大韓機械學會論文集 第12卷 第5號, pp. 1055~1062, 1988.

〈論 文〉

유리섬유 강화 플라스틱 절삭시의 공구마멸 특성

강 명 순* · 이 원 평**

(1988년 3월 12일 접수)

Characteristics of Tool Wear in Cutting of Glass Fiber Reinforced Plastics

Myung Soon Kang and Won Pyung Lee

Key Words : GFRP(유리섬유 강화 플라스틱), Matrix(소지), Abrasive Wear(연삭마멸), Flank Wear(측면마멸), Cutting Speed(절삭속도), Tool Life(공구수명)

Abstract

The characteristics of tool wear and the machinability in cutting of GFRP have been studied. The wear behavior of carbide insert tools(P20, M10, K10) and Cermet in TiC grade was studied by turning of changing the cutting condition. Machinability could be estimated as the following empirical formula,

$CT^n = W$

The main results obtained are as follows:

(1) Dependence of rate of tool wear on cutting speed; with increases of cutting speed, the rate of tool wear initially increases gradually(lst range), then it increases proportionally to cutting speed(2nd range), and finally the rate is constant(3rd range).

(2) When the contact length has a main, effect on tool wear, the cutting speed does not affect the tool wear. On the contray, the cutting speed has a main effect on tool wear, the contact length does not affect the tool wear.

(3) The order of machinability is K10, M10, P20 and Cermet in TiC grade.

기 호 설 명

E : 유리섬유의 세로 탄성계수, kgf/m²
I : 유리섬유의 단면 2차 모우멘트, m⁴
K : 유리섬유 1개당의 전단력, kg
k : 유리섬유 단위 길이에 작용하는 스프링 상수, kgf/m·m⁻¹
L : 유리섬유의 전길이, m
l : 분포하중이 작용하고 있는 유리섬유의 길이, m
p : 시간 t에서의 분포하중의 크기, kgf/m
t : 분포하중이 작용하기 시작하여 경과한 시간, s
v : 분포하중 끝에서의 유리섬유 변위속도, m/s
δ : 시간 t동안의 유리섬유의 변위, m
η : 유리섬유 단위길이에 작용하는 dashpot의 점성계수, kgf·s/m·m⁻¹

1. 서 론

유리섬유 강화 플라스틱(GFRP)은 역학적 성질을 조정할 수 있고, 비탄성, 비강도가 크며, 내식성 및 진동의 감쇠성 등이 우수하기 때문에 산업분야의 신소재로서 그 수요가 날로 증대되고 있다[1]. 이같은 유리섬유 강화 플라스틱 재품을 지금까지 성형가공 후 그대로 사용하였으나, 산업의 발달로

*정회원, 한양대학교 공과대학 정밀기계공학과
**정회원, 인덕공업전문대학 기계과

제품이 다양화되어 각종 가공법으로 제품을 생산하게 되었고, 이로인해 절삭가공의 필요성도 증대되고 있다.

GFRP는 유리섬유가 보강재로 들어 있기 때문에 절삭가공시 공구마멸은 금속을 절삭하는 경우보다 훨씬 심하고, 그 정도도 절삭조건에 따라 다르므로 절삭조건에 대한 의존성은 단순하지가 않다[2~4]. 절삭조건에 대한 의존성을 구명하기 위해 역학모델을 이용하여 해석하였고[5~7], 해석결과에 의하면 GFRP 절삭시의 공구마멸 특성은 주로 경도가 높은 유리섬유로 인해 발생되며, 절삭속도에 따라 공구마멸이 어떻게 변하는가에 대해서만 논하였다.

그러나 본 연구에서는 역학모델을 이용해 공구마멸 특성을 절삭속도뿐만 아니라 공구와 유리섬유의 접촉길이에 대해서도 논하고, 이 결과와 실험결과를 대비 검토하였다. 또 몇 가지 공구재종으로 절삭성능을 측정하였다.

2. 역학모델에 의한 이론해석

GFRP는 매트릭스와 유리섬유의 복합재이기 때문에 절삭시 공구마멸은 연삭마멸에 의해 생긴다[7]. 특히 공구마멸이 금속절삭에 비해 극심한 것은 경도가 높은 유리섬유가 피삭재속에 들어 있기 때문이다. 또 절삭조건에 따라 공구마멸량이 다른 것은 유리섬유와 절삭공구 사이의 접촉압이 다르기 때문이다.

