

유리섬유 강화 플라스틱(GERP) 절삭시의 공구마멸특성

(공구재종의 영향)

Characteristics of Tool Wear in Cutting Glass Fiber Reinforced Plastics
(The Effect of Physical Properties of Tool Materials)

이 원 평*, 강 명 순**
W. P. Lee M. S. Kang

ABSTRACT

A turning (facing) test on Glass Fiber Reinforced Plastics was performed with several tool materials, e.g., cemented carbides, cermet and ceramic, and the wear patterns and wear rate were analyzed to clarify the relation between physical(mechanical) properties and flank wear of cutting tool. The main results are obtained as follows:

- (1) When cutting speed is increased, the flank wear in every tool material grows the abnormal wear in the shape of triangle at a certain speed, i.e., a critical speed.
- (2) When cutting speed is increased, the wear rate in experimental tool material starts to increase remarkably at a critical speed.
- (3) The thermal conductivity among the properties of the tool material and the thermal crack coefficient of it are almost in proportion to the critical speed.
- (4) The order of performance in tool materials for cutting GFRP is K 10, M 10, P 20, TiC, CB.

1. 서 론

복합재료의 일종인 유리섬유 강화 플라스틱(Glass Fiber Reinforced Plastics: GERP)은 비강도(강도/비중), 비탄성율(탄성율/비중), 피로강도 및 내식성 등이 우수⁽¹⁾하므로 항공 우주용을 비롯하여 차량, 선박, 건축용에서 스포츠용에 이르기까지 널리 사용되고 있다. 또한 현재 공업재료로도 널리 사용되며, 그 수요도 날로 증대되고 있다. 이같은 유리섬유 강화 플라스틱은 지금까지 주로 성형가공으로 제

품을 만들었으나, 산업의 발달로 정밀도를 요하거나 제품의 수량이 적은 경우에는 반제품을 절삭하여 완제품으로 만들어야 한다. 이런 관계로 절삭가공의 필요성도 증대⁽²⁾되고 있다.

유리섬유 강화 플라스틱 절삭시 피삭재는 열전도율이 낮으므로 공구날 끝의 온도가 높고, 또 경질 유리섬유가 들어 있어서 공구날 끝의 손모가 크다⁽³⁾는 것이 지적되고 있다. 유리섬유 강화 플라스틱 절삭시 공구마멸에 관한 연구는 다른 공업재료에 비하여 매우 적고, 그 중에서도 서로 모순된 것도 볼 수 있다. 이같

* 仁德工業專門大學 機械科

** 漢陽大學校 精密機械工學科

은 원인은 공구마멸이 절삭조건에 따라 복잡하게 변하기 때문이라 생각된다. 지금까지 발표된 연구는 주로 절삭조건에 따른 공구마멸에 그쳤고, 공구재료 및 재종이 공구마멸에 미치는 영향에 대하여 논한 것은 극히 적다.

따라서 본 연구는 몇 가지 공구재종으로 유리섬유 강화 플라스틱을 선삭(정면절삭) 실험을 하여, 공구마멸형태 및 마멸율의 관점에서 공구마멸특성을 검토하고, 다시 공구재종의 물리적(기계적) 성질이 공구마멸에 미치는 영향을 연구 검토하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

실험에 사용된 공작기계는 대우중공업제 NC 선반(PRO 6)이고, 피삭재는 외경 54mm, 내경 28mm인 유리섬유 강화 플라스틱(수지: 불포화 폴리에스테르)이며, 피삭재와 유리섬유의 성질은 Table 1과 같다. 사용된 공구는 초경합금 P20, M10, K10(이상 세 종류의 기호는 통상 호칭임), TiC계 Cermet(기호, TiC), Al₂O₃ TiC 혼합계 흑색 Ceramic(기호, CB)이며, 이들 공구재종의 모든 성질은 Table 2와 같다. 팁의 형상은 SNMA 120408이고, 호울더는 PSBNR 2525⁽⁴⁾로 인선각도는 6.6, 6.6, 15, 15, 0.8이다. 공구마멸특성을 조사하기 위하여 절삭조건은 절삭깊이 1.0mm, 이송 0.1mm/rev을 일정하게 하고, 절삭속도를 각 공구재종에 따라 몇 가지를 택하여 실험을 하였다. 절삭방향은 Fig.1과 같이 외측에서 중심을 향하여 정면절삭을 하고, 유리섬유에 대해서는 적층에 수직방향으로 절삭하였다. 절삭시 칩의 비산을 방지할 목적으로 수용성 절삭제를 사용

하였다. 공구마멸의 측정은 공구현미경(MI-SUTOYO, TM 101)으로 공구 각 부 마멸폭을 측정하고, nose wear는 nose의 중심부폭을 측정했다.

