切削學 및 應用

徐南燮 著

(敎授用 Note)

No.1 p. 10

$$f = \cot\phi + \tan(\phi - \alpha_{me})$$

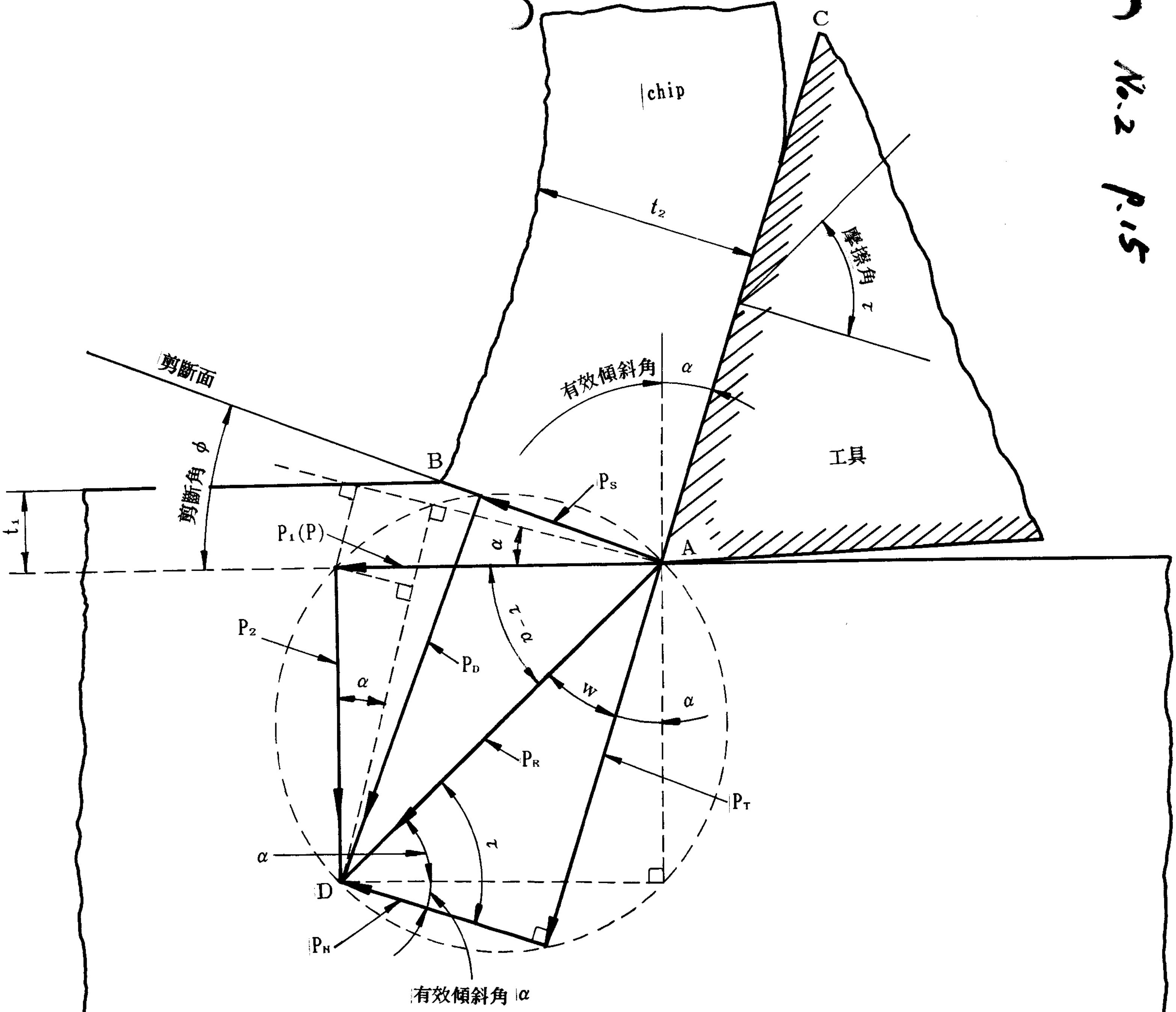
$$= \frac{\cos\phi}{\sin\phi} + \frac{\sin(\phi - \alpha_{me})}{\cos(\phi - \alpha_{me})}$$

$$= \frac{\cos\phi(\cos\phi\cdot\cos\alpha_{me} + \sin\phi\cdot\sin\alpha_{me}) + \sin\phi(\sin\phi\cdot\cos\alpha_{me} - \cos\phi\cdot\sin\alpha_{me})}{\sin\phi\cdot\cos(\phi - \alpha_{me})}$$

$$= \frac{\cos^2\phi\cdot\cos\alpha_{me} + \cancel{\sin\phi\cdot\cos\phi\cdot\sin\alpha_{me}} + \sin^2\phi\cdot\cos\alpha_{me} - \cancel{\sin\phi\cdot\cos\phi\cdot\sin\alpha_{me}}}{\sin\phi\cdot\cos(\phi - \alpha_{me})}$$

$$= \frac{\cos\alpha_{me}(\cos^2\phi + \sin^2\phi)}{\sin\phi\cdot\cos(\phi - \alpha_{me})} = \frac{\cos\alpha_{me}}{\sin\phi\cdot\cos(\phi - \alpha_{me})} \quad (2\text{-}5)$$

No.2 p.15



chip
t_2
C
摩擦角 τ
有効傾斜角 α
剪断面
剪断角 φ
B
工具
P_S
t_1
P_1(P)
A
α
P_2
P_D
α−τ
w
α
P_R
P_T
τ
α
D
P_N
有効傾斜角 α

Note 2' (From 금속절삭이론 by 서, p 326~328)