GFRP를 절삭하는 경우 공구에 대하여 유리섬유의 방향은 여러 가지가 있으나 알기 쉽게 Fig. 1과 같은 경우를 2차원 모델로 나타냈다. Fig. 1에서 유리섬유가 축방향에만 들어 있는 파이프재의 끝부분을 공구설치각 90°로 절삭하면 절삭날과 유리섬유는 평행하게 된다. 절삭시 유리섬유는 공구의 절삭깊이와 같은 길이만큼 공구로부터 힘을 받게 되고, 이 힘을 받아 파단된 유리섬유와 매트릭스는 공구 경사면을 따라 칩으로 배출된다. 그러나 유리섬유중 공구로부터 힘을 받아 파단되지 않은 유리섬유는 공구의 여유면측에 눌려 들어간다. 이같이 유리섬유가 그 축에 수직한 힘을 받아 변형하여 파괴될 때에는 유리섬유의 굽힘강성과 유리섬유를 지지하고 있는 매트릭스의 점탄성 등이 관계가 있다고 생각된다. 따라서 이같이 유리섬유에 작용하고 있는 힘의 평형과 변형을 고려하여 역학모델화하면 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있다. Fig. 2에서 굽힘강성을 갖는 유리섬유를 탄성보로, 유리섬유를 지지하는 매트릭스를 스프링과 dashpot으로 치환하고 유리섬유가 공구로부터 받는 수직한 힘을 분포하중으로 나타냈다.

이 모델에서 유리섬유의 관성은 무시하고 파괴전까지는 소성변형이 없다고 가정한다. 또 모델을 해석하기 위하여 여러 가지 기호를 사용하였다. Fig. 2와 같이 좌표를 정해 보의 이론을 적용한다. 분포하중의 평형으로부터 다음 식을 구할 수 있다.

$0 \leqq x \leqq l$일 때

$$EI\frac{d^4\delta_1}{dx^4} = -k\delta_1 - \frac{\eta v}{\delta_0}\delta_1 + p \tag{1}$$

$l \leqq x \leqq L$일 때

$$EI\frac{d^4\delta_2}{dx^4} = -k\delta_2 - \frac{\eta v}{\delta_0}\delta_2 \tag{2}$$

$$\delta_0 = vt \tag{3}$$

$$4a^4 = (k+\eta v/\delta_0)/EI = (k+\eta/t)/EI \tag{4}$$

유리섬유의 길이가 아주 긴 경우 다음과 같은 경

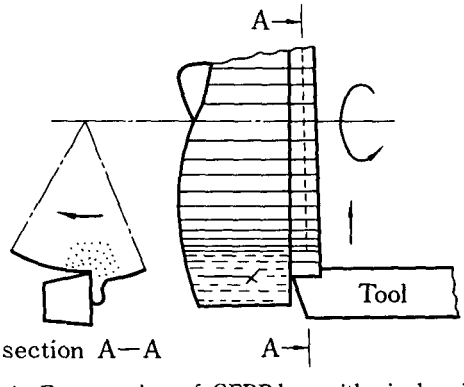
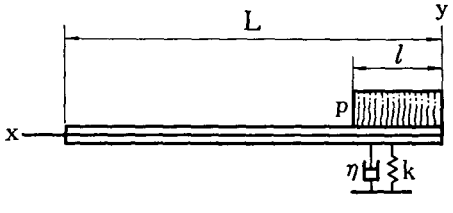


Fig. 1 Face turning of GFRP-bar with single edge tool



k : Spring constant
L : Length of glass fiber
l : Width of applied load
p : applied load
η : Coefficient of viscosity

Fig. 2 Schematically indicated situation of glass fiber in resin

계조건을 사용하여 식 (1), (2)를 계산하면 식 (5)와 같은 해를 구할 수 있다.

$$x=\infty : \delta_2=0,\ \frac{d\delta_2}{dx}=0$$

$$x=0 : \frac{d^2\delta_1}{dx^2}=0,\ \frac{d^3\delta_1}{dx^3}=0$$

$$x=l : \delta_1=\delta_2,\ \frac{d\delta_1}{dx}=\frac{d\delta_2}{dx},\ \frac{d^2\delta_1}{dx^2}=\frac{d^2\delta_2}{dx^2},\ \frac{d^3\delta_1}{dx^3}=\frac{d^3\delta_2}{dx^3}$$

$$\left.\begin{aligned}\delta_1&=\frac{p}{8EIa^4}[2-e^{ax-al}\{\cos al\cos ax+\sin al\sin ax\}\\&\quad -e^{-ax-al}\{(\cos al-2\sin al)\cos ax+\sin al\sin ax\}]\\\delta_2&=\frac{p}{8EIa^4}[e^{-ax+al}\{\cos al\cos ax+\sin al\sin ax\}\\&\quad -e^{-ax-al}\{(\cos al-2\sin al)\cos ax+\sin al\sin ax\}]\end{aligned}\right\}\quad(5)$$