Table 1. Properties of Glass Fiber Reinforced plastics and GC30

Properties	GFRP	GC 30
Tensile strength, Mpa	55	330
Youngs modulus of elasticity, Gpa	7.8	172.5
Compressive strength, Mpa	137	
Coefficient of thermal expansion, $\times 10^{-6} 1/^{\circ}C$	0.23	10~11
Thermal conductivity, W/(m.K)	0.30	52.3
Specific heat, KJ/(kg. K)	1.07	0.543
Specific gravity	1.80	7.1~7.3

Remark: above values are mainly obtained from manufacturers data, 1Gpa=102 kgf/mm², 1Mpa=0.102kgf/mm², 1W/(m.K)=2.39 $\times 10^{-3}$ cal/(cm. s. $^{\circ}C$), 1KJ/(kg.K)=0.239 kcal/(kgf. $^{\circ}C$)

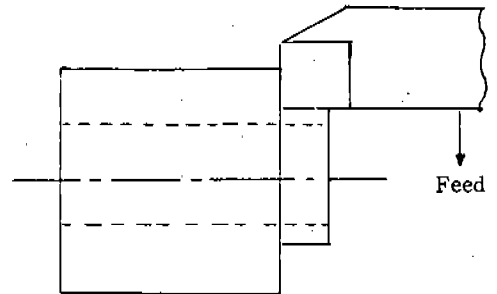


Fig. 1 Face turning of Workpiece

Table 2. Properties of Tool Materials

Properties		P 20	M 10	K10	TiC	CB
Hardness	Hv	1,550	1,730	1,750	1,500	1,850
Transverse rupture strength	kgf/mm ²	160	150	160	130	80
Compressive strength	kgf/mm ²	480	500	620	300	400
Youngs modulus of elasticity	$\times 10^4$ kgf/mm ²	5.4	5.8	6.9	3.6	4.6
Thermal conductivity	cal/cm · s · $^{\circ}C$	0.08	0.12	0.19	0.06	0.043
Coefficient of thermal expansion	$\times 10^{-6} 1/^{\circ}C$	6.0	5.5	5.0	8.3	7.8

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공구의 마멸형태

금속절삭시 공구마멸형태는 flank wear, crater wear, groove wear로 나눌 수 있고, 취성공구를 사용할 때는 chipping의 흔적이 나타나며 또 열적, 화학적작용에 의한 손모가 나타날 때도 있다. 이같은 마멸중에서 flank wear는 절삭날에 따라 거의 평행하게 나타나고 있다. 그러나 GFRP 절삭시는 칩이 분말형이고, 피삭재가 금속과 물리적 성질이 다르기 때문에 마멸현상도 다르게 나타날 것으로 생각된다.

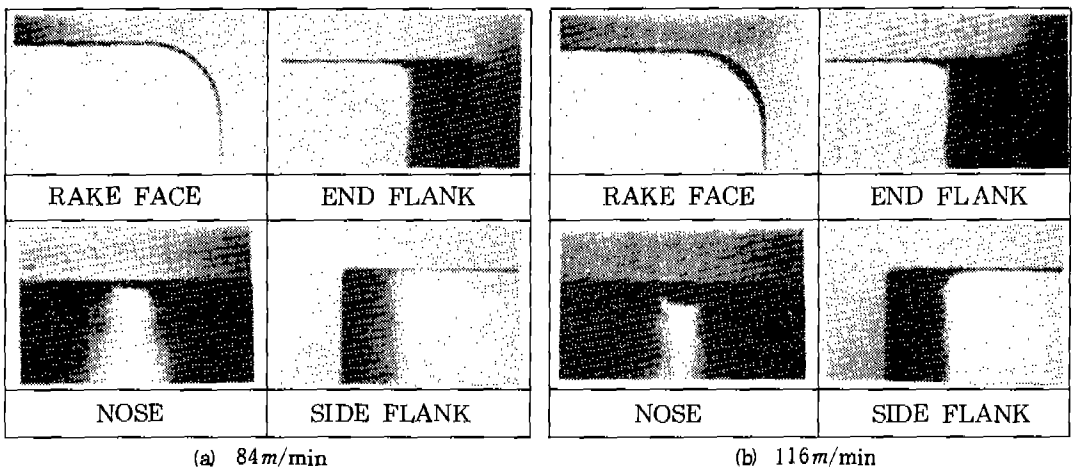
Fig.2는 GFRP를 절삭깊이 1.0mm, 이송 0.1mm/rev로 절삭속도를 변화시키면서 초경합금공구 P20으로 절삭했을 때의 공구마멸형태를 나타낸 것이다. Fig.2에서 flank wear의 형태를 보면 절삭속도 84m/min에서 절삭날에 따라 평행하거나 또는 약간 둥그스름한 띠모양의 정상마멸을 보이고 있다. 그러나 절삭속도 116m/min에서는 side flank 및 end flank에서 nose부를 향하여 마멸이 급격히 증가하는 삼각형의 이상마멸이 관찰되었다. 마찬가지로 나머지 공구에서도 P20의 경우와 같은 공구마멸형태가 나타났다.