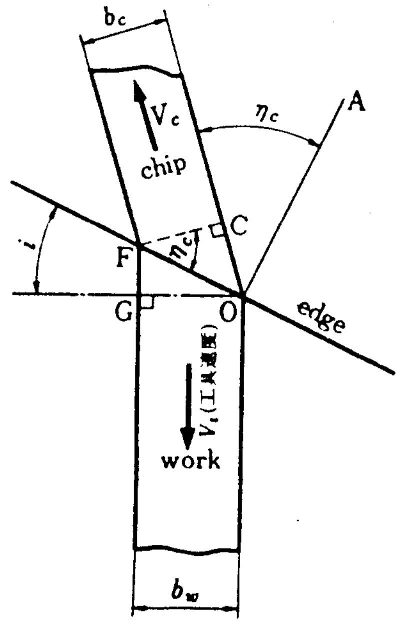


Fig. 12-7　3次元工具의 平面圖

η_c를 측정할 수 있는 방법은 몇 가지가 있다. 즉

i) chip 流動을 工具面(tool face)에서 직접 측정하는 방법

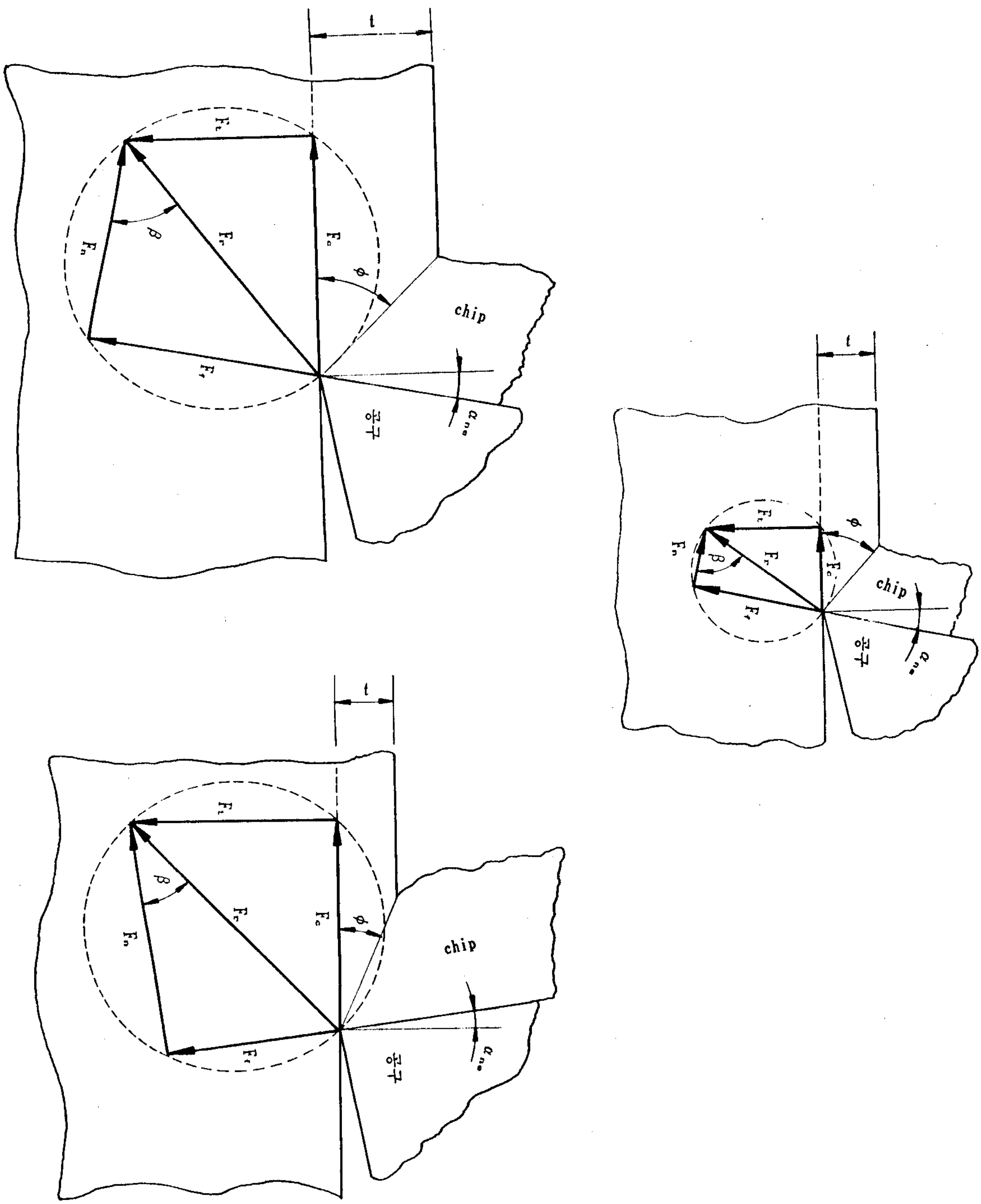
ii) chip 幅의 측정에 의한 방법

두번째 방법이 가장 실질적이며 chip의 幅을 b_c, 加工物의 폭을 b_w라 할 때 Fig. 12-7에서 $OF = \frac{b_w}{\cos i}$이므로

$$\cos \eta_c = \frac{b_c}{OF} = \frac{b_c}{b_w} \cdot \cos i \qquad (12\text{-}3)$$

式 (12-3)에서와 같이 b_c와 b_w의 측정에 의하여 η_c를 계산할 수 있으며, $b_c > b_w$의 관계에 있다.

No. 3 P.18 (경사각과 절삭깊이가 마찰각에 미치는 영향을 그림으로 설명)



p. 28 ~ 29

(2) **Merchant의 理論** Merchant[4]는 Krystoff와 같이 最大剪斷應力의 입장에서 출발하여 전단면의 방향은 전단응력이 가장 커지는 면, 다시 말해서 일정한 剪斷應力에 대하여 절삭저항 R이 최소로 되는 면을 취하도록 했다.

그림 2.25에서 $F_s = R \cdot cos(\phi + \beta - \alpha)$ 이고 $F_s = \tau_0 \cdot A_s = \tau_\phi \cdot \dfrac{A_\phi}{sin\phi}$ 이므로

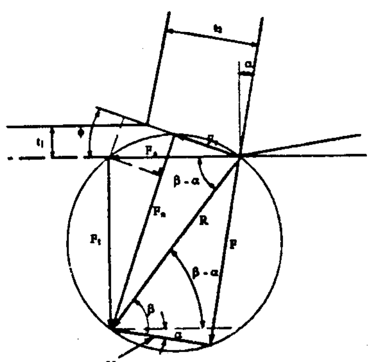
$$R = \frac{(\tau_\phi \cdot A_\phi)}{\{sin\phi \cdot cos(\phi + \beta - \alpha)\}} \tag{2.19}$$

가 되며, $dR/d\phi = 0$의 조건을 취하면

$$\frac{dR}{d\phi} = \frac{-\{cos\phi \cdot cos(\phi + \beta - \alpha) - sin\phi \cdot sin(\phi + \beta - \alpha)\} \cdot (\ )}{\{\ \}^2}$$

$$= \frac{cos(2\phi + \beta - \alpha)(\ )}{\{\ \}^2} = 0$$

$$\therefore 2\phi + \beta - \alpha = \frac{\pi}{2}$$



(a)

그림 2.25 절삭에서의 각 分力의 관계

그러나 이론과 실제의 전단각 사이에는 아직 작은 차이가 나타나는데 Merchant는 內部摩擦說의 理論에 의거해서 다음과 같이 論하고 있다.

실제의 경우는 전단면에 작용하는 압축응력 σ_s에 의해서 전단응력 τ_s는 다음과 같이 변하며, 압축력이 클수록 전단응력이 다음과 같이 증가하는 것으로 한다.

$$\tau_s = \tau_o + k\sigma_s$$

여기서 k는 常數이다. 그림 2.25에서 $\dfrac{F_n}{F_s} = tan(\phi + \beta - \alpha)$

로 되며 분모, 분자를 A_s로 나누면

$$\sigma_t=\tau_s \tan(\phi+\beta-\alpha)$$

가 되어, τ_s는 다음과 같이 구해진다.

$$\tau_s=\tau_o+k\tau_s \tan(\phi+\beta-\alpha)$$

$$\therefore \quad \tau_s=\frac{\tau_o}{1-k\tan(\phi+\beta-\alpha)} \qquad (2.22)$$

식 (2. 22)의 τ_s를 식 (2. 19)의 τ_o에 대입하여

$$R=\frac{\tau_0\cdot A_0}{\{1-\mathrm{k}\cdot tan(\phi+\beta-\alpha)\}\cdot sin\phi\cdot cos(\phi+\beta-\alpha)}$$

$$=\frac{\tau_0\cdot A_0}{sin\phi\cdot cos(\phi+\beta-\alpha)-\mathrm{k}\cdot\dfrac{sin(\phi+\beta-\alpha)}{cos(\phi+\beta-\alpha)}\cdot sin\phi\cdot cos(\phi+\beta-\alpha)}$$

$$=\frac{\tau_0\cdot A_0}{sin\phi\cdot cos(\phi+\beta-\alpha)-\mathrm{k}\cdot sin\phi\cdot sin(\phi+\beta-\alpha)}$$

$$=\frac{\tau_0\cdot A_0}{\dfrac{1}{2}\{sin(2\phi+\beta-\alpha)-sin(\beta-\alpha)\}-\dfrac{1}{2}\mathrm{k}\{cos(\beta-\alpha)-cos(2\phi+\beta-\alpha)\}}$$

$$=\frac{2\cdot\tau_0\cdot A_0}{\{sin(2\phi+\beta-\alpha)-sin(\beta-\alpha)-\mathrm{k}\cdot cos(\beta-\alpha)+\mathrm{k}cos(2\phi+\beta-\alpha)\}}$$

$$\therefore \frac{dR}{d\phi}=\frac{0\cdot\{\ \}-\{cos(2\phi+\beta-\alpha)\cdot 2-\mathrm{k}sin(2\phi+\beta-\alpha)\cdot 2\}\cdot 2\tau_0\cdot A_0}{\{\ \}^2}=0$$

$$\therefore \mathrm{k}=cot(2\phi+\beta-\alpha)$$

$$\therefore 2\phi+\beta-\alpha=cot^{-1}\mathrm{k}=C$$

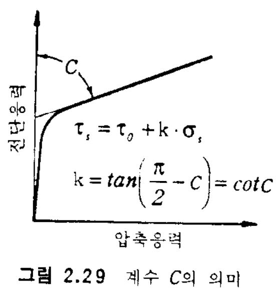


그림 2.29 계수 C의 의미

이 C를 **切削常數**(machining constant)라 하고 절삭연구상 중요한 것이다. 이 값은 실제로는 그림 2. 29와 같이 壓縮應力-剪斷應力線圖에 있어서 구배를 의미하는 것이다. 그 실제의 값은 鋼에 대해서는 약 77° 정도이다.