이것에 의해 유리섬유에 생기는 전단력을 구하고, $x=l$이 되는 곳이 최대값이 된다. 또 유리섬유가 파단할 때($t=t_0$)의 전단력을 K라 하고, 그 때의 분포하중 p_0는 다음 식이 된다.

$$p_0=\frac{4aK}{1+e^{-2al}\{\sin 2al-2\sin^2 al-1\}}\quad(6)$$

유리섬유가 전단파괴될 때의 분포하중 끝에서의 변위는 식 (5)에 의해 다음과 같은 식이 된다.

$$\delta_0(t_0)=\frac{p_0}{8EIa^4}\{1-e^{-2al}(1-\sin al)\}\quad(7)$$

식 (3), (4), (6) 및 식 (7)에서 유리섬유가 파단되기까지에 생기는 변위량과 경과한 시간이 구해지며, 식 (6)을 이용하여 p_0와 al의 관계를 선도로 나타내면 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 $al\ll 1$의 범위

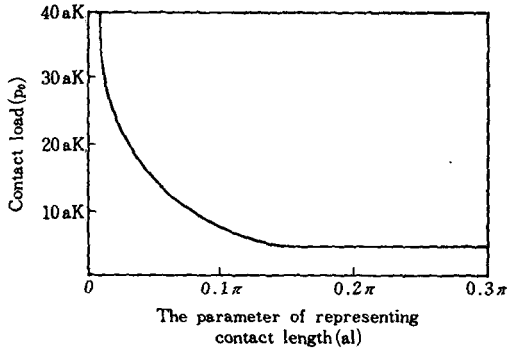


Fig. 3 Relation between contact load and contact length

에서는 al이 작을수록 p_0와 al은 거의 반비례관계가 성립된다. 따라서 al이 작은 범위(유리섬유의 변위속도가 작은 경우)에서는 분포하중의 폭이 작을수록 분포하중의 크기가 크게 된다는 것을 알았다. 그러므로 이 범위에서는 다음 식이 성립된다.

$$p_0=K/l\quad(8)$$

식 (8)에서는 유리섬유의 변위속도는 유리섬유 전단시 분포하중의 크기에는 영향이 없으므로, 유리섬유의 변위속도가 큰 영향을 주는 경우는 al의 값이 큰 경우라고 생각할 수 있다. 따라서 $al\gg 1$인 범위에서는 식 (3), (4), (6) 및 식 (7)을 이용하여 계산하면 다음과 같이 된다.

(1) v가 아주 작은 경우

$$p_0=4K\sqrt[4]{\frac{k+\eta(4EI)^{1/4}vk^{3/4}/2K}{4EI}}\quad(9)$$

(2) v가 아주 큰 경우

$$p_0=2\sqrt[4]{\frac{4kK^4}{EI}+\frac{1}{2}v^4\eta^4+\frac{1}{2}\left(v^8\eta^8+\frac{48v^4k\eta^4K^4}{EI}\right)^{1/2}}\quad(10)$$

GFRP 절삭시 공구마멸은 연삭마멸에 의하며 연삭마멸에서는 p가 클수록 공구마멸이 크다. 그러므로 식 (8)에 의하면 공구마멸에 공구와 유리섬유의 접촉길이는 영향을 주지만 유리섬유의 변위속도(절삭속도에 해당)는 관계가 없다. 그러나 식 (10)에서는 공구마멸에 유리섬유의 변위속도는 영향을 주고, 공구와 유리섬유의 접촉길이는 관계가 없다. 또 식 (10)에서는 피삭재를 구성한 매트릭스의 점탄성도 공구마멸에 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

다음은 식 (8)의 적용한계($al\ll 1$을 만족하는 v의 상한)가 어떠한 특성을 갖는가를 알아보기로 한다. 유리섬유가 전단파괴력 K에 도달할 때의 근사식은 $K=p_0/4a$, 변위량을 나타내는 식 (6)과 식 (4)로부터 $al\ll 1$의 조건이 다음과 같이 구해진다.

$$k\delta_0^{4/3}+\eta\delta_0^{1/3}v=(4K/EI)^{1/3}$$

위 식에서 δ_0는 작은 값이므로 좌변 제 1 항을 무시하면

$$\delta_0=4K^4/EI\eta^3v^3\quad(11)$$

식 (11)을 식 (4)에 대입하여 al을 구하면

$$al=l\sqrt[4]{\frac{k}{4EI}+\frac{\eta^4v^4}{16K}}\quad(12)$$

식 (8)과 식 (12)에서 분포하중의 폭 l을 작게 하면 p_0는 크게 되지만 $al\ll 1$을 만족하는 변위속도 v는 크게 됨을 알 수 있다.

