

초경팁 납접형 텅스텐의 공구 마멸

이재우*

Tool Wear of the Tungsten Carbide Tipped Circular Saw

Jae Woo Lee*

ABSTRACT

In this study, the carbon steels, SM20C were machined with the tungsten carbide tipped circular saw to clarify the cutting-off characteristics in terms of tool wear. The results show that an improved performance in view of both the tool wear and the cutting efficiency was obtained by using oil base cutting fluid at the cutting speed of 100m/min with the feed of 0.06mm/tooth. The rake angle of 10°, clearance angle of 8°, nose radius of R0.1mm, and end cutting edge chamfer of 0.1mm×25° are believed as the best tool geometries. The tool wear decreases due to using the saw of the disk of STS5 and the tool material of P30.

Key Words : Circular saw (등근톱), Sawing (절단), Tool wear (공구 마멸), Cutting speed (절삭속도), Tool performance (공구성능), Feed (이송), Tool material (공구 재종)

1. 서론

절단가공에는 핵소잉, 벤드소잉 및 등근톱에 의한 절단을 들 수 있지만, 그 중에서 등근톱에 의한 절단은 극히 능률적, 경제적이며, 정밀도가 높으므로 양산 가공에 가장 많이 사용된다. 그러나 초경팁 부착형 등근톱의 절단은 단속절삭이며, 초경팁을 지지하는 디스크의 두께가 얇아 가로방향의 강성이 매우 낮기 때문에 진동이 발생되기 쉽고^(1,2), 절삭열에 의해 등근톱의 온도분포가 달라지면 등근톱의 가로방향 변형이 발생되어 절단정밀도 및 공구수명이 저하^(3,4)되는 등 난이도가 높은 가공이며, 초경팁의 칩핑 및 파손이 발생되기 쉬워 공구수명이 매우 짧으며, 공구수명은 각종 절삭조건에 의해 큰 영향을 받는다.^(5~9) 그러나 초

경팁 납접형 등근톱을 사용한 강제 절단에서 공구 성능, 절삭성 등에 관한 연구는 종래 부터 경시되어 온 관계로 연구보고가 현재까지 보이지 않으며, 절단 기구가 매우 복잡한 등근톱의 절삭 현상이 그다지 밝혀져 있지 않으므로, 요구되는 공구 수명 및 정밀도를 얻지 못하여 국내의 공구 제조업체나 공구 사용업체에서는 큰 어려움을 겪고 있다.

따라서 본 연구에서는 SM20C 구조용 탄소강재를 각종 재종의 초경팁을 사용하여 각종의 절삭 조건에서 절단을 행하고, 공구마멸의 관점에서 가장 적절한 절삭 조건을 검토하고자 한다.

2. 실험 방법

2001년 9월 24일 접수

* 두원공과대학 기계과

피삭재는 구조용 탄소강 SM20C의 직경 60mm 환봉을 사용하였으며, Fig. 1과 같이 등근톱의 수평 방향 중심선을 환봉의 중심선보다 15cm 낮춰서 등근톱을 수평방향으로 이송시켰고, 피삭재를 자동이송장치에 의해 연속 공급하였으며, 절삭길이에 대한 공구 여유면의 마멸크기를 공구 현미경으로 측정하였다.

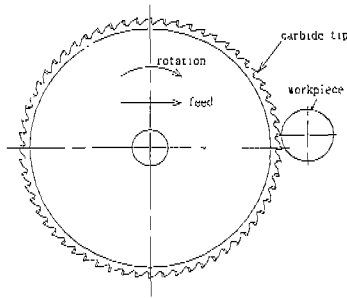


Fig. 1 Saw blade engagement in cutting

Table 1 Cutting conditions

| | |
|------------------|---|
| Cutting speed, V | 40, 70, 100, 130 m/min |
| Feed, f | 0.04, 0.06, 0.08 mm/tooth |
| Cutting fluid | dry cut, oil base fluid (Type 2), water base fluid (W2) |

Table 2 Tool conditions

| | |
|--|---|
| Saw diameter | 360mm |
| Tip number | 60 |
| Disk thickness | 2mm |
| Rake angle, α | 0, 5, 10, 15(deg.) |
| Clearance angle, γ | 5, 8, 12(deg.) |
| End cutting edge shape, S (C=chamfer, R=radius) | C=0.05×25°, 0.1×25° R=0.05, 0.1mm |
| Nose shape, N (C=chamfer, R=radius) | C=0.05×25°, 0.1×25° R=0.1, 0.2mm |
| Disk material | STC5(HRC43, E=205MPa) STC7(HRC43, E=210MPa) STS5(HRC43, E=214MPa) |
| Tool material | P10, P20, P30, P40 |
| Tension force of disk side face, F | 1, 2, 3, 4KN |

Table 1과 같이 절단속도, 이송 및 절삭유 사용조건을 변화시켰다. 또한 Table 2와 같이 공구

형상, 공구재종 및 텐션 하중 등의 조건을 변화시켜 공구마멸 크기에 미치는 영향을 조사하였다.