No. 5-1 p.29

$$\phi = \tan^{-1}\frac{\cos\theta}{e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}-\sin\theta} = f(\theta,\tau)$$

$$f(0,0) = \tan^{-1}1 = \pi/4$$

$$\frac{\partial f}{\partial\theta} = \frac{-\sin\theta\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)} + \cos\theta\tan\tau\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}+1}{e^{2\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)} - 2\sin\theta\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}+1} = \frac{b(\theta,\tau)}{c(\theta,\tau)}$$

$$\left.\frac{\partial f}{\partial\theta}\right|_{\substack{\theta=0\\ \tau=0}} = \frac{b(0,0)}{c(0,0)} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial\theta\partial\tau} = \frac{\frac{\partial b}{\partial\tau}c - b\frac{\partial c}{\partial\tau}}{c^2}$$

$$= \frac{1}{c^2}\Big\{\Big[-\sin\theta\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}\cdot\sec^2\tau(\tfrac{\pi}{2}-\theta) + \cos\theta\sec^2\tau\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)} + \cos\theta\tan\tau\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}\cdot\sec^2\tau(\tfrac{\pi}{2}-\theta)\Big]$$
$$\times c - b\times\Big[e^{2\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}\cdot 2\sec^2\tau(\tfrac{\pi}{2}-\theta) - 2\sin\theta\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}\cdot\sec^2\tau(\tfrac{\pi}{2}-\theta)\Big]\Big\}$$

$$\left.\frac{\partial^2 f}{\partial\theta\partial\tau}\right|_{\substack{\theta=0\\ \tau=0}} = \frac{1}{c(0,0)^2}\Big[1\times 2 - 1\times\pi\Big] = \frac{2-\pi}{[illegible]}$$

$$\frac{\partial f}{\partial\tau} = \frac{-\cos\theta\sec^2\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}}{c(\theta,\tau)} = \frac{d(\theta,\tau)}{c(\theta,\tau)}$$

$$\left.\frac{\partial f}{\partial\tau}\right|_{\substack{\theta=0\\ \tau=0}} = \frac{d(0,0)}{c(0,0)} = \frac{-\frac{\pi}{2}}{2} = -\frac{\pi}{4}.$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial\tau^2} = \frac{\frac{\partial d}{\partial\tau}c - d\frac{\partial c}{\partial\tau}}{c^2}$$

$$\frac{1}{c^2}\Big\{\Big[-\cos\theta(\tfrac{\pi}{2}-\theta)\cdot 2\sec\tau\cdot\sec\tau\cdot\tan\tau\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)} - \cos\theta(\tfrac{\pi}{2}-\theta)\cdot\sec^2\tau\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}\cdot\sec^2\tau(\tfrac{\pi}{2}-\theta)\Big]c$$
$$- d\cdot\Big[e^{2\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}\cdot 2\sec^2\tau(\tfrac{\pi}{2}-\theta) - 2\sin\theta\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\theta)}\cdot\sec^2\tau(\tfrac{\pi}{2}-\theta)\Big]\Big\}$$

$$\left.\frac{\partial^2 f}{\partial\tau^2}\right|_{\substack{\theta=0\\ \tau=0}} = \frac{1}{2^2}\Big[-\frac{\pi}{2}\cdot\frac{\pi}{2}\cdot 2 - (-\frac{\pi}{2})\cdot\pi\Big] = 0$$

No. 5-2

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \alpha^2} = \frac{1}{c^2}\left[\frac{\partial b}{\partial \alpha} c - b\frac{\partial c}{\partial \alpha}\right]$$

$$= \frac{1}{c^2}\Big\{ \Big[-\cos\alpha\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\alpha)} - \sin\alpha\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\alpha)}\cdot(-\tan\tau) - \sin\alpha\cdot\tan\tau\cdot e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\alpha)}$$
$$+ \cos\alpha\,\tan\tau\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\alpha)}\cdot(-\tan\tau)\Big] c$$
$$- b\cdot\Big[e^{2\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\alpha)}\cdot(-2\tan\tau) - 2\cos\alpha\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\alpha)} - 2\sin\alpha\, e^{\tan\tau(\frac{\pi}{2}-\alpha)}(-\tan\tau)\Big]\Big\}$$

$$\left.\frac{\partial^2 f}{\partial \alpha^2}\right|_{\substack{\alpha=0\\ \tau=0}} = \frac{1}{2^2}\left[-1\times 2 - 1\times(-2)\right] = 0.$$

Taylor's Series.

$$\phi = f(0,0) + \left.\frac{\partial f}{\partial \alpha}\right|_{\substack{\alpha=0\\ \tau=0}}\cdot\alpha + \left.\frac{\partial f}{\partial \tau}\right|_{\substack{\alpha=0\\ \tau=0}}\cdot\tau + \frac{1}{2!}\left[\left.\frac{\partial^2 f}{\partial \alpha^2}\right|_{\substack{\alpha=0\\ \tau=0}}\alpha^2 + \left.\frac{\partial^2 f}{\partial^2 \tau}\right|_{\substack{\alpha=0\\ \tau=0}}\tau^2 + 2\left.\frac{\partial^2 f}{\partial\alpha\partial\tau}\right|_{\substack{\alpha=0\\ \tau=0}}\cdot\alpha\cdot\tau\right] + \cdots$$

$$= \frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2} - \frac{\pi}{4}\tau + \frac{2-\pi}{4}\alpha\tau + \cdots\cdots$$

$$\phi_{rad} = \frac{\phi}{1}$$

$$\phi_{rad} = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\alpha_{rad} - \frac{\pi}{4}\tau_{rad} + \frac{2-\pi}{4}\alpha_{rad}\tau_{rad}.$$

$$\pi\frac{\phi_{deg}}{180} = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\cdot\frac{\pi}{180}\alpha_{deg} - \frac{\pi}{4}\cdot\frac{\pi}{180}\tau_{deg} + \frac{2-\pi}{4}\cdot\frac{\pi}{180}\alpha_{deg}\cdot\frac{\pi}{180}\tau_{deg}.$$

$$\phi_{deg} = 45 + \frac{1}{2}\alpha_{deg} - \frac{\pi}{4}\tau_{deg} + \frac{2-\pi}{720}\alpha_{deg}\cdot\tau_{deg}$$

$$= 45 + \frac{1}{2}\alpha_{deg} - \underline{\tau_{deg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi(\pi-2)}{720}\alpha_{deg}\right)}$$

$$= \underline{45 + \frac{1}{2}\alpha - \tau(0.78 + 0.004\,98\alpha)}$$

No. 6-1 P. 40

I 기하학적인 양

① 길이 (m): [L]
② 절삭깊이 (m): [L]
③ 직경 (m): [L]
④ 면적 (m^2): [L^2]
⑤ 체적 (m^3): [L^3]
⑥ 면적관성 모멘트: $I = \int_A s^2 dA$ (m^4) [L^4] $I_z = \int_A y^2 dA$ → $I_z = \frac{bh^3}{12}$ $I_y = I_z = \frac{\pi d^4}{64}$

II 질량을 포함하는 양

① 질량 (kg): [M]
② 표면장력 :

$$\text{표면장력} = \frac{\text{힘}}{\text{거리}} = \frac{\text{질량x가속도}}{\text{거리}} = \frac{[M][LT^{-2}]}{[L]} = [MT^{-2}]$$

③ 스프링상수:

$$K = \frac{\text{힘}}{\text{변위}} = \frac{[MLT^{-2}]}{[L]} = [MT^{-2}]$$

④ 극관성모멘트:

면적 극관성 모멘트 $I_P = \int_A r^2\, dA$ (m^4) [L^4]
체적 극관성 모멘트 $I_P = \int_V r^2\, dV$ (m^5) [L^5]
질량 극관성 모멘트 $I_P = \int_m r^2\, dM$ ($kg \cdot m^2$) [ML^2]

⑤ 점성계수 :

$$\tau = \mu \frac{dv}{dx} \qquad \mu = \frac{\tau dx}{dv} = \frac{F/A\ dx}{dv} = \frac{[MLT^{-2}][L^{-2}][L]}{[LT^{-1}]}$$

$$\mu = [ML^{-1}T^{-1}]$$

⑥ 압력,응력,탄성계수:

$$\text{압력(응력)} = \frac{\text{힘}}{\text{면적}} = \frac{[MLT^{-2}]}{[L^2]} = [ML^{-1}T^{-2}]$$

응력 = 탄성계수 x 변형률 (여기서 변형률은 무차원)
따라서 응력과 탄성계수의 차원은 같다.

