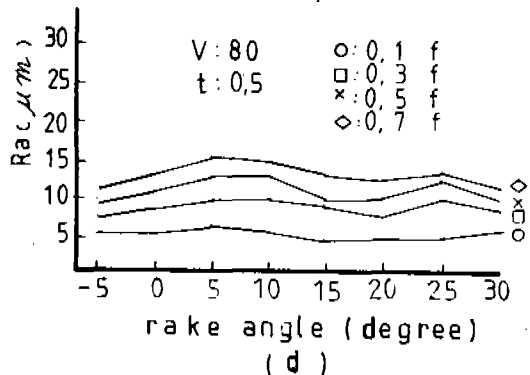
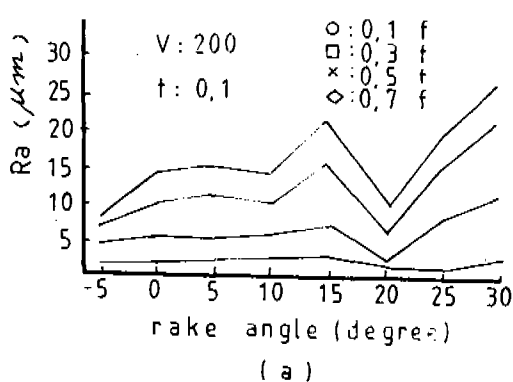
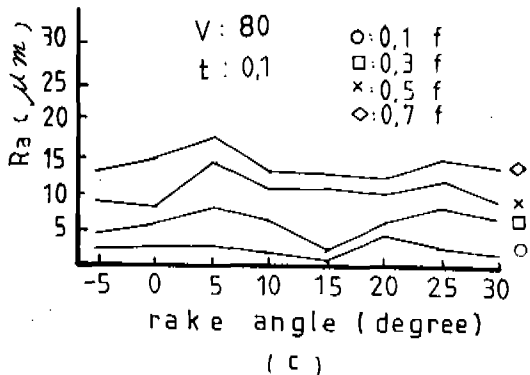
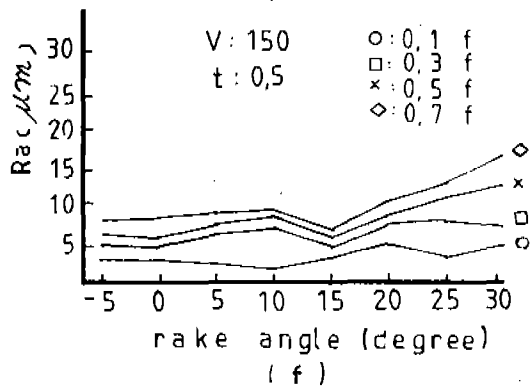
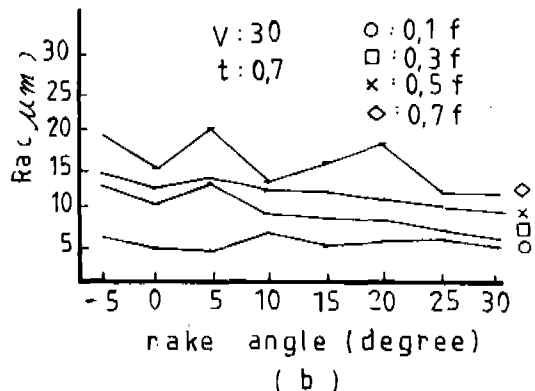
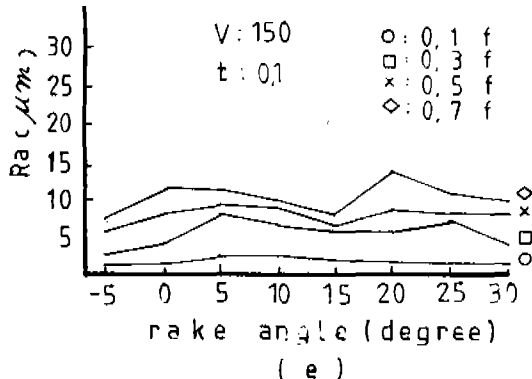
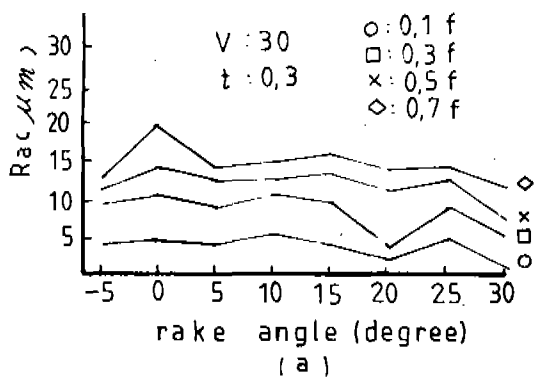


Fig. 9 Roughness for bite rake angles at Al alloy

의 차이에 따른 절삭저항 값을 측정하기 위하여 Tool dynamometer 및 Strain Amplifier 와 Recorder를 활용하여 동일 재료를 5회씩 측정하여 그 값을 평균하여 구하였으며 그 값을 주분력, 배분력, 이송분력의 3분력으로 구하였다.