한편 crater wear는 절삭속도 84m/min에

서는 거의 나타나지 않았고, 절삭속도 116m/min에서는 절삭날에 따라 약간 나타나 있다. groove wear의 경우는 절삭속도 84m/min에서는 end flank에 뚜렷하게 나타나 있으나, 116m/min에서는 뚜렷하지가 않다. 또 GFRP는 절삭시 유리섬유가 전단되지 않고 남아 있는 것이 공구와 접촉하게 되므로 flank wear의 아래측에 접촉한 흔적으로 생각되는 검게 착색된 영역을 볼 수 있다.

Fig.3은 초경합금공구 P20과 Cermet 공구 TiC로 GFRP를 절삭했을 때 절삭속도 및 절삭길기와 nose wear의 마멸진행상태를 나타낸 것이다. Fig.3에서 P20의 경우 절삭속도 90m/min이하에서는 nose부의 마멸폭은 절삭속도와 절삭길기에 비례하여 증가하고, 절삭속도 103m/min에서는 절삭길이 340m까지는 nose부의 마멸폭이 절삭길이에 거의 비례관계로 증가하며, 그 이상의 절삭길이에서는 nose부의 마멸폭 증가율이 급상승한다. 또 절삭속도 116m/min이상에서는 처음부터 nose부의 마멸폭 증가율이 급상승하고 있고, 절삭길이 1.020m이상에서는 마멸폭 증가율이 둔화되고 있는 것을 알 수 있다.

마찬가지로 TiC공구의 경우도 절삭속도 45m/min이하에서는 절삭속도와 절삭길이에 비례하여 마멸폭이 증가하고, 58m/min 이상에서는



(a) 84m/min

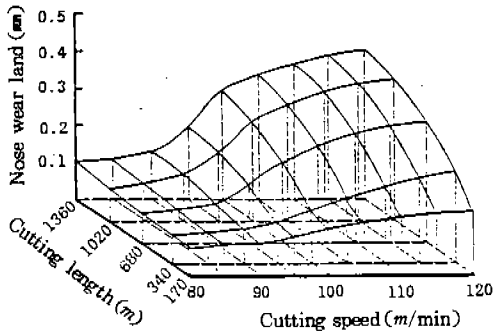
(b) 116m/min

Depth of cut; 1.0mm, Feed rate; 0.1mm/rev. Wet, Cutting length; 1.360m; Tool material; P20

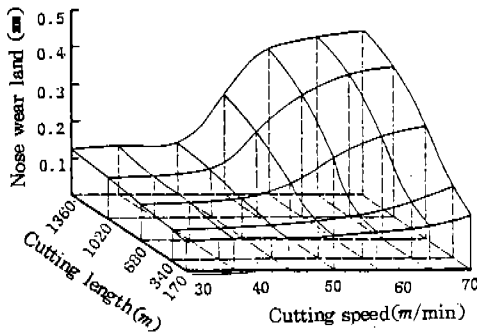
Fig.2 Typical Patterns of Tool Wear in Cutting GFRP

절삭길이 340m까지는 마멸폭이 절삭길이에 거의 비례하여 증가하나, 그 이상의 절삭길이에서는 마멸폭이 급상승하고 있다. 또 70m/min이상에서는 처음부터 nose부의 마멸폭 증가율이 급상승하며, 절삭길이 1,020m이상에서는 마멸폭의 증가율이 둔화된다는 것을 알 수 있다.

이상의 실험에서와 같이 처음에는 공구의 마멸폭이 절삭속도에 비례하여 증가하였으나, 어느 절삭속도가 되면 공구마멸폭이 급격히 증가하는 절삭속도(이것을 임계속도⁽⁶⁾라 한다)가 있다. 연강을 초경합금공구와 Ceramic 공구로 절삭⁽⁶⁾했을 때 초고속에서 임계속도를 구했다. 그러나 본 실험에서는 이보다 훨씬 낮은 절삭속도에서 임계속도를 구한 것은 연강과 GFRP가 물리적(기계적)성질이 다르기 때문이라고 생각된다.