⑦ 밀도:

$$\text{밀도} = \frac{\text{질량}}{\text{부피}} = \frac{[M]}{[L^3]} = [ML^{-3}]$$

⑧ 힘 : 힘 = 질량 x 가속도 = [MLT^{-2}]

⑨ 일, 에너지, 토오크:

$$일 = 힘 \times 거리 = [MLT^{-2}][L] = [ML^2T^{-2}]$$

⑩ 동력(일률)

$$동력 = \frac{일}{시간} = \frac{[ML^2T^{-2}]}{[T]} = [ML^2T^{-3}]$$

⑪ 관성 moment : $I_z = \int r^2 \cdot dm$ (No.④ 참조) $[M \cdot L^2]$ * 공업역학 by 이경식 P.286

Ⅲ 시간을 포함하는 양

① 시간(s): t $[T]$

② 진동수(Hz): $f = 1/t$ $[T^{-1}]$

③ 각속도 : $w = 2\pi f$ $[T^{-1}]$

④ 각가속도: $\alpha = w/t$ $[T^{-2}]$

⑤ 선속도 : $v[m/s]$ $[LT^{-1}]$

⑥ 선가속도: $a[m/s^2)$ $[LT^{-2}]$

⑦ 동점성계수:

$$동점성계수 = \frac{점성계수}{밀도} = \frac{[ML^{-1}T^{-1}]}{[ML^{-3}]} = [L^2T^{-1}]$$

Ⅳ 열의 양

① 온도(°c): T $[\theta]$

② 열량(cal): 1cal = 4.2J

여기서 J은 일의 단위이므로 열량의 단위와 일의 단위는 같다.

$J = 힘 \times 거리\ (Nm) = [MLT^{-2}][L] = [ML^2T^{-2}]$

N은 힘의 단위 (Newton)이다.

③ 비열 : $Q = m\,c\,T$

$$c = \frac{Q}{m\,T} = \frac{[ML^2T^{-2}]}{[M][\theta]} = [L^2T^{-2}\theta^{-1}]$$

Fourier의 열전도 방정식

* $\Delta Q = k \cdot A \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} \cdot \Delta T$ (온도차, 벽두께, 시간)

④ 열전도도:

$$Q = \frac{K\,A\,t\,(dT)}{dx}$$

$$K = \frac{Q\,dx}{A\,t\,dT} = \frac{[ML^2T^{-2}][L]}{[L^2][T][\theta]} = [MLT^{-3}\theta^{-1}]$$

10.6-3. ⑤ 체적비열:

$$\text{체적비열} = \text{밀도} \times \text{비열} = [ML^{-3}][L^{2}T^{-2}\theta^{-1}] = [ML^{-1}T^{-2}\theta^{-1}]$$

⑥ 통합입 열 2

$$H = \text{체적비열} \times \text{열전도도} = [ML^{-1}T^{-2}\theta^{-1}][MLT^{-3}\theta^{-1}]$$
$$= [M^{2}T^{-5}\theta^{-2}]$$

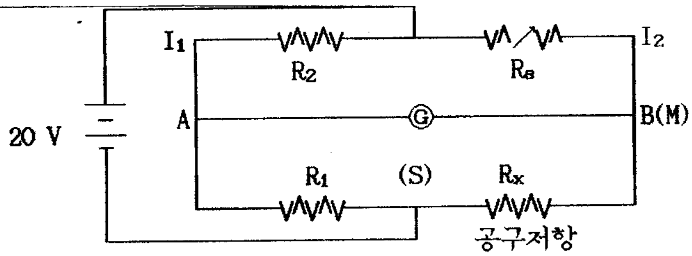
⑦ 엔트로피:

$$dS = \frac{dQ}{T} = \frac{[ML^{2}T^{-2}]}{[\theta]} = [ML^{2}T^{-2}\theta^{-1}]$$

⑧ 열확산율:

$$\text{열확산율} = \frac{\text{열전도도}}{\text{체적비열}} = \frac{[MLT^{-3}\theta^{-1}]}{[ML^{-1}T^{-2}\theta^{-1}]} = [L^{2}T^{-1}]$$

No.7 p.55



온도에 따른 공구의 저항변화를 알기위한 모형으로 휘이트스토운 브리지에서 평형이 이루어졌을 경우(즉, 지로 A와 지로 B의 전압차가 없을 경우) 각 지로 전압의 비는

$$\frac{I_2R_x}{I_2R_s} = \frac{I_1R_1}{I_1R_2} \text{ 즉 } \frac{R_x}{R_s} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} * R_s \text{ 이다.}$$

즉, 온도변화에 따라서 전류계의 전류값을 0이 되게 가변기준저항(R_s)을 조정하여 R_s를 결정하면 공구저항(R_x)를 구할 수 있다.

※ Ohm의 법칙에 의하여 $V = I \cdot R$ 에서 $V = (R_1 + R_2) \cdot I_1 = (R_x + R_s) \cdot I_2$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_x + R_s}$$

Ⓖ가 0이면 즉, A와 B의 전위차가 0이면

$V_1 = V_x$ 이므로(전압분배에 의해)

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_x$$

$$I_1 \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_x + R_s} \cdot R_x = I_1 \cdot R_1$$

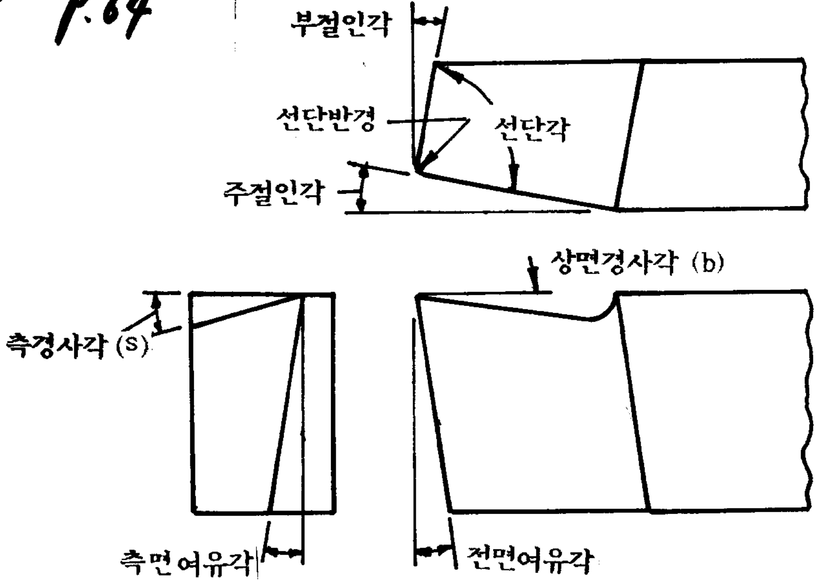
$$(R_1 + R_2) \cdot R_x = R_1 \cdot (R_x + R_s)$$