한편 변위속도 v를 al의 함수로 나타내기 위하여 식 (3), (4), (6) 및 식 (7)을 이용하여 다음 식으로 변형할 수 있다.

$$v=\frac{2K}{\eta l}\left\{al-\frac{kl^4}{4EI(al)^3}\right\}\times\frac{1-e^{-2al}\{1-\sin al\}}{1-e^{-2al}\{1-\sin 2al+2\sin^2 al\}} \quad (13)$$

식 (6)에서 분포하중의 크기 p_0를 al의 함수로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$p_0=\frac{4K\,al}{l\{1-e^{-2al}(1-\sin 2al+2\sin^2 al)\}} \quad (14)$$

식 (13), (14)에서 k/EI와 l에 수치를 주면 p_0/K와 $\eta v/K$의 함수로 도시할 수 있다. Fig. 4는 $k/4EI=1(1/\text{mm}^4)$로 하고 l을 매개변수로 하여 p_0/K와 $\eta v/K$의 관계를 나타낸 것이다. Fig. 4에서 $l=10\pi$(mm)의 곡선은 $l=\infty$(mm)의 경우와 거의 차이가 없고, 식 (6)은 이 곡선의 $\eta v/K$의 작은 범위에 해당한다.

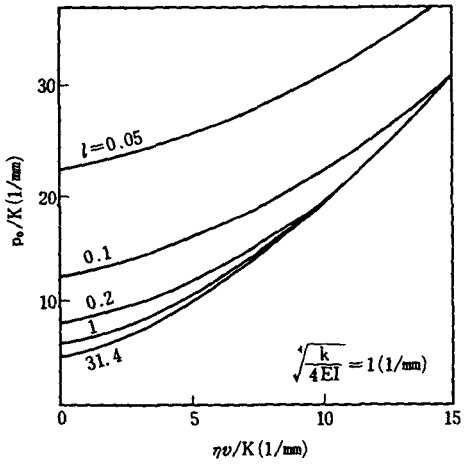


Fig. 4 Relation between deflection speed of glass fiber(v) and applied load at fracture of glass fiber(p_0)

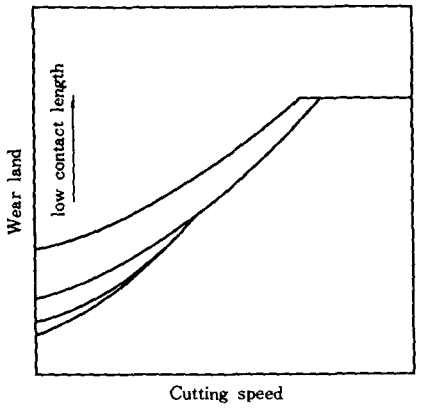


Fig. 5 Relation between cutting speed and wear land

이상의 해석결과에 의하면 v가 큰 경우 또는 $al\ll 1$인 경우에는 유리섬유가 전단파괴될 때에 작용하고 있는 분포하중의 크기는 각각 식 (10)과 식 (8)에 비슷하게 된다. 식 (8)에서는 l이 작을수록, 식 (10)에서는 v가 클수록 분포하중의 크기 p_0는 커진다. 그러나 이 값은 무한히 크게는 되지 않는다. 즉 유리섬유에 분포하중 p가 작용할 때 이 p에 의해 생긴 접촉응력이 그 부분의 압축응력에 도달하면 파괴되므로 분포하중의 크기는 그 이상은 되지 않고 일정하게 된다. 또 v가 어느 한계를 넘으면 유리섬유의 변위속도에 비례한 매트릭스의 점성저항이 견디지 못하여 파괴되기 시작하는 관계로 앞에서 설명한 이론해석을 적용할 수 없다. 이상 설명한 이론해석을 절삭속도(유리섬유의 변위속도)와 공구마멸 폭의 관계 l(유리섬유와 공구의 접촉길이)을 매개변수로 하여 나타낸 것이 Fig. 5이다. 그러므로 GFRP 절삭시 공구마멸 형태는 다음과 같다. 절삭속도가 작은 경우에는 공구마멸 폭은 공구와 유리섬유의 접촉길이에 관계가 있고, 절삭속도에는 무관하며, 절삭속도가 큰 경우는 공구마멸 폭은 절삭속도에 관계가 있고, 공구와 유리섬유의 접촉길이에는 무관하다. 그러나 절삭속도가 어느 한계를 넘으면 공구마멸 폭은 절삭속도 및 공구와 유리섬유의 접촉길이에 무관하다. 따라서 공구마멸 형태는 세 범위로 나눌 수 있다.