여기에서 얻은 값은 그 영역이 대단히 넓어서 그 특성을 명확히 규명하고자 computer에 입력시켜 그 결과를 규명하였다.

여기에서 나타나는 경향을 살펴보면 Fig. 6.7과 같이 상면 경사각을  $-5^\circ$ 에서  $5^\circ$  간격으로  $30^\circ$ 까지 변화시켜 절삭하는 경우에 나타나는 절삭저항의 특성은 (6-4) Brass 에서는  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ 에서 절삭저항 값이 가장 작게 나타났으며 Al alloy에서는  $0^\circ$ ,  $20^\circ$  부근에서 절삭저항 값이 가장 작게 나타났다. 이러한 경향은 공구의 윗면 경사각이 감소하면 전단각  $\phi$ 는 감소하고 같은 절삭깊이에 대하여 전단면이 넓어지므로 절삭저항은 커진다.

또한 이송량이 증가할수록 절삭저항이 이송량 증가에 따라 증가하고 또한 절삭력도 증가하는 방향으로 이동되고 있음을 볼 수 있다.

#### 4-2. 상면 경사각과 절삭깊이에 따른 절삭력 시험

절삭깊이에 따른 절삭저항의 특성을 살펴보고서 깊이의 변화를  $0.1\text{mm}$ ,  $0.3\text{mm}$ ,  $0.5\text{mm}$ ,  $0.7\text{mm}$ 로 변화시켜 각각의 절삭저항을 측정한 결과 절삭깊이가 증가하면 절삭저항도 비례적으로 증가하는 경향이 나타나고 있는데 이는 Feed의 경우도 비례관계를 유지하고 있으나 유독 Feed  $0.1\text{mm/rev}$  절삭깊이  $0.1\text{mm}$ 인 경우가 절삭저항이 좀 불규칙하고 크게 나타나는 이유는 치수효과 또는 공구의 마멸에서 오는 경향으로 볼 수 있다.

선삭에 있어서 절삭깊이  $t$ 와 절삭저항과의 관계는 거의 직선적이며 이송  $f$ 와는 지수 함수적인 관계가 있다.

일반적으로 주절삭저항  $F_v$ 와 절삭깊이  $t_1$  이송  $f$ 와의 관계는 다음과 같다.

$$F_v = C_k t_1^x f^y$$

여기서  $C_k$ 는 주로 공작물 재료 공구 윗면 경사각에 의하여 정해지는 상수이며 강에 대하여  $x \approx 0.9$ ,  $y \approx 0.8$  정도로 나타난다.

#### 4-3. 상면 경사각에 따른 표면조도

상면 경사각에 따른 표면조도를 살펴보면 Fig. 8.9과 같이 각각의 재료에서 나타나는 경향은 다음과 같다.

즉, 상면 경사각이  $-5^\circ$ 에서 부터 증가할수록 표면조도는 거칠어지며 최대값이  $30^\circ$  근처에서 나타나나 (6-4) Brass 에서는 Fig. 8-e, Fig. 8-g에서는  $20^\circ$ 에서 최소값을 가지며 Al alloy에서는  $15^\circ$ 를 전후하여 가장 작은 값을 나타낸다.

#### 4-4. 절삭속도에 따른 표면조도

본 연구에서 사용한 절삭조건에 따른 표면조도의 영향을 살펴보면 절삭속도가  $200\text{m/min}$ 에서부터 표면조도는 거칠어지는 방향으로 증가하는 경향을 보여주고 속도가  $150\text{m/min}$  근처에서 표면조도는 양호하게 감소됨을 알 수 있는데 절삭저항이 절삭속도가 증가함에 따라 감소하는 경향이 있으며 한편, 공구 윗면 경사각이 감소하면 절삭저항은 감소한다.

이는 절삭속도가 달라짐에 따라 공구 윗면과 칩사이의 마찰계수가 감소하기 때문으로 절삭저항의 감소와 칩의 원활한 판개는 표면조도에서도 우수한 것으로 나타난다.