$$R_2 \cdot R_x = R_1 \cdot R_s$$

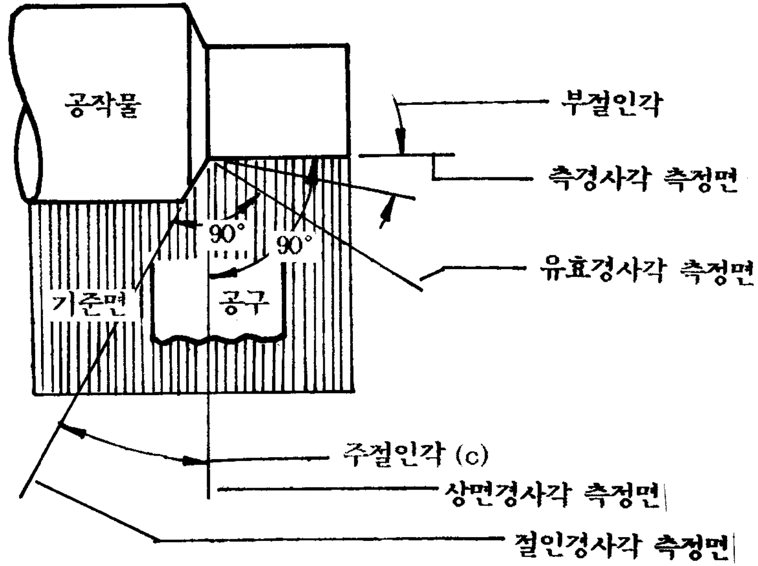
$$\therefore\ R_x = \frac{R_1 \cdot R_s}{R_2}$$

$$\frac{R_x}{R_s} = \frac{R_1}{R_2}$$

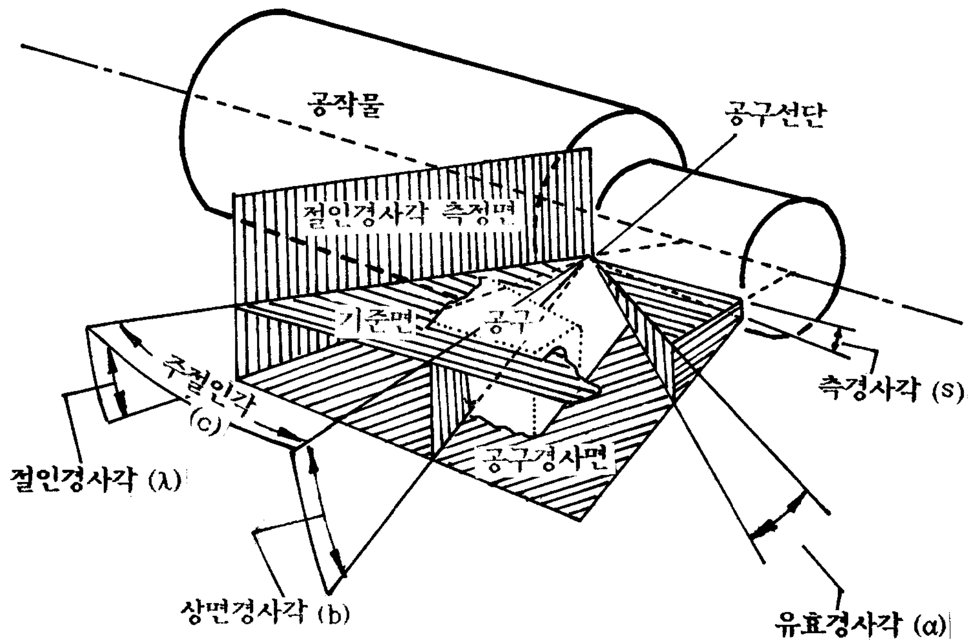
No. 8 p.64



부절인각
선단반경
선단각
주절인각
상면경사각 (b)
측경사각 (s)
측면여유각
전면여유각

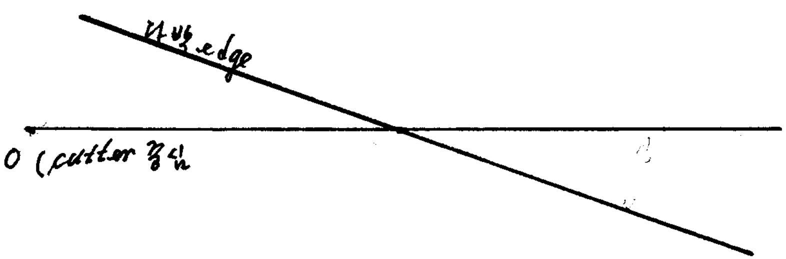


공작물
부절인각
측경사각 측정면
90°
90°
유효경사각 측정면
기준면
공구
주절인각 (c)
상면경사각 측정면
절인경사각 측정면

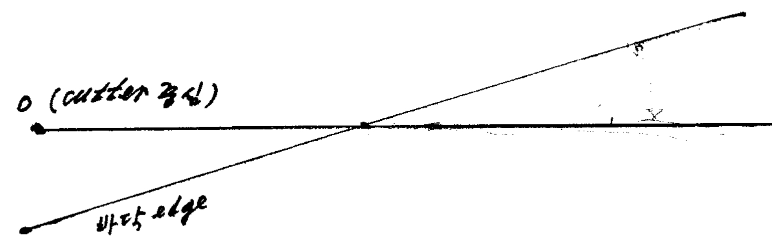


공작물
공구선단
절인경사각 측정면
기준면
공구
주절인각 (c)
측경사각 (s)
절인경사각 (λ)
공구경사면
상면경사각 (b)
유효경사각 (α)

No. 9 p.66 + 모형



$\alpha(+)$, $r(+)$, $a(+)$, $\lambda(+)$



p.66
Fig. 63 ($\alpha(-)$, $r(-)$, $a(+)$, $\lambda(+)$

No. 10 p. 71

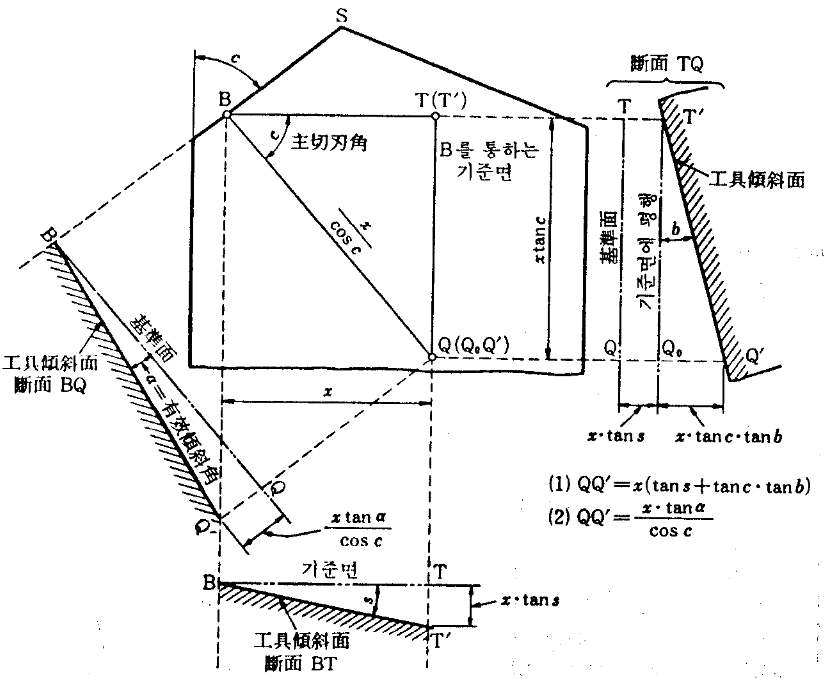


Fig. 65 有效傾斜角

p.73 (보충설명)

金屬切削理論 p.326-328

切刃傾斜角 i 와 chip 流動方向 η_c 의 관계:

i) chip 流動을 工具面(tool face)에서 직접 측정하는 방법

ii) chip 幅의 측정에 의한 방법

두번째 방법이 가장 실질적이며 chip 의 幅을 b_c, 加工物의 폭을 b_w 라 할 때 Fig. 12-7 에서 $OF = \frac{b_w}{\cos i}$ 이므로

$$\cos \eta_c = \frac{b_c}{OF} = \frac{b_c}{b_w} \cdot \cos i \tag{12-3}$$

式 (12-3)에서와 같이 b_c 와 b_w 의 측정에 의하여 η_c 를 계산할 수 있으며, $b_c > b_w$ 의 관계에 있다.