절삭유, 공구 경사각, 여유각, 노우즈 형상, 앞면 절삭날 형상, 디스크 재종, 공구재종 및 텐션 하중의 영향을 각각 조사하기 위한 실험 이외에는 유성 절삭유(2종), 공구 경사각 10°, 여유각 8°, 앞면 절삭날 모따기 0.1×25°, 노우즈 반경 0.1mm, 디스크 재종 STS5 및 공구재종 P30으로 일정하게 유지하였다. 텐션시의 롤러의 직경은 30mm, 폭 6mm로서, 끝단은 5mm의 라운딩이 되어 있다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 이송량을 0.06mm/tooth로 일정하게 하고, 절삭속도를 변화시킨 경우의 공구마멸진행속도를 나타낸다. 모든 속도에서 초기마멸이 비교적 크며, 절단길이 4m 이후는 절단시간에 거의 비례하여 공구마멸이 증가한다. 100m/min의 절단속도에서 공구마멸이 가장 작으며 이보다 절삭속도가 낮거나 높으면 공구마멸이 증가한다.

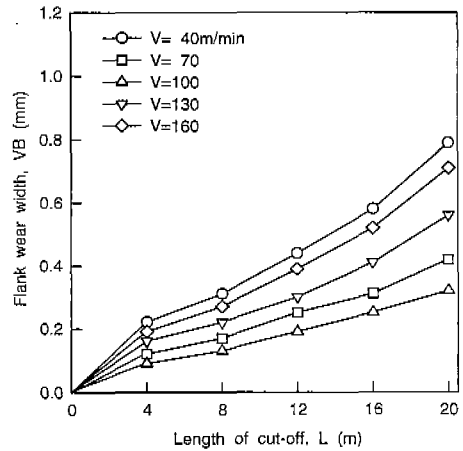
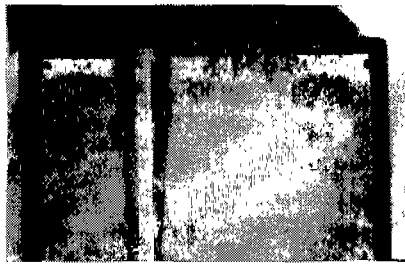


Fig. 2 Effect of cutting speed on flank wear (feed=0.06mm/tooth, tool=P30, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$, E=0.1×25°, N=R0.1mm, disk=STS5, oil based wet cut, F=3KN)

Fig. 3은 Fig. 2의 절단조건에서 절단한 경우의 공구의 여유면 마멸형태를 보인다. 40m/min의



(a) V=40m/min



(b) V=100m/min

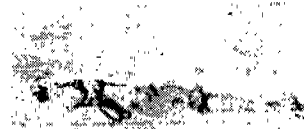


(c) V=160m/min

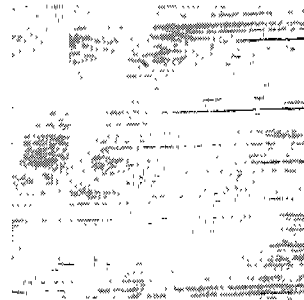
Fig. 3 Microphotographs of tool wear pattern at the different cutting speeds
(L=20m at same conditions as Fig. 2)

속도에서 절단한 경우는 팁의 절삭날에 거시적 파손이 발생되어 있으며, 100m/min의 속도에서는 정상적인 연삭마멸(abrasive wear) 형태를 보였다. 160m/min의 경우는 마멸면에 미세한 균열이 관찰되었으며, 이러한 균열의 생성 및 진전에 따른 칩핑과 동시에 미세적인 응착마멸과 연삭마멸이 동시에 발생한 것으로 판단된다. 70m/min의 절단속도에서는 40m/min과 100m/min의 중간 정도의 마멸 형태를 보였으며, 130m/min의 경우는 100m/min과 160m/min의 중간 정도의 마멸 형태를 보였다.

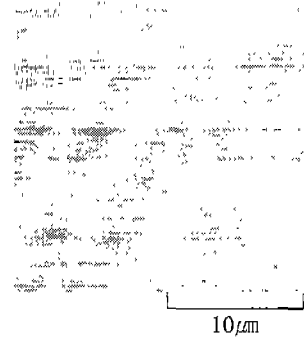
Fig. 4는 Fig. 2의 절단조건에서 절단한 경우의 절단면의 현미경 사진을 보인다. 40m/min의 속도에서 절단한 경우는 절단면에 공구의 횡방향 진동에 따른 많은 손상이 관찰되었으며, 절삭속도가 40m/min에서 100m/min으로 증가됨에 따라 절단표



(a) V=40m/min ($R_{max}=12.1\mu m$)



(b) V=100m/min ($R_{max}=6.0\mu m$)



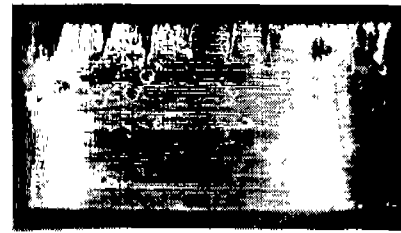
(c) V=160m/min ($R_{max}=5.2\mu m$)

Fig. 4 Microphotographs of machined surface at the different cutting speeds
(L=20m at the same conditions as Fig. 2)

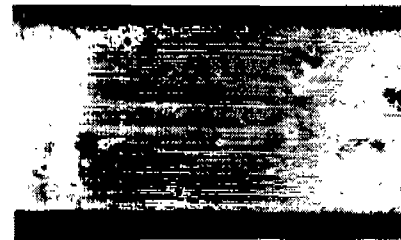
면의 상태가 현저히 좋아지고 있으며, 100m/min 이상의 절삭속도에서는 표면거칠기의 R_{max} 값이 약간 저하되었다. 절삭속도가 빠르면 전단각이 작아지고 절삭칩의 두께가 얇아지며 절삭온도가 올라가서 칩의 처리성이 악화되어 절삭칩이 절단면에 손상을 줄 수가 있으며, 또한 절단면과 등근톱과의 고속마찰에 의해 등근톱의 초경팁에 절삭칩의 응착이 발생하여 절단면이 악화될 수 있으나, 본 실험조건에서는 고속절삭에서 절단면의 상태가 나빠지는 현상은 나타나지 않았다. 70m/min의 절단속도에서는 절단면의 표면거칠기가 R_{max} 9.2 μ m로 40m/min과 100m/min의 중간 정도의 표면 상태를 보였으며, 130m/min의 경우는 R_{max} 5.6 μ m로서 100m/min과 160m/min의 중간 정도의 표면 거칠기 값을 보였다.

Fig. 5는 절단속도를 달리하였을 때의 절삭칩의 배면을 보인다. 모든 절단속도에서 정기적인 구성인선이 발생된 흔적은 보이지 않으며, 절삭속도가 낮을수록 측면에 균열이 크게 생성되어 있다. 이것은 절삭속도가 낮을수록 절삭저항이 증가하여 진동이 커지기 때문으로 판단된다. 이러한 절삭칩의 측면균열 현상은 100m/min 이상의 절삭속도에서는 나타나지 않았으며, 70m/min의 절단속도에서는 40m/min의 경우 보다 균열이 다소 작았다.

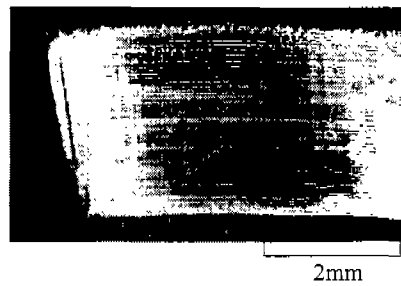
등근톱에 의한 절단은 단속절삭이며, 또한 초경팁을 지지하는 디스크는 2mm의 얇은 판으로 되어 있으므로 강성이 일반의 밀링커터에 비해 매우 낮다. 따라서 낮은 절삭속도에서는 절삭저항이 증가하여 공구의 절삭날에 과부하를 일으키고, 또한 진동이 발생하기 쉽게되어 절삭날이 취성적인 칩핑에 의해 쉽게 마멸되는 것으로 보인다. 한편 130m/min 이상의 고속에서는 절삭온도가 높아 내마멸성이 떨어지며, 밀링절삭과는 달리 공구의 절단부가 밀폐되어 있으므로 절삭열의 발산이 어렵게 되나, 습식절삭에 의해 등근톱의 초경팁이 국부적으로 급속 냉각되기 때문에 열적인 충격에 의한 피로현상에 의해 균열이 발생되어 초경팁에서 취성적인 손상이 발생하므로 공구마멸이 급속히 증가되는 것으로 판단된다. 한편, 160m/min의 절삭속도에서 절삭한 절삭칩의 배면을 광학현미경으로 관찰한 Fig. 5 (c)에서 공구와의 응착현상이 현저하게 관찰되지는 않았으나, 등근톱에 의한 절단은 진동이 크게 발생하며, 또한 본 절삭에서는



(a) V=40m/min



(b) V=100m/min



(c) V=160m/min

Fig. 5 Microphotographs of chip formed at the different cutting speeds (L=20m at the same conditions as Fig. 2)

유성 절삭유를 사용하고 있기 때문에 절삭칩과 공구와의 사이에 Trent⁽¹⁰⁾가 언급하는 거시적 응착 (seizure) 현상이 발생되기 어려우나, 고속절삭에서 국부적인 온도상승에 따른 미시적인 응착에 의한 마멸이 발생되고, 초경팁의 연화 현상에 따라 연삭마멸이 증가된 것도 고속에서 공구마멸이 현저히 커지는 원인의 하나로 판단된다.

Fig. 6은 절삭속도를 70, 100 및 130m/min으로 변화시키고, 이송량을 0.04, 0.06 및 0.08mm/tooth로 변화시킨 경우의 공구마멸 진행선도를 보여준다. 등근톱에 의한 절단가공에서 절삭

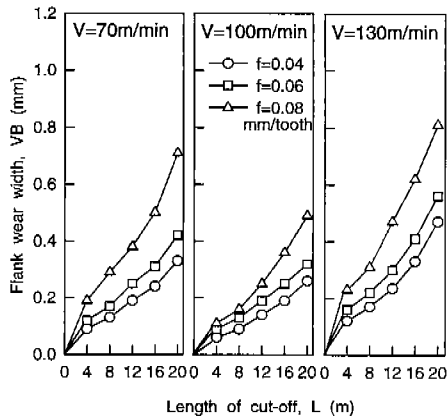


Fig. 6 Effect of feed and cutting speed on flank wear
 (tool=P30, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$, $S=0.1 \times 25^\circ$, $N=R0.1\text{mm}$, disk=STS5, oil based wet cut, $F=3\text{KN}$)

날당의 이송량이 클수록 절삭깊이가 커지며, 가공 능률이 향상된다. 100m/min의 절삭속도에서 0.04 및 0.06mm/tooth의 이송량으로 절삭한 때는 공구 마멸크기가 유사하나, 이송속도가 더욱 빨라지면 절삭시간의 경과에 따라 공구마멸이 현저히 증가된다. 절삭깊이가 증가하면 진동이 발생되기 쉽고 등근톱의 초경팁에 칩핑이 발생되기 쉬우므로 절삭날당의 이송량이 증가하면 마멸진행속도가 현저히 빨라지는 것으로 판단된다. 절삭속도가 더욱 낮거나 높은 경우에도 이송량이 0.08mm/tooth로 되면 마멸이 급속히 진행되었다.

Fig. 7은 절삭속도를 변화시켜서 절삭거리 20m를 절삭한 경우에 이송량에 따른 초경팁 여유면의 마멸크기를 보인다. 40m/min의 절삭속도에서 0.04mm/tooth의 이송량으로 절단한 경우는 절삭 초기에 초경팁에서 거시적인 파손이 발생하여 절삭이 불가능하게 되었다. 또한 이송량이 클수록 절삭속도에 따른 여유면 마멸의 변화가 크게 되었으며, 모든 이송량에서 100m/min의 절삭속도에서 절삭한 경우가 여유면의 마멸이 가장 작았다. 동일한 절삭속도에서는 이송량이 증가할수록 절삭깊이가 증가되어 절삭저항이 커지며, 절삭시의 진동이 증가되기 쉽고, 절삭온도가 높아지므로 절삭팁의 여유면 마멸이 커지는 것으로 판단된다.

Table 3은 100m/min의 절삭속도에서 이송량 0.06mm/tooth인 때의 등근톱의 수평방향 이송속도

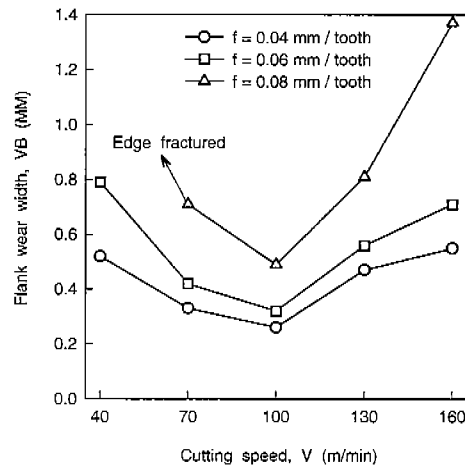


Fig. 7 Flank wear of tungsten carbide tip at the different cutting speeds and feeds
 (tool=P30, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$, $S=0.1 \times 25^\circ$, $N=R0.1\text{mm}$, disk=STS5, oil based wet cut, $F=3\text{KN}$, $L=20\text{m}$)

Table 3 Horizontal feed rates of saw blade at the different cutting conditions

| feeding | cutting speed (m/min) | 40 | 70 | 100 | 130 | 160 |
|---------|-----------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | 0.04mm/tooth | 26.7 (0.52) | 46.7 (0.33) | 66.7 (0.26) | 86.7 (0.47) |
| 0.06 | | 40.0 (0.79) | 70.0 (0.42) | 100.0 (0.32) | 130.0 (0.56) | 160.0 (0.71) |
| 0.08 | | 53.3 (fractured) | 93.3 (0.71) | 133.3 (0.49) | 173.3 (0.81) | 213.3 (1.37) |

(* The feed rates at both the cutting speed of 100m/min and the feed of 0.06mm/tooth is regarded as 100. The number in parentheses means the flank wear width in the unit of mm.)

인 0.318m/min을 100으로 나타낸 때의 각종 절삭 조건에서의 이송속도의 크기를 비교한 것이며, 괄호내의 수치는 각 조건에서의 초경팁 여유면의 마멸 크기를 [mm] 단위로 나타내었다. 등근톱에 의한 절단에서 절삭속도가 높다는 것은 등근톱의 회전수가 빠르다는 것을 의미하며, 절삭날당의 이송량이 동일하더라도 회전수가 빠를수록 절삭팁 측면과 공작물과의 마찰열도 증가하므로 절삭온도가 높아지는 것으로 판단된다. 160m/min의 절삭속

도에서 0.04mm/tooth로 절삭한 때는 100m/min에서 0.06mm/tooth로 절단한 경우 보다 절삭깊이가 작고, 등근톱의 이송속도는 106.7% 밖에 높지 않으나, 앞면 절삭날의 모따기 폭이 0.1mm이며 모따기 각도가 (-)방향으로 25° 이므로, 0.04mm/tooth의 이송량에서는 초경팁의 초기 절입시에 절삭깊이가 매우 작기 때문에 절입이 용이하게 일어나지 못하는 현상이 발생 할 수 있으므로, 이송량의 감소에 따른 절삭깊이의 감소효과가 적게 나타났으며, 또한 공구와 피삭재와의 마찰열에 따른 절삭온도가 높아서 100m/min의 절삭속도에서 0.06mm/tooth로 절단한 경우 보다 마멸이 현저히 증가하는 것으로 판단된다. 한편, 모든 이송량에서 100m/min의 절삭속도로 절삭한 경우의 여유면 마멸폭이 가장 작은 것은 Fig. 2에서 보인 0.06mm/tooth의 이송량에 대하여 언급한 원인에 의한 것으로 판단된다. 따라서 절삭속도 및 이송량을 증가시켜 가공능률을 향상시키는 데는 한계가 있는 것으로 보인다. Table 3에서 보이는 바와 같이 본 실험의 모든 조건에서 여유면 마멸이 가장 작은 조건은 100m/min의 절삭속도에서 0.04mm/tooth의 이송량으로 절삭한 경우이지만, 동일 절삭속도에서 이송량이 0.06mm/tooth로 증가하면 등근톱의 수평방향 이송속도가 150% 증가되나 여유면 마멸폭은 123% 증가하므로, 공구마멸과 가공능률을 통합한 관점에서 볼 때, 절삭속도 100m/min, 이송량 0.06mm/tooth가 가장 적합한 절삭조건으로 보인다.

Fig. 8은 절삭속도 및 이송량을 변화시켜 건식절삭과 유성 및 수용성 절삭유를 사용한 습식절삭에서의 공구마멸 진행선도를 보인다. 건식절삭에서는 모든 절삭속도에서 공구마멸이 현저히 크며, 절삭속도가 빨라짐에 따라, 또한 이송량이 커짐에 따라 공구 마멸이 커진다. 건식절삭에서는 공구와 피삭재와의 윤활 효과가 없고 마찰에 의한 절삭열이 높으므로 절삭속도가 