예제 X-1. 공구 경사면의 경사각 $\alpha=20°$인 공구로 절삭폭 $b=3\text{mm}$인 강을 절삭깊이 $t_1=0.2\text{mm}$, 절삭속도 $V_c=100\text{m/min}$로 2 차원절삭을 하였을 때 chip 두께 $t_2=0.3\text{mm}$(공구현미경으로 측정), 절삭력 $F_c=100\text{kg}$(공구동력계로 측정), 수직력 $F_t=30\text{kg}$(공구동력계로 측정)이 되었다.

이때 다음 값을 구하여 본다.

(解) ① 절삭률(metal-removal rate) Z_w

$$Z_w=A_c\cdot V_c=\left(\frac{0.2}{10}\right)\times\left(\frac{3}{10}\right)\times 10\,000=60\text{cm}^3/\text{min}$$

② 절삭비(cutting ratio) r_c

$$r_c=\frac{t_1}{t_2}=\frac{0.2}{0.3}=0.67$$

③ 전단각(shear angle) ϕ

$$\tan\phi=\frac{r_c\cdot\cos\alpha}{1-r_c\cdot\sin\alpha}=\frac{0.67\cdot\cos 20°}{1-0.67\cdot\sin 20°}=\frac{0.67\times 0.94}{1-0.67\times 0.34}=0.82$$

$$\therefore\ \phi=39.4°$$

④ 마찰각(friction angle) β

$$\mu=\tan\beta=\frac{F_t+F_c\cdot\tan\alpha}{F_c-F_t\cdot\tan\alpha}=\frac{30+100\times\tan 20°}{100-30\times\tan 20°}=0.745$$

$$\therefore\ \beta=36.7°$$

⑤ chip의 전단변형도 ε

$$\varepsilon=\cot\phi+\tan(\phi-\alpha)=\cot 39.4°+\tan(39.4°-20°)=1.22+0.35=1.57$$

⑥ 공구면상의 chip 유동속도 V_f

$$V_f=\frac{V_c\cdot\sin\phi}{\cos(\phi-\alpha)}=\frac{100\times\sin 39.4°}{\cos(39.4°-20°)}=\frac{100\times 0.635}{0.943}=67.3\text{m/min}$$

⑦ 전단면의 chip 유동속도(전단속도) V_s

$$V_s=\frac{V_c\cdot\cos\alpha}{\cos(\phi-\alpha)}=\frac{100\times\cos 20°}{\cos(39.4°-20°)}=\frac{100\times 0.940}{0.943}=99.6\text{m/min}$$

⑧ 전단면의 전단응력 τ_s

$$\tau_s=\frac{(F_c\cdot\cos\phi-F_t\cdot\sin\phi)\cdot\sin\phi}{A_c}=\frac{(100\times\cos 39.4°-30\times\sin 39.4°)}{0.2\times 3}\times\sin 39.4°$$

$$=\frac{(100\times 0.77-30\times 0.63)\times 0.63}{0.2\times 3}=61\text{kg/mm}^2$$

⑨ 전단면상의 수직응력 σ_s

$$\sigma_s=\frac{(F_c\cdot\sin\phi+F_t\cdot\cos\phi)\cdot\sin\phi}{A_c}=\frac{(100\times\sin 39.4°+30\times\cos 39.4°)\cdot\sin 39.4°}{0.2\times 3}$$

$$=\frac{(100\times 0.63-30\times 0.77)\times 0.63}{0.2\times 3}=90.4\text{kg/mm}^2$$

⑩ 비전단 energy W_s

$$W_s = \tau_s \cdot \varepsilon = 61 \times 1.57 = 95.77 \text{kg} \cdot \text{mm/mm}^3$$

⑪ 비마찰 energy W_f

$$W_f = \frac{F_f \cdot \sin\phi}{A_c \cdot \cos(\phi - \alpha)} = \frac{(F_c \cdot \sin\alpha + F_t \cdot \cos\alpha) \cdot \sin\phi}{0.2 \times 3 \times \cos(39.4° - 20°)}$$

$$= \frac{(100 \times \sin 20° + 30 \times \cos 20°) \cdot \sin 39.4°}{0.2 \times 3 \times \cos 19.4°} = \frac{(100 \times 0.34 + 30 \times 0.94)}{0.2 \times 3 \times 0.94} \times 0.63$$

$$= 69.5 \text{kg} \cdot \text{mm/mm}^3$$

⑫ 비절삭 energy W_n

$$W_n = W_s + W_f = 95.77 + 69.5 = 165.27 \text{kg} \cdot \text{mm/mm}^3$$