3. 실험방법

유리섬유 강화 플라스틱 파이프재(수지 : polyester, 외경 : 54mm, 내경 : 28mm, 유리섬유가 축방향에만 들어 있음, 유리섬유 함유율 : 50%)를 대우중공업제 NC 선반(PRO 6)을 사용하여 선삭을 하였다. 절삭중 칩의 비산을 방지할 목적으로 수용성 절삭제를 사용하였고, 절삭공구는 초경합금 P20, M10, K10과 TiC계 서어멧(Tip: SNMA 120408, Holder: PSBNR 2525 M12, 공구각 : −6°, −6°, 6°, 6°, 15°, 15°, 0.8mm)를 사용하였다. 공구마멸 폭의 측정은 공구현미경(Misutoyo, TM101)으로 날끝 선단에서 0.6mm되는 위치의 측면마멸을 재었고, 절삭속도와 공구마멸 폭의 관계를 조사하기 위해 절삭속도를 10~250m/min, 이송을 0.1mm/

Table 1 Properties of workpiece and glass fiber

Properties		GFRP	Glass
Tensile strength	MPa	55	1470
Youngs modulus of elasticity	GPa	7.8	73
Compressive strength	MPa	13.8	—
Coefficient of thermal expansion	$\times 10^{-6}$/℃	0.23	5.0
Thermal conductivity	W/(m · K)	0.30	1.04
Specific heat	kJ/(kg · K)	1.07	0.80
Specific gravity		1.80	2.54

Remark : Above values are mainly obtained from manufacturers data
1GPa=102kgf/mm², 1MPa=0.102kgf/mm², 1W/(m · K)=2.39×10^{-3}cal/(cm · s · ℃)
1kJ(kg · K)=0.239kcal/(kgf℃)

rev, 절삭깊이를 1mm로 하여 외경절삭을 하였다. 또 공구와 유리섬유의 접촉길이가 공구마멸에 어떤 영향을 미치는가를 조사하기 위해 Fig. 1과 같이 절삭깊이를 0.5mm, 1.0mm, 1.5mm로 정면절삭을 하였다. 단, 절삭성능을 알아보기 위해 절삭속도 60m/min, 이송 0.1mm/rev, 절삭깊이 1mm로 외경절삭을 하였고, 공구마멸 폭은 5분마다 측정하였다. 실험에 사용된 피삭재의 성질은 Table 1과 같다.

4. 실험결과 및 고찰

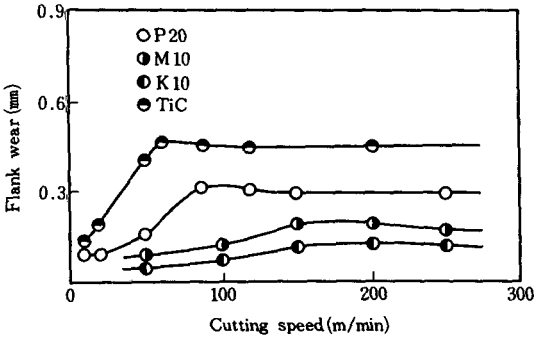
4.1 공구마멸 특성

Fig. 6은 초경합금 P20, M10, K10(통상 기호임)과 TiC계 서어멧(TiC로 표기함) 공구를 사용하여 GFRP를 공구설치각 90°로(절삭깊이, 이송량, 절삭거리는 일접함) 외경절삭을 한 경우 절삭속도와 측면마멸의 관계를 나타낸 것이다. 어느 공구에서나 거의 비슷한 공구마멸 특성을 나타내고 있다. 저속역에서 공구마멸이 절삭속도의 영향을 받지 않는 범위(제 1 범위), 공구마멸이 절삭속도와 함께 급증하는 범위(제2범위), 공구마멸이 절삭속도에 관계없이 일정한 범위(제 3 범위) 등 세 범위로 나눌 수 있다.