(a) Cemented carbide P20



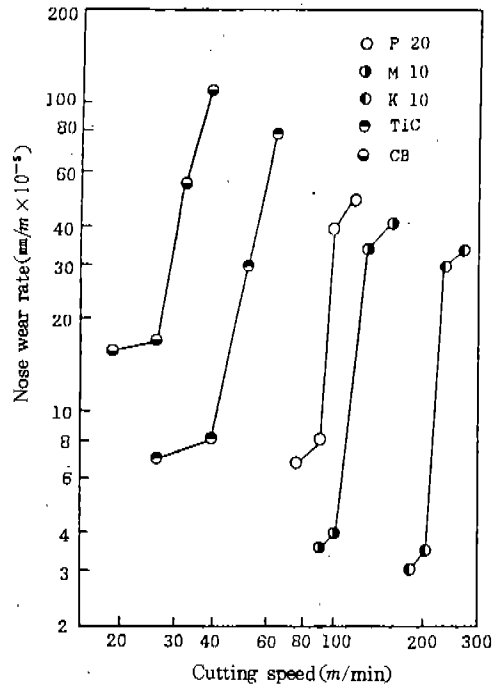
(b) Cermet TiC

Depth of cut : 1.0mm, Feed rate : 0.1mm/rev, Wet

Fig. 3 Relation between the Cutting speed, Cutting length and nose wear land

3.2 절삭속도와 마멸율과의 관계

각 절삭공구를 사용하여 GFRP를 절삭한 경우, 절삭속도와 nose부 평균마멸율(절삭길이당의 마멸폭)과의 관계를 나타낸 것이 Fig.4이다. Fig.4에서도 앞에서 설명한 것과 같이 모든 공구재종에 임계속도(critical speed)가 나타나 있고, 그 값도 공구재종에 따라 달라 CB공구가 가장 낮고(임계속도 32m/min), K10공구가 가장 높다(임계속도 245m/min). 또 평균마멸율은 CB공구가 가장 크고, K10공구가 가장 작다. 또 공구재종을 임계속도 이하에서 평균마멸율을 비교하여 보면 K10공구는 절삭속도 220m/min이하에서 $3.0 \sim 3.5 \times 10^{-5} \text{ mm/m}$, M10공구는 절삭속도 103m/min이하에서 $3.5 \sim 4.0 \times 10^{-5} \text{ mm/m}$, P20공구는 절삭속도 90m/min이하에서 $7.0 \sim 8.0 \times 10^{-5} \text{ mm/m}$, TiC공구는 절삭속도 39m/min 이하에서 $7.0 \sim 8.0 \times 10^{-5} \text{ mm/m}$, CB공구는 절삭속도 26



Depth of cut : 1.0mm, Feed rate : 0.1mm/rev, Wet

Fig. 4 Relation between cutting speed and nose wear land growth rate

m/min이하에서 $16 \sim 17 \times 10^{-6} \text{ mm/m}$ 이다. 따라서 K10공구가 가장 높은 임계속도에서 가장 작은 마멸율을 나타내고, CB공구가 가장 낮은 임계속도에서 가장 큰 마멸율을 나타내고 있다. 즉 내마멸성면에서 K10, M10, P20, TiC, CB공구의 순으로 되어 있다. Fig.5는 end flank의 groove wear를 절삭속도와 평균마멸율과의 관계를 나타낸 것이다. groove wear는 Fig.4의 nose wear에 비하여 마멸율이 절삭속도의 영향을 적게 받고 있으며, 대체로 각 공구재종마다 임계속도 이하에서는 저속일수록 마멸율이 크고, 임계속도 이상이 되면 마멸율이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또 임계속도가 낮은 공구일수록 groove wear의 마멸율이 크다. 또한 임계속도 이하의 마멸율은 초경합금공구의 경우는 대체로 $18 \sim 23 \times 10^{-6} \text{ mm/m}$ 이고, TiC공구는 $35 \sim 40 \times 10^{-6} \text{ mm/m}$, CB공구는 $60 \times 10^{-6} \text{ mm/m}$ 이다. 따라서 groove wear의 경우도 nose wear의 경우와 같이 CB공구의 마멸율에 비하여 TiC, P20, M10, K10공구가 마멸율이 작다. 경계마멸에 관한 기초연구⁽⁷⁾에서는 공구의 경도(Hv)가 클수록 경계마멸폭이 감소하고 있다

고 하였다. 본 실험에서도 대체로 이와 비슷한 관계가 성립되었다.

이상 두 가지 마멸율로 GFRP 절삭시 공구재종의 평균적 성능 서열은 K10공구가 가장 우수하고, 다음으로 M10, P20, TiC, CB공구 순으로 되어 있음을 알 수 있다.

이상의 결과로 GFRP 절삭에서는 CB공구를 제외하고는 일단 내마멸성이 좋은 공구라 할 수 있다.

3.3 공구재종의 성질과 임계속도와의 관계

3.3.1 항압력과 임계속도와의 관계

Fig.6은 각 공구재종의 항압력과 임계속도와의 관계를 나타낸 것이다. Fig.6에서 CB공구를 제외하고는 임계속도가 큰 공구일수록 항압력이 크게 되어 있다. 또 항압력과 어느정도 비례관계에 있는 각 공구재종의 경도(Hv)와 임계속도와의 관계를 나타내면 Fig.7과 같다. Fig.7에서도 Fig.6과 같이 CB공구를 제외하고는 경도(Hv)가 임계속도와 거의