Stabler 의 실험에 의하면 工具 및 加工物 材料, 工具傾斜角, 切削速度 등의 모든 조건에 대하여 chip 의 流動角 η_c 는 工具刃의 傾斜角 i 와 같다고 한다. Stabler 는 처음 실험결과에 대한 보고와는 약간 차이는 있지만 chip 流動에 대하여 다음 사실을 알아내었다.

i) η_c 는 α_n 의 증가에 따라 감소한다.

ii) η_c 는 효과적인 切削油를 사용하면 증가한다.

iii) η_c 는 金屬切削의 摩擦特性이 향상되면(마찰이 적으면) 증가한다.

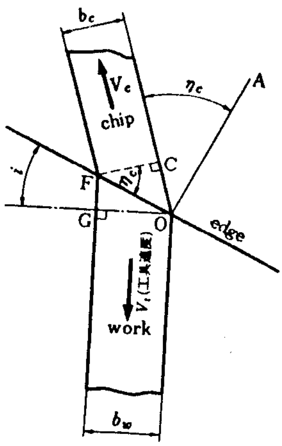
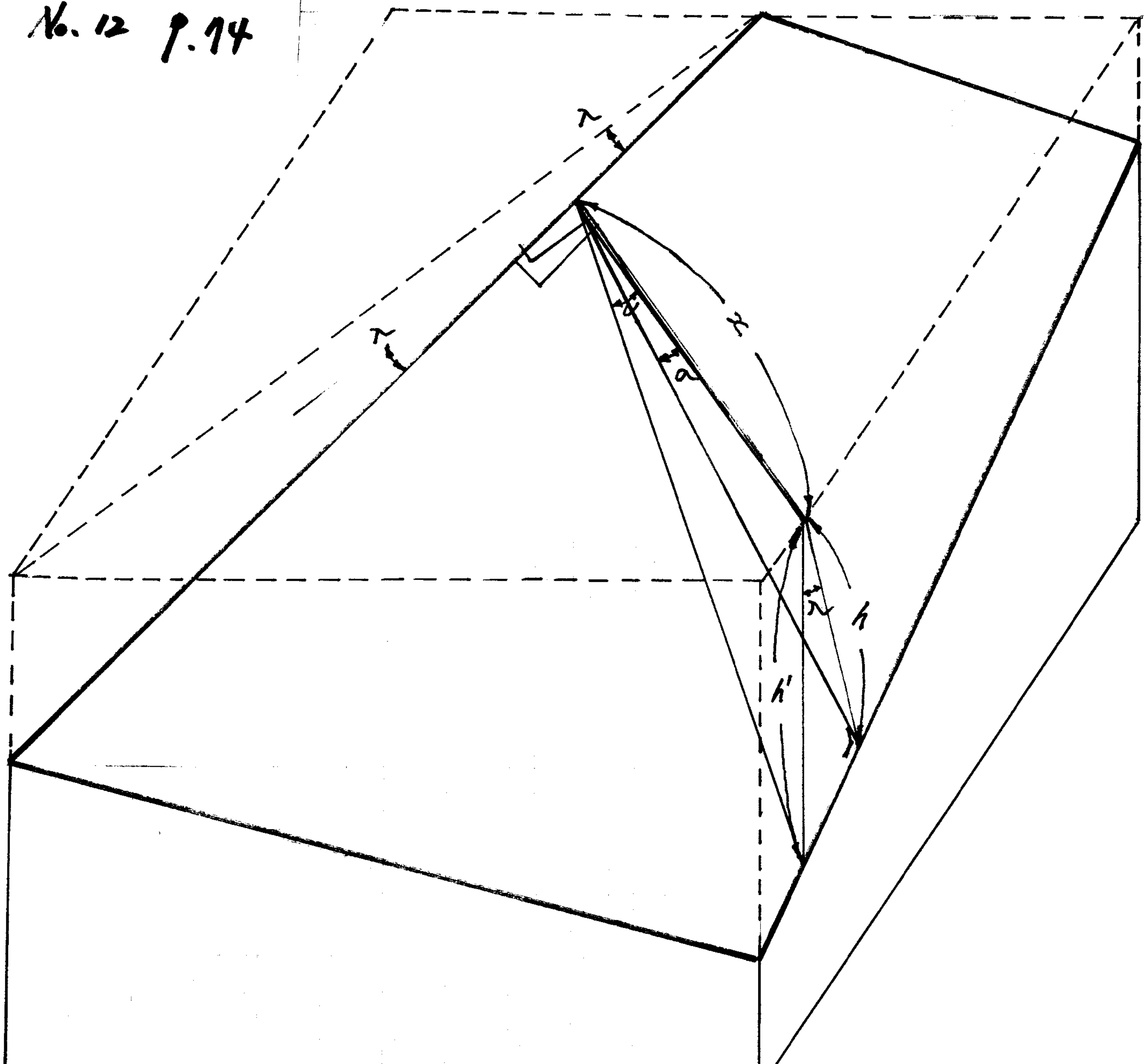


Fig. 12-7 3次元工具의 平面圖

No. 12 p. 94



$$\tan\sigma = \frac{h}{x}$$

$$\tan\alpha = \frac{h'}{x}$$

$$\cos\lambda = \frac{h}{h'}$$ 에서

$$h = x\cdot\tan\sigma = h'\cdot\cos\lambda$$
$$= x\tan\alpha\cdot\cos\lambda$$

$$\therefore \tan\sigma = \tan\alpha\cdot\cos\lambda \quad \cdots (87)$$

No. 13 p. 11

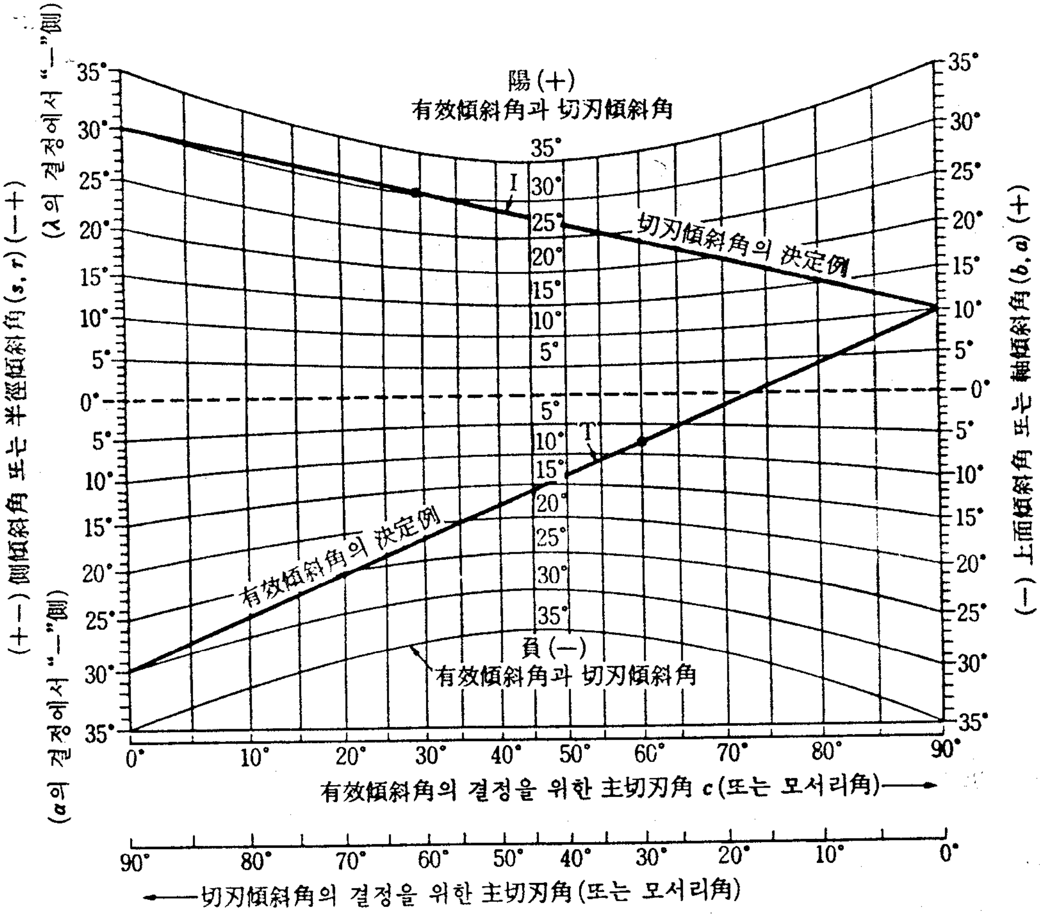


Fig. 69 有效傾斜角과 切刃傾斜角의 결정

No.14 p. 84

b) diamond 자국法

Fig. 4-17 과 같이 工具磨耗 land 위에 diamond 자국을 내어 그 다음에 일어나는 마모를 손쉽고 정밀하게 측정하는 방법이며, **Knoop diamond impression method** 라고도 한다.