공구 P20의 경우, 절삭속도 20m/min 이하는 제 1 범위로 공구마멸이 거의 일정하며, 절삭속도 20~90m/min에서는 공구마멸이 급증하는 제 2 범위, 절삭속도 90m/min 이상에서는 공구마멸 폭이 일정한 제 3 범위로 나눌 수 있다. 또 TiC의 경우도 10~60m/min에서는 제 2 범위에 해당하고, 그 이상은 제 3 범위에 해당된다. 마찬가지로 M10이나 K10의 경우도 P10과 같이 뚜렷하지는 않으나 대체로 절삭속도 100m/min 이하는 제 1 범위, 절삭속도 100~150m/min 사이는 제 2 범위, 그 이상은 제 3 범위에 속한다. 따라서 이론해석과 같이 어느 공구에서나 공구마멸 형태를 세 범위로 나눌 수 있다.

절삭속도가 증가하여도 공구마멸이 일정한 제 3 범위를 피삭재의 단면으로 관찰[7]을 했을 때 피삭재중의 유리섬유와 매트릭스가 분리되어 있기 때문에 이론해석이 적용되지 않는다고 하였다. 본 실험에서도 제 3 범위에서는 공구마멸 폭이 절삭속도에 관계없이 일정한 것도 매트릭스가 유리섬유보다 먼저 파괴되기 때문이라고 생각된다. 따라서 이상의 실험결과도 앞의 이론해석과 일치하고 있다.

또 GFRP 절삭시 공구와 유리섬유의 접촉길이가 공구마멸에 어떠한 영향을 미치는가를 조사하기 위



Depth of cut : 1mm, Feed rate : 0.1mm/rev, Cutting length : 500m

Fig. 6 Relation between cutting speed and flank wear

해 초경합금 공구 P20으로 공구설치각 90°로 절삭속도를 변화시키면서 세 가지 절삭깊이(공구와 유리섬유와의 접촉길에 해당)로 정면절삭을 하여 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 저속역에서는 절삭깊이가 클수록 공구마멸 폭은 작았고, 절삭속도가 증가할수록 절삭깊이에 따른 공구마멸 폭의 차이가 차츰 좁아지고 있어 절삭속도가 클수록 공구와 유리섬유의 접촉길이가 공구마멸폭과 무관하다는 것을 알 수 있다. 또 절삭깊이가 0.5mm인 경우가 1.5mm인 경우보다 제 1 범위가 길게 되어 있는 것도 알 수 있다. 이상으로 식 (8)과 Fig. 5의 이론해석 결과와 실험결과가 일치한다고 할 수 있다.

4.2 각 공구재종의 절삭성능

GFRP 절삭시 공구마멸 형태는 금속절삭의 경우와 달리 칩이 분말형(전단형과 동일)이므로 크레이터 마멸은 거의 생기지 않으며, 측면마멸도 저속역에서는 절삭날에 따라 거의 균일하게 생기지만 고속역이 되면 측면에서 날끝쪽을 향하여 마멸폭이 증가하는 삼각형의 이상마멸 현상[8]이 생기고 있다. 따라서 GFRP 절삭시 공구마멸은 Fig. 8과 다르므로 날끝 선단에서 0.6mm되는 위치의 마멸폭을 측면마멸로 하였다.

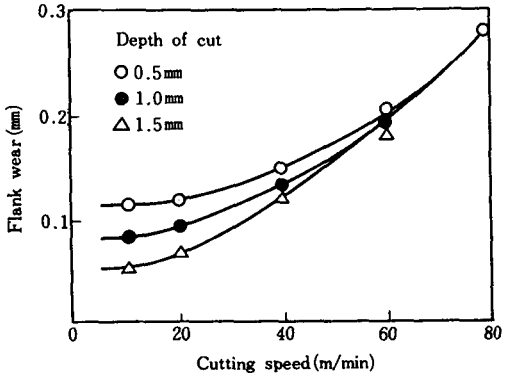
선삭작업에서 공구마멸 폭(W)은 0.25~1.25 mm 범위내[9]에서 공구를 재연삭하게 되며 가공정밀도, 피삭재, 공구재료 등에 따라 적합한 마멸폭을 택해 공구수명으로 정하고 있다. GFRP 절삭시 공구마멸량의 측정결과를 절삭시간(T)에 대한 측면마멸(W)의 관계를 log-log 선도로 도시하면 Fig. 9와 같이 직선이 되며

$$CT^n = W$$

로 나타낼 수 있다[10].