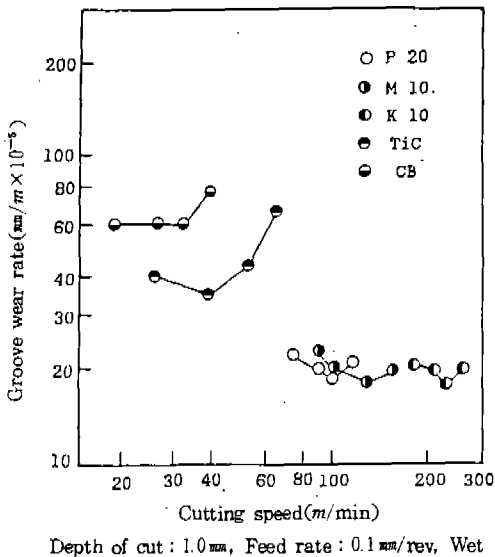


Fig. 5 Relation between cutting speed and groove wear land growth rate

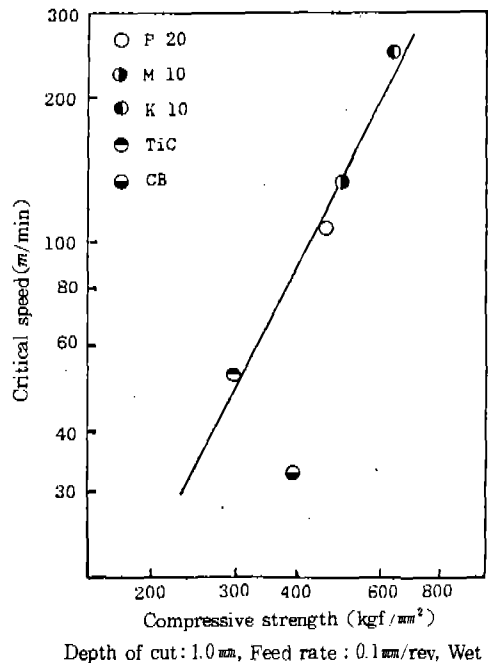
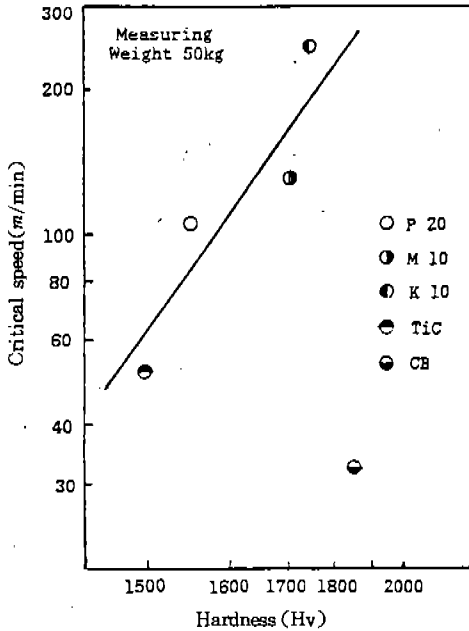


Fig. 6 Relation between the Compressive strength and Critical speed

비례관계에 있다. 주철을 WC-Co계 초경합금 공구로 절삭⁽⁶⁾한 경우, 절삭속도를 점차 증가시키면 어느 절삭속도 이상(임계속도)에서 공구마멸이 급격히 증가하였고, 임계속도는 공구재종의 경도와 어느 정도 비례관계에 있다고 하였다. 또 GFRP에서도 절삭속도를 증가시키면 유리섬유의 변형속도가 증가하여 절삭날과 유리섬유 사이의 접촉압이 증가하기 때문에 절삭날의 마멸이 커진다⁽⁶⁾고 하였다.



Depth of cut : 1.0 mm, Feed rate : 0.1 mm/rev, Wet

Fig. 7 Relation between the Vickers Hardness and Critical speed

이상의 결과로 CB재종을 제외하고 다른 공구재종은 항압력과 임계속도가 대체로 비례관계가 있다. 그러나 CB공구는 다른 공구보다 항압력이 높으면서도 임계속도가 낮은 것은 다른 원인 때문이라 생각되며, 다른 열전도율과 임계속도와의 관계에서 검토한다.

3.3.2 열전도율과 임계속도와의 관계

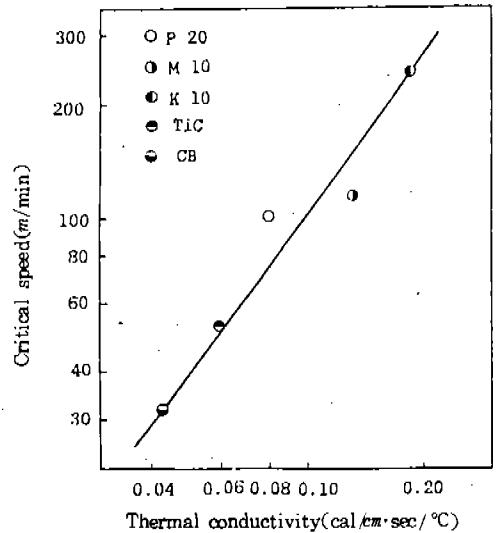
공구마멸의 원인은 기계적인 것, 열적인 것, 고온·고압하에서 물리적, 화학적인 것 등 매우 복잡하지만 모두 절삭공구의 온도상승에 의하여 크게 좌우된다. 따라서 공구마멸에 가장

큰 영향을 미치는 것은 절삭온도라 할 수 있다. 절삭공구의 온도는 절삭속도를 증가시키면 온도가 상승하고, 열전도율이 높은 공구일수록 절삭온도가 낮다고 하였다.