diamond pyramid 의 형상은 $d:b:L=1:4.29:30.53$ 이므로

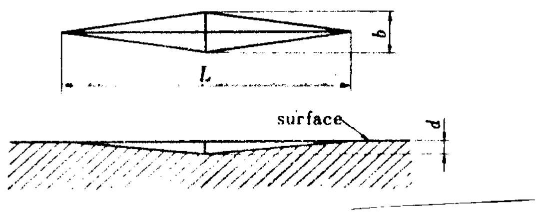


Fig. 4-17 diamond 자국

대각선의 변화를 측정하면 자국깊이의 30.53 배로 확대하여 측정하는 셈이다. 이 방법에 의한 측정에서는 工具의 固定狀態 또는 研削에 따라 마모 land 가 달라질 수 있는 단점이 없고, 工具를 선반에 고정한 상태에서 계속 측정할 수 있어 많이 이용된다.

다음은 정밀하고 재생시킬 수 있는 磨耗 data를 얻는 방법의 예이다.

i) 銳利한 실험용 工具의 여유면을 연삭하여 0.01[in]의 磨耗 land 로 한다.

ii) bite 를 旋盤에 고정하고 Fig. 4-18 과 같은 장치에 의하여 Fig. 4-19 와 같은 자국이 생기게 한다.

iii) 자국의 대각선을 현미경으로 계속 측정하여 磨耗速度를 산정한다.

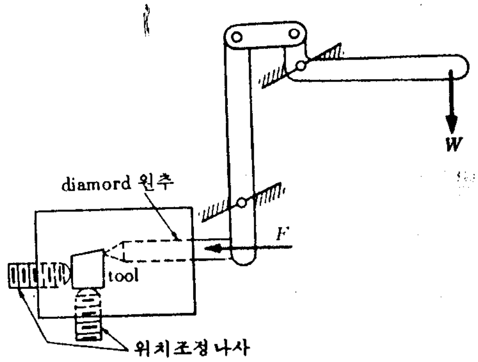


Fig. 4-18 diamond 자국법 장치

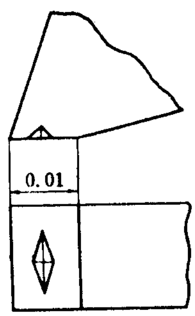


Fig. 4-19 diamond 자국의 위치

일반적으로 磨耗試驗의 결과는 標準磨耗 land 의 값으로 표시되므로 자국의 읽음을 磨耗 land 의 값으로 환산하는 것이 편리하다.

ΔBC : 마모 land 의 증가량

ΔL : diamond 자국의 대각선의 감소량

θ_e : 工具의 餘裕角

Δd : diamond 자국의 깊이의 감소량

이라 하면 Fig. 4-20 에서

$$\Delta BC = \Delta d \cdot \cot\theta_e$$

$$\Delta d = \frac{\Delta L}{30.53}$$ ← (d : L = 1 : 30.53 → Δd : ΔL = 1 : 30.53)

$$\therefore \Delta BC = \frac{\cot\theta_e}{30.53}\cdot\Delta L \qquad (4\text{-}29)$$

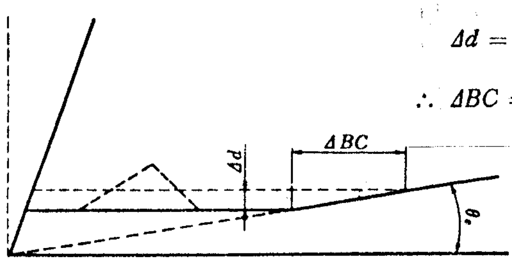
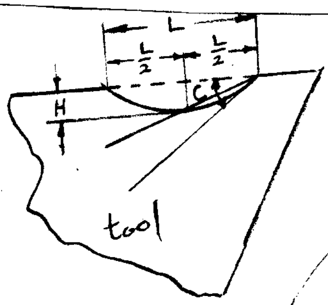
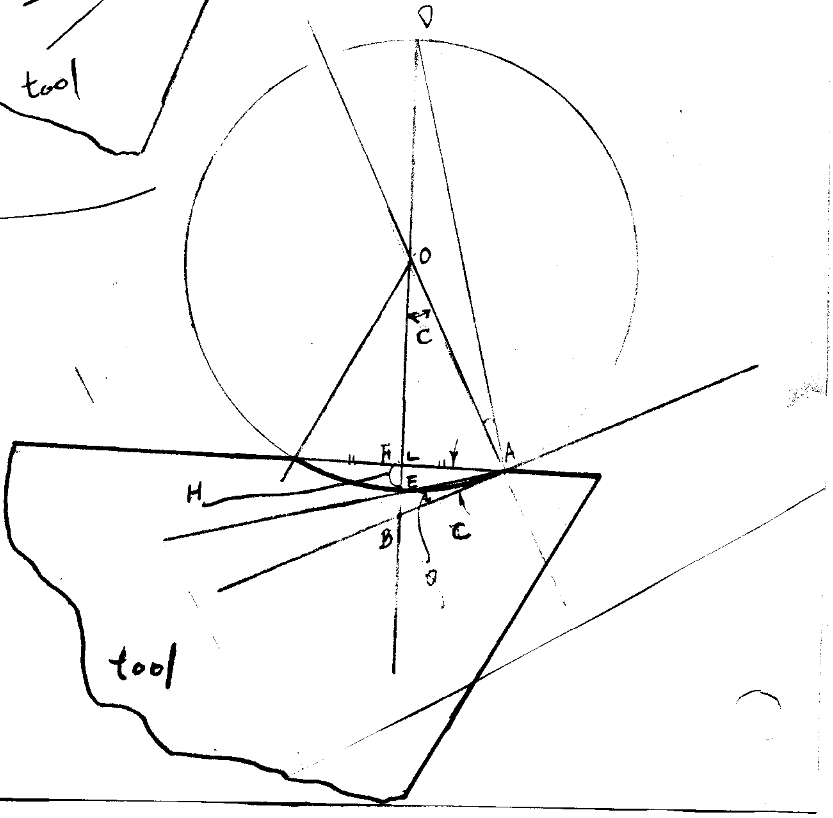


Fig. 4-20 (chart 이용)

No.15 p. 85





$\angle EAB = \varphi$ 라하면

$\angle \cancel{EAO} + \varphi = \angle \cancel{EAO} + \angle OAD \left(= \frac{\pi}{2}\right)$

$\therefore \angle OAD = \varphi$

그런데 $\quad C = \angle OAD + \angle ODA$

$\qquad\qquad = 2\angle OAD$

$\therefore \; C = 2\varphi$

$\therefore \; \varphi = \frac{1}{2} C$

그런데 $\angle BAF = \angle BOA = C$

$\therefore \; \angle BAE = \angle EAF = \frac{1}{2} C$

$\therefore \; \triangle AEF$ 에서 $\tan\frac{C}{2} = \frac{H}{\frac{L}{2}} = \frac{2H}{L}$ (91)