이것으로 본 연구의 절삭속도  $150\text{m/min}$ , 절삭깊이  $0.7\text{mm}$ 에서 가장 불안정한 조건임을 추론할 수 있다.

#### 4-5. 절삭조건외 최적화

본 연구에서 사용한 (6-4) Brass, Al alloy 시험편의 최적 절삭조건을 구하기 위하여 전산처리를 하였으며 여기에 사용한 방법은 Specific cutting resistance ( $\text{kg/mm}^2$ )과 Total cutting resistance 그리고 표면조도를 사용하여 그 결과를 살펴보면 각각의 독립된 변수 즉, 절삭깊이, 절삭속도, 상면 경사각, 이송과 표면조도 그리고 이로부터 구하여진 각각의 절삭분력 만으로는 상대비교를 할 수 없으므로

Normalization 과정으로 Energy Method 와 Specific cutting resistance 를 사용하였다.

비절삭저항은 단위 절삭면적에 대한 주 절삭저항을 의미하기 때문에 여기에서 이송량, 절삭깊이, 경사각, 절삭속도는 모두 Total Resistance Force 에 영향을 미치게 된다.

그러나 절삭속도가 100m/min 이하의 절삭속도 범위에서는 절삭저항이 절삭속도에 미치는 영향은 거의 없다고 하는 보고도<sup>12)</sup> 있으나 여기에서는 저속 영역에서도 연구해 볼 필요가 있다고 생각되어 고려하였다.

최적 절삭조건의 평가기준은 관점에 따라서 최대 생산량 기준, 최소 비용, 경제적인 절삭속도, 최소 절삭저항 기준 등으로 나누어 고려해 볼 수가 있으나 최적 절삭조건을 최대 생산량 기준으로 둔다면 절삭속도가 클수록 좋으나 절삭속도가 크면 공구와 재료의 마멸에 의한 열로 인하여 공구와 재료는 모두 연화되므로 공구의 빠른 마멸을 수반하게 되므로 이는 최소 비용 기준에 대하여 상반 관계에 놓이게 된다.

그렇기 때문에 이의 교차점이 경제적인 절삭조건, 즉 최적화 조건이라고 할 수 있으나 본 연구는 생산량이나 이윤추구의 관점이 아닌 바 실험에서 가장 쉽게 사용할 수 있는 최소 절삭저항 기준을 사용하였다.

또한 표면조도까지를 포함한 최적 절삭조건을 얻기 위해서 total cutting resistance 와 Specific cutting resistance 그리고 표면조도 등 세개의 독립변수로 보아 각각의 data 를 normalization 한 뒤 최소치를 동시에 만족할 수 있는 조건을 최적의 절삭조건으로 계산하여 선정하였다.

#### 4-5-1 (6-4) Brass 에서의 최적 절삭조건

거칠기를 고려한 황동에서의 최적 절삭조건은 절삭깊이 0.7mm, 경사각 25°, 절삭속도 150m/min, 이송량 0.5mm/rev 의 경우로 이때의 비절삭저항은 62.88 로 나타나나 거칠기를 고려하여 최적 절삭조건이 (6-4) Brass 에서는 절삭깊이 0.5mm, 경사각 25°, 절삭속도 80m/min, 이송량 0.1mm/rev 경우로 이

때의 비절삭저항은 236.8로 나타났고 이때의 Ra 값은 2.0으로 앞의 두 경우보다는 표면조도가 양호하지 못했다.

#### 4-5-2 Al alloy에서의 최적 절삭조건

Al alloy 에서의 절삭조건은 절삭깊이 0.7mm, 경사각 30°, 절삭속도 200m/min, 이송량 0.7mm/rev 의 경우로 이때의 비절삭저항은 72.2로 오히려 (6-4) Brass 보다 높은 값으로 나타났으며 거칠기를 고려하여 최적 절삭조건은 절삭깊이 0.1mm, 경사각 0°, 절삭속도 200m/min, 이송량 0.5mm/rev 의 경우로 이때의 비절삭저항은 305.71 로써 또한 (6-4) Brass 보다 높은 값으로 나타났고 이때의 값은 2.4로 나타났다.

비절삭저항 값을 보면 Al의 경우가 오히려 비절삭저항이 305.7 로써 (6-4) Brass 보다 높은 값을 나타냈다.

위의 두 재료에 대한 각각의 조건을 종합하여 보면 절삭깊이는 0.7mm, 0.5mm, 0.1mm 의 경우로 여러 영역에서 나타났고 절삭조건에 가장 많은 영향을 미치는 경사각은 각각 재료의 기계적인 성질로 인하여 음의 경사각을 제외하고는 분포되어 있는 경향을 보였다.