본 실험에서는 각종 공구로 GFRP를 동일 절삭조건으로 절삭했기 때문에 절삭저항, 전단각, 칩 유출속도 등이 같으므로 각종 공구마다 마멸율이 같아야 한다. 그러나 Fig. 4에서와 같이 마멸율은 CB공구가 가장 크고, K10공구가 가장 작다. 이같이 절삭시 발생열량이 같아도 공구재종에 따라 마멸율이 다른 것은 공구의 열적성질 중의 하나인 열전도율이 다르기 때문일 것이다.

Fig. 8은 실험에 사용된 공구의 열전도율과 임계속도와의 관계를 나타낸 것이다. Fig. 8에서 임계속도가 높은 공구일수록 열전도율이 크고, Fig. 4에서는 열전도율이 가장 큰 K10공구가 마멸율이 가장 작게 되어 있다.

공구재종의 열전도율에 대해서는 공구와 피삭재의 조합에 대해 다른 두 가지 보고가 있다. 절삭공구면의 국부온도 측정⁽¹⁰⁾과 초경합금공구의 열적성질과 플랭크 마멸에서 강을 절삭⁽⁶⁾한 경우, 임계속도가 존재하였고 열전



Depth of cut : 1.0 mm, Feed rate : 0.1 mm/rev, Wet

Fig. 8 Relation between the Thermal conductivity and Critical speed

도율이 낮은 공구일수록 고속절삭이 가능하였다. 그것은 열전도율이 낮은 공구일수록 온도 상승이 적고, 온도에 의한 경도저하가 적고 고속절삭이 가능하였다. 즉 열전도율이 낮은 공구일수록 마멸이 적었다. 그러나 초고속 절삭에 관한 연구⁽¹¹⁾에서는 4.6황동, 염화비닐, 페놀수지 등을 초경합금 K10과 Ceramic 공구로 절삭한 결과, 열전도율이 높은 피삭재를 절삭한 때는 Ceramic 공구쪽이 마멸이 적고, 열전도율이 낮은 피삭재에서는 K10 공구쪽이 마멸이 적게 나타났다. 즉 열전도율이 낮은 피삭재를 절삭한 때는 열전도율이 큰 공구쪽이 마멸이 적고, 열전도율이 높은 피삭재를 절삭한 때는 열전도율이 낮은 공구쪽이 마멸이 적다. GFRP는 Table 1과 같이 철재에 비하여 열전도율이 약 1/100~1/1,000⁽⁹⁾에 지나지 않으므로, 후자와 같이 피삭재의 열전도율이 낮은 경우이므로 열전도율이 가장 큰 K10 공구가 마멸율이 가장 적고, 열전도율이 가장 낮은 CB공구가 공구날끝의 국부적인 온도상승이 나타나서 가장 큰 마멸율을 나타내고 있다.

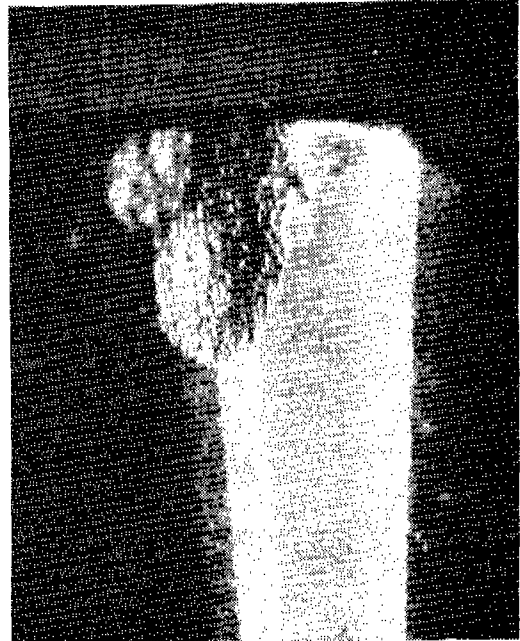
임계속도와 열전도율과의 관계는 두 개의 물체(열전도율 k_1, k_2)의 접촉마찰에서 마찰면 온도⁽¹²⁾는 $1/(k_1 + k_2)$ 에 비례하여 상승한다고 했다. 즉 한쪽 물체의 열전도율 k_1 이 다른쪽 물체의 열전도율 k_2 와 같거나 또는 약간 큰 경우, k_2 가 다소 변한다고 하여도 $1/(k_1 + k_2)$ 에 주는 영향은 극히 작다. 그러나 한쪽 물체의 열전도율 k_1 이 다른쪽 물체의 열전도율 k_2 와 비교하여 자리수가 다른 경우, $1/(k_1 + k_2)$ 값은 k_2 에 지배를 받는다. 즉 GFRP 절삭의 경우는 후자의 경우에 해당되어 절삭날 끝에 발생된 열은 피삭재나 칩으로 유출되지 않고 공구로의 유입비율이 대단히 크기 때문에 절삭날 온도는 공구의 열전도율에 크게 좌우된다. 따라서 열전도율이 낮은 공구는 절삭열 유출이 늦기 때문에 절삭날의 온도가 급상승하여 임계속도가 낮아진다고 본다.