8-2 切削速度의 選定

No. 164 p.87 (From 金屬切削理論 에서)

切削加工에서 절삭속도를 선정하는 데 2가지의 기준이 있다. 하나는 最小生産價이고, 다른 하나는 最小生産時間이다. 圓筒旋削에서와 같은 일정한 절삭속도에서 最小生産價를 얻는 最適切削速度를 먼저 고려하려 한다. 이때에 작업자와 기계가 N_b개 부품의 1 batch 를 생산하는 데 걸리는 시간을 다음과 같이 3가지로 생각할 수 있다.

i) 總準備時間 $N_b \cdot t_l$

다만, t_l : 준비 시간(각 部品의 工作機械에 대한 着脫시간과 工具를 처음 절삭위치에 옮기는 시간)

ii) 總加工時間 $N_b \cdot t_m$

다만, t_m : 각 部品의 加工時間

iii) 磨耗된 공구를 교체하는 데 요하는 시간 $N_t \cdot t_{ct}$

다만, t_{ct} : 공구교환시간/공구, N_t : 사용공구수

M을 機械와 작업자에 대한 시간당 費用이라 하면(間接費, overheads 포함) 총 기계 및 인건비는 다음과 같다.

$$M(N_b \cdot t_l + N_b \cdot t_m + N_t \cdot t_{ct}) \tag{8-1}$$

式 (8-1)에 工具費 $N_t \cdot C_t$를 더하여야 한다. 다만, C_t는 工具 1개의 값이다.

部品(component) 1개에 대한 平均生産費는 다음과 같다.

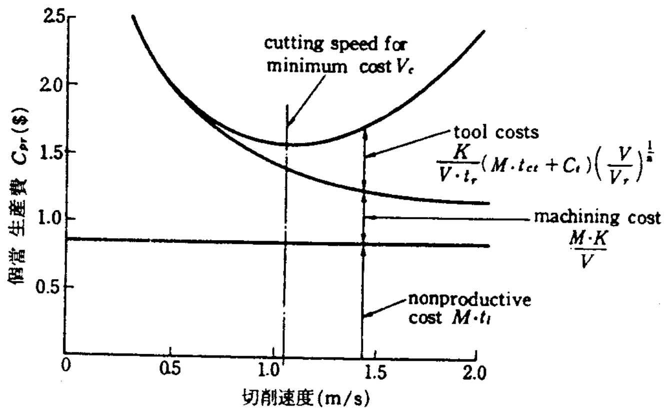
$$\begin{aligned} C_{pr} &= \frac{1}{N_b}[M(N_b \cdot t_l + N_b \cdot t_m + N_t \cdot t_{ct}) + N_t \cdot C_t] \\ &= M \cdot t_l + M \cdot t_m + M \cdot \frac{N_t}{N_b} \cdot t_{ct} + \frac{N_t}{N_b} \cdot C_t \end{aligned} \tag{8-2}$$

式 (8-2)에서 첫번째 항은 준비費(非加工費, nonproductive cost)이며, 어느 특정된 작업에서는 일정하다. 두번째 항은 加工費(machining cost)이며 feed를 일정하게 하고 절삭속도를 증가시키면 감소시킬 수 있다. 제일 끝항은 工具費이며 절삭속도의 증가와 함께 증가한다.

1 batch 를 생산하는 데 요하는 공구수를 구하기 위해서는 절삭속도와 공구수명의 관계를 알아야 한다. Taylor 의 실험식인 절삭속도와 공구수명의 관계는 다음과 같다.

$$V \cdot t^n = V_r \cdot t_r^n = C \tag{8-3}$$

No.16-2



$M=\$0.002\ 8/\mathrm{s}$, $C_t=\$2.1$, $t_{ct}=240\,\mathrm{s}$, $n=0.25$,
$t_l=300\mathrm{s}$, $K=192\mathrm{m}$, $t_r=60\mathrm{s}$, and $V_r=2.75\,\mathrm{m/s}$

Fig. 8-1 切削速度와 生産費

각각 그려져 있고 주어진 조건에서 最適切削速度가 어떻게 결정되는가를 알 수 있다. 式 (8-7)에 의하면 최적절삭속도는 batch size나 준비 시간과는 무관함을 알 수 있다. 式 (8-1) 중에서 부품 1 개의 平均生産時間은

$$t_{pr}=t_l+t_m+\frac{N_t}{N_b}\cdot t_{ct} \tag{8-8}$$

이다. 式 (8-8)에 式 (8-4)와 式 (8-5)를 대입하면

$$\begin{aligned} t_{pr} &= t_l+\frac{K}{V}+\frac{t_m}{t_r}\cdot\left(\frac{V}{V_r}\right)^{\frac{1}{n}}\cdot t_{ct} \\ &= t_l+\frac{K}{V}+\frac{1}{t_r}\cdot\frac{K}{V}\cdot\left(\frac{V}{V_r}\right)^{\frac{1}{n}}\cdot t_{ct} \\ &= t_l+\frac{K}{V}+\frac{K\cdot t_{ct}}{t_r\cdot V_r^{\frac{1}{n}}}\cdot V^{\frac{1-n}{n}} \end{aligned} \tag{8-9}$$

最小生産時間에 대한 절삭속도 V_p를 구하기 위하여 式 (8-9)에서 $\frac{dt_{pr}}{dV}=0$으로 놓으면

$$-KV_p^{-2}+\frac{K\cdot t_{ct}}{t_r\cdot V_r^{\frac{1}{n}}}\cdot\frac{1-n}{n}\cdot V_p^{\frac{1-n}{n}-1}=0$$

$$\therefore\ V_p=\left(\frac{n}{1-n}\cdot\frac{t_r}{t_{ct}}\right)^n\cdot V_r \tag{8-10}$$

式 (8-7)과 (8-10)을 볼 때 最小生産費에 대한 조건과 最小生産時間에 대한 조건이 서로 다르므로 최종절삭속도는 절충에 의하여 정하여야 하며, 이에 대한 설명은 우선 다음으로 미룬다.

8-3 最小生産費와 最小生産時間에 대한 工具壽命

실제의 절삭작업을 해석하는 데 있어서 최소생산비에 대한 最適工具壽命 t_c와 최소생산시간에 대한 最適工具壽命 t_p를 응용하는 것이 편리하다. 이 식들은 式 (8-7)과 (8-10)을 Taylor의 방정식 (8-3)에 대입하여 구하면

$$t_c=t_r\cdot\left(\frac{V_r}{V}\right)^{\frac{1}{n}}=t_r\left[\frac{V_r}{V_r}\left(\frac{1-n}{n}\cdot\frac{M\cdot t_{ct}+C_t}{M\cdot t_r}\right)^n\right]^{\frac{1}{n}}$$

$$\therefore\ t_c=\frac{1-n}{n}\cdot\left(t_{ct}+\frac{C_t}{M}\right)=\left(\frac{1}{n}-1\right)\left(t_{ct}+\frac{C_t}{M}\right) \tag{8-11}$$

$$t_p=t_r\cdot\left(\frac{V_r}{V}\right)^{\frac{1}{n}}=t_r\cdot\left[\frac{V_r}{V_r}\cdot\left(\frac{1-n}{n}\cdot\frac{t_{ct}}{t_r}\right)^n\right]^{\frac{1}{n}}$$

$$\therefore\ t_p=\frac{1-n}{n}\cdot t_{ct}=\left(\frac{1}{n}-1\right)\cdot t_{ct} \tag{8-12}$$

실제에 있어서 $(1-n)/n$은 工具材料에 따라 다음과 같이 정해져 있다.

H.S.S. ($n=0.125$)에 대하여 $\frac{1-n}{n}=7$

$$\therefore\ t_c=7\left(t_{ct}+\frac{C_t}{M}\right) \tag{8-13}$$

$$t_p=7\cdot t_{ct} \tag{8-14}$$

carbide ($n=0.25$)에 대하여 $\frac{1-n}{n}=3$

$$\therefore\ t_c=3\left(t_{ct}+\frac{C_t}{M}\right) \tag{8-15}$$

$$t_p=3\cdot t_{ct} \tag{8-16}$$