속도의 경우에는 (6-4) Brass 이 80m/min 이나 Al alloy 에서는 150m/min 과 200m/min 으로 중속의 영역에서 나타나고 있다.

이송의 경우에는 황동 재료가 0.1mm/rev 로 나타났다. Al alloy 에서는 최적 절삭속도가 200m/min 이고 이때의 이송량은 0.5mm/rev 으로서 이송량이 작을 경우 발생하는 구성인 선을 피할 수 있다.

그러므로 절삭깊이 0.1mm, 이송 0.1mm/rev 에서 저항 및 거칠기가 큰 이유는 절삭깊이가 아주 적을 경우 슬립(Slip) 현상이 생기므로 마찰로 볼 수 있으며 정확한 절삭에 의한 작업으로 보기가 어렵기 때문으로 이와같은 현상이 발생된다.

이들을 종합하여 본다면 (6-4) Brass 및 Al alloy 에서는 이송량, 절삭깊이에서는 거의 영향을 받지않고 경사각에서만 영향을 받는 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

(6-4) Brass 및 Al alloy 재료의 절삭 실험에서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 비절삭저항 값은 동일각에서 절삭깊이, 이송량, 절삭속도가 적을수록 큰 값을 가지며 경사각은 (6-4) Brass 에서는 20°, 25°, Al alloy 에서는 0°, 20°에서 작은 값으로 나타났다.

2. (6-4) Brass 에서의 최적 절삭조건은 절삭깊이 0.5mm, 경사각 25°, 절삭속도 80m/min, 이송량 0.1mm/rev의 경우이며 Al alloy 에서의 최적 절삭조건은 절삭깊이 0.1mm, 경사각 0°, 절삭속도 200m/min, 이송량 0.5mm/rev 의 경우로 나타났다.

3. 비절삭저항 값이 약간 크나 거칠기에 대한 경사각은 (6-4) Brass 에서는 20°이며 Al alloy 에서는 15°에서 양호하게 나타났다.

4. 거칠기는 이송에 영향을 받으며 0.1mm/rev 에서 가장 작은 값을 가지며 절삭조건은 경사각에서만 영향을 받는 것으로 나타났다.

## REFERENCE

1. M. Kronenberg, "Cutting Angle Relationships on Metal Cutting Tools", Mech. Eng. Vol. 65, p.901, 1943.
2. M.E. Merchant, "Mechanics of the Metal Cutting Process I.", J. of app. Physics, Vol. 116, pp.267-275, 1945.
3. 白井英治, 益子正巳, "三次元 切削의 基礎的 研究", 日本機械學會 論文集, 38 卷 316 號, 1972<sup>12)</sup>, pp. 3255~3263.
4. K.L. Chandiramani, N.H. Cook, "Investigations on the Nature of Surface Finish and its Variation with Cutting Speed", J. of Eng. for Industry, May, pp.134-140, 1964.
5. J.N. Greenhow and Rubenstein, "The Dependence of Cutting Force and Speed in Orthogonal Cutting with Worn Tools", Int. J. Mech. Tool Des. Vol. 9, pp.1-16, 1969.
6. Milton C. Shaw, "Optimum Selection of Machine Tool Speeds and Feeds", Int. J. Mech. Tool Des. Res. Vol. 5, pp.25-34, 1965.
7. A.K. Rakhit, T.S. Sankar and M.O.M. Osman, "The Influence of Metal Cutting Forces on the Formation of Surface Texture in Turning", Int. J. Mech. Tool Des. Res. Vol. 16, pp.281-292, 1976.
8. S. Kobayashi and E.G. Thomsen, "Metal - Cutting Analysis - I, II", J. of Eng. for Industry, Feb., pp.63-80, 1962.
9. M. Sadowy, "Cutting Forces and Cutting Power in Orthogonal Cutting of Steel, Aluminum, Brass and Plastic", Int. J. Mach. Tool Des. Res. Vol. 5, pp.81-118, 1965.
10. T.C. Hsu and C.Y. Choi, "Measurement and Representation of Cutting Force due to Oblique Machining", Int. J. Mach. Tool Des. Res. Vol. 10, pp.49-64, 1970.
11. W.N. Findley and R.M. Reed, "The Influence of Extreme Speeds and Rake Angles in Metal Cutting", J. of Eng. for Industry, Feb., pp.49-67, 1963.
12. 崔求淵 외 4인 공역 : 정밀공작법 p. 45, 1972.