여기서 n : 공구재료, 피삭재에 따라 변하는 실험상수로서 log-log 선도에서 직선의 기울기다.

C : 절삭속도, 공구재료의 항절력, 절삭조건, 절삭유 등에 따라 변하는 값이다.



Tool : P20, Cutting length : 500m, Feed rate : 0.1mm/rev

Fig. 7 Relation between cutting speed and flank wear

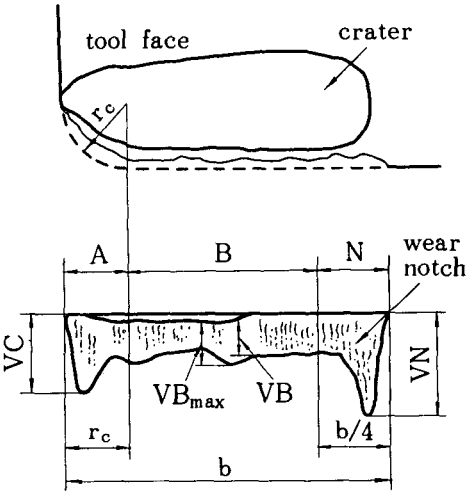
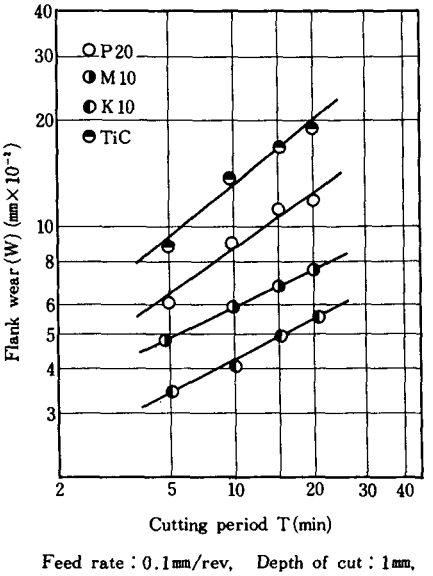


Fig. 8 Geometry of tool wear



Feed rate : 0.1mm/rev, Depth of cut : 1mm, Cutting speed : 60m/min

Fig. 9 Relation between cutting period and flank wear

Table 2 Comparision of tool life

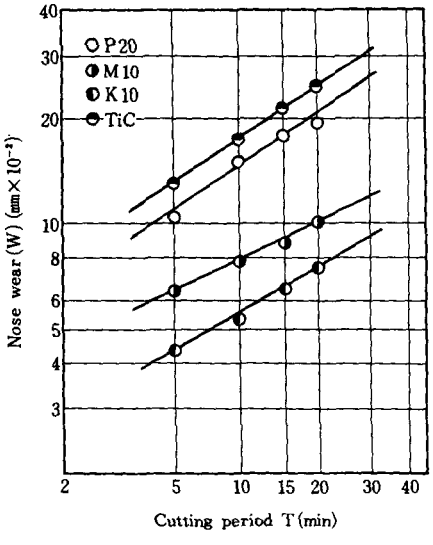
Tool bit	C	n	T(min)	Remark
A(P20)	5.14×10^{-2}	0.4468	52	$W_A=0.0514\,T_A^{0.4468}$
B(M10)	3.24×10^{-2}	0.4270	183	$W_B=0.0324\,T_B^{0.4270}$
C(K10)	2.95×10^{-2}	0.4120	279	$W_C=0.0295\,T_C^{0.4120}$
D(TiC)	5.83×10^{-2}	0.4822	30	$W_D=0.0583\,T_D^{0.4822}$

Note: Flank wear land of 0.3mm for tool life determination

초경합금 공구의 공구수명은 ISO 판정기준에서 마멸폭을 0.3mm로 정하고 있으므로 본 실험에서도 이 값을 공구수명으로 하였다. 각 공구재종의 절삭성능은 공구마멸량 측정결과와 Fig. 9를 이용하여 $CT^n=W$ 관계식에 대입하면 Table 2와 같이 공구수명을 계산할 수 있다. 이 값으로 GFRP 절삭시 공구의 절삭성능은 K10, M10, P20, TiC의 순으로 길게 되어 있다. 또 이 값은 SM45C를 절삭하여 절삭성능을 측정한 결과[10]와 비교하여 보면 P20의 경우는 본 실험의 결과가 수명이 짧게 되어 있다. 이것으로 GFRP를 절삭하는 경우가 강을 절삭하는 경우보다 공구마멸이 크다고 할 수 있다.