이상의 고찰 결과로 열전도율과 공구마멸율과의 관계에서 금속과 같이 열전도율이 높은 피삭재 절삭에서는 절삭날온도에 미치는 공구

재종의 열전도율은 그 영향이 극히 작으므로 열전도율이 낮은 공구를 써서 단열시키고, 발생된 열은 피삭재를 통해 절삭열을 유출시켜 공구내의 온도상승을 막으므로 공구마멸의 경감을 꾀할 수 있다. 그러나 GFRP와 같이 열전도율이 낮은 피삭재 절삭에서는 발생된 절삭열이 거의 모두 절삭날에 축적되기 때문에 급격한 온도상승이 일어나고, 이 열로 공구마멸이 극심하게 된다. 따라서 GFRP 절삭시 공구마멸을 경감시키기 위해서는 열전도율이 높은 공구를 써서 공구를 통해 절삭열을 방출시켜야 할 것이다.

3.3.3 내열균열성과 임계속도와와의 관계

절삭공구가 열에 의해 손상되는 원인은 열에 의한 연화, 열응력에 의한 파손을 들 수 있다. 열연화에 대해서는 고온강도(항압력)와 온도상승방지(열전도율)를 앞에서 논했으므로 열응력에 의한 파손에 대해서 논한다. 열응력 파손은 공구표면이 절삭열에 의해 국부적인 열팽창을 일으키 이것으로 응력이 발생하고, 응



Depth of cut : 1.0mm, Feed rate : 0.1mm/rev, Wet, Cutting length : 1.360m

Fig. 9 The Flaking Phenomenum of CB due to Thermal crack(x100)

력값이 파괴응력에 달하면 균열이 발생하여 파손이 일어난다. 이 현상은 주로 절삭날 온도 변화가 심한 밀링절삭과 같은 단속절삭에서 잘 나타나지만 주철을 연속절삭⁽⁸⁾한 경우에도 조개껍질 모양의 박리(flaking)가 나타났다. 또한 본 실험과 같이 절삭날 온도변화가 비교적 적은 절삭에서도 절삭속도 39m/min에서 CB 공구에 박리가 관찰되었다(Fig. 9). 따라서 온도상승에 의해 생기는 열균열도 임계속도에 영향을 주고 있다고 생각되어 내열균열성과 임계속도와의 관계를 고찰했다.

열균열은 열균열계수(thermal crack coefficient) K를 계산⁽¹³⁾하여 그 값으로 예측할 수 있고, 다음 식으로 계산한다.

$$K = k\sigma_B / \alpha \cdot E (J/cm \cdot s)$$

여기서, E: young's modulus, α : 열팽창계수, k: 열전도율, σ_B : 인장파괴강도

본 실험에서 K를 구하는 경우, 공구의 강도를 나타내는 값으로 σ_R (항절력)을 많이 쓰기 때문에 윗식의 σ_B 대신에 σ_R 을 쓰며, σ_R 은 σ_B 의 약 1/2이다. 따라서 K값은 공구재종의 내열균열성(thermal crack resistivity)을 나타내는 parameter로써 사용하며, K값이 클수록 내열균열성이 크다.

Fig. 10은 윗식에 의해 구한 열균열계수와 임계속도와의 관계를 나타낸 것으로 열균열계수가 클수록 임계속도가 크게 되어있다. 즉 K값은 CB와 TiC 공구가 작은 편이며 초경합금공구인 P20, M10, K10은 큰 편이다. 또한 Fig. 4의 공구마멸율과 Fig. 10의 K값을 비교하여 보면 마멸율이 큰 공구재종일수록 K값은 작게 되어 있다. 따라서 K값으로 공구의 마멸상태를 판정할 수도 있다.

한편 열균열계수에 관련된 성질을 개별적으로 검토하면 다음과 같다. K값에 지배되는 열전도율에 대해서는 앞에서 고찰하였으므로 중복을 피하고, 항절력, 열팽창계수에 대해서 고찰한다.