측면마멸의 일반적인 마멸형태는 절삭날에 따라 균일하지가 않으며, 주로 날끝의 둥근부분에서 마멸폭이 크게 된다. 이 날끝부의 마멸을 날끝마멸(corner wear)이라 하고, 고속절삭시에 많이 나타나며, 이 마멸로 가공표면의 거칠기를 해치게 된다. GFRP 절삭시는 날끝부에 삼각형의 이상마멸 현상이 나타나기 때문에 특히 날끝마멸이 앞에서 설명한 측면마멸과 어떤 관계가 있는가를 비교하여 보기로 한다. 날끝마멸은 절삭날 반경부분의 마멸이므로 반경부분의 중심부 마멸 폭을 측정하여 날끝마멸로 하였다.

Fig. 10에는 날끝마멸와 절삭시간(T)과의 관계를 log-log 선도로 나타내었다. 이 선도에서도 Fig. 9와 같이 절삭성능은 K10이 가장 길고, TiC가 가장 짧았다.



Feed rate : 0.1mm/rev, Depth of cut : 1mm,
Cutting speed : 60m/min

Fig. 10 Relation betweed cutting period and nose wear

5. 결 론

GFRP를 초경합금 공구 P20, M10, K10과 TiC계 서어멧 공구로 절삭조건을 변화시키면서 선삭을 하여 공구마멸 특성과 절삭성능을 측정하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 공구마멸 특성에서 공구마멸 폭은 절삭속도가 증가함에 따라 저속역에서는 거의 일정하였고(제 1 범위), 이어 절삭속도에 비례하여 공구마멸 폭이 급증하는 속도역(제 2 범위)이 되며, 이 이상의 절삭속도에서는 절삭속도가 증가하여도 공구마멸 폭은 절삭속도와 관계없이 일정하게(제 3 범위) 된다.

(2) 공구와 유리섬유의 접촉길이가 공구마멸에 큰 영향을 주는 경우는 유리섬유의 변위속도(절삭속도)는 관계가 없고, 반대로 유리섬유의 변위속도가 공구마멸에 큰 영향을 주는 경우는 공구와 유리섬유의 접촉길이는 관계가 없다.

(3) 각 공구로 절삭성능을 측정한 결과 K10, M10, P20, TiC 공구 순으로 수명이 길게 되어 있다.

참 고 문 헌

(1) 池上皓三, 1987, "最近の繊維強化プラスチックとその応用", 日本機械學會誌, 第89卷, 第807號, pp. 154～158.

(2) 津枝正介, 長谷川嘉雄, 花崎伸作, 1968, "強化プラスチックの断続切削における工具磨耗", 日本機械學會論文集, 第34卷, 第266號, pp. 1813～1820.

(3) 長谷川嘉雄, 花崎伸作, 里中忍, 難波江周一郎, 1981, "GFRP切削時の工具磨耗特性に及ぼす工具材種の影響", 精密機械, 第47卷, 第6號, pp. 652～656.

(4) 井上久弘, 井戸守, 1973, "強化プラスチックの切削加工に関する研究", 精密機械, 第39卷, 第3號, pp. 280～286.

(5) 長谷川嘉雄, 花崎伸作, 里中忍, 1973, "GFRP切削時の工具磨耗特性", 精密機械, 第44卷, 第11號, pp. 1334～1340.

(6) 長谷川嘉雄, 花崎伸作, 鈴木康夫, 里中忍, 1975, "GFRP切削時の工具磨耗の桟構", 精密機械, 第41卷, 第5號, pp. 473～476.

(7) 李源平, 尹鍾学, 康明順, 1987, "유리繊維 強化 플라스틱 切削에서의 工具磨滅特性", 韓国自動車工學會誌, 第9卷, 第5號, pp. 49～56.

(8) 李源平, 康明順, 1988, "유리섬유 강화 플라스틱 절삭시의 공구마멸 특성", 韓国自動車工學會誌, 第10卷, 第1號, pp. 32～41.

(9) N. H. Kook, 1973, "Tool Wear and Tool Life", Trans. of ASME Journal of Engineering for Industry, Vol. 95B, pp. 931～938.

(10) M. S. Kang, I. H. Moon and Y. L. Kim, 1983, "Performance of Nickel bonded WC-based Cemented Carbide", Trans of ASME, Wear of Material, pp. 243～249.