Table 2에서 항절력은 CB공구를 제외하고는 거의 비슷하여 K값에 큰 변화를 주지 않

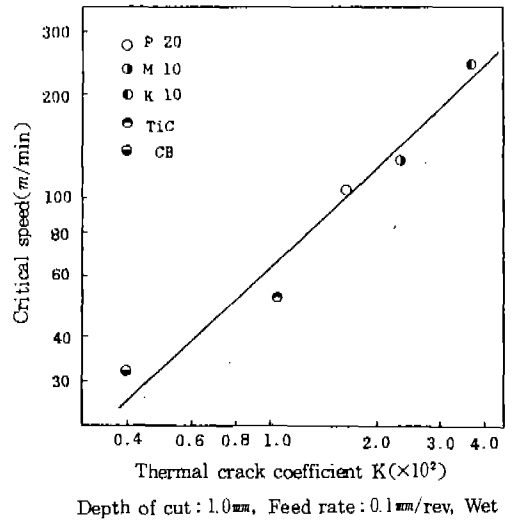


Fig.10 Relation between the Thermal crack resistivity and Critical speed

으나, CB공구만은 항절력이 작아 K값이 커진다. 따라서 CB공구의 항절력만은 열균열계수에 관계가 있다. 또 열팽창계수는 임계속도가 큰 공구일수록 작으므로 열팽창계수가 작을수록 K값은 커진다. 그러므로 K값을 크게 하기 위해서는 열전도율을 크게, 열팽창계수를 작게 해야 한다.

K값을 구하는 식에서 탄성계수는 작을수록 K값이 커지므로 탄성계수는 작아야 하나, 탄성계수가 작게 되면 항압력(탄성계수와 비례관계)이 작아지므로 내마멸성면에서 적합치가 않다. 또 임계속도와 탄성계수와는 비례관계가 성립되지 않으므로 K값에 큰 영향을 미치는 인자는 될 수 없다. 그러므로 이상의 고찰 결과에서 임계속도를 상승시키기 위한 가장 중요한 공구의 물리적성질은 열전도율이라 할 수 있다.

4. 결 론

유리섬유 강화 플라스틱을 선삭(정면절삭) 실험을 하여 공구마멸 특성에 관해 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 절삭속도가 어느 속도(임계속도) 이상이 되면 실험에 사용된 공구재종에는 flank에

삼각형의 이상마멸이 나타난다.

(2) 절삭속도와 마멸율의 관계에서 임계속도 이상이 되면 실험에 사용된 공구재종에는 마멸율이 급증하는 현상이 나타난다.

(3) 공구재종의 물리적성질중 열전도율은 임계속도와 거의 비례하며, 열균열계수와 임계속도도 비례한다.

(4) GFRP 절삭시 공구재종의 성능서열은 K10, M10, P20, TiC, CB 공구 순이다.

참 고 문 헌

1. 梅川莊吉 : 複合系 : その現狀と將來展望, 日本機械學會誌 第90卷 第821號, 1987, pp. 404~409.
2. 柴田道雄, 早瀬龍彦 : FRP의切削加工, 機械技術, 第35卷, 第12號, 1987 (別冊), pp. 165~169.
3. 大橋外 30人 : 強化プラスチックハンドブック, 日刊工業新聞社, 1975, pp. 244, 289.
4. TOSHIBA TUNGALOY Co., LTD : CUTTING TOOLS, 1985, pp. 62, 121.
5. Abraham Ber, Technion, Haifa : Relationship between Thermal properties and Flank Wear of Cemented Carbide Tools, CIRP, Vol. 21/1, 1972, pp. 21~22.
6. 田中義信, 津和秀夫, 比野昌原 : 超高速切削に關する研究(第三報) 精密機械, 第32卷, 第4號, 1966, pp. 280~286.
7. 大野幸彦, 竹山秀彦 : 境界摩耗に關する基礎研究, 精密機械, 第41卷, 第3號, 1973, pp. 287~293.
8. 益田和昭 : WC系超硬切刃の壓壞強さ, 日本機械學會論文集(第3部), 第35卷 第274號, 1969, pp. 1388~1346.
9. 李源平, 尹鍾學, 康明順 : 유리纖維 強化 플라스틱 切削에서의 工具磨滅特性, 自動車工學會誌, Vol. 9, No. 5, 1987, pp. 49~56.
10. 平尾政利, 佐田登志夫 : 切削工具面の局部溫度測定, 精密機械, 40卷2號, 1974, pp. 156~161.
11. 田中義信, 津和秀夫, 北野昌則 : 超高速切削に關する研究(第四報), 精密機械, 32卷10號, 1966, pp. 683~689.
12. 曾田龍宗 : 固體の摩擦と潤滑, 丸善株式會社, 1961, p. 48.
13. 垣野義信, 中村公夫, 藤原彰彦, 橋谷道明 : 切削工具の耐熱き裂性に關する研究(第二報), 精密機械工學會, 53卷6號, 1987, pp. 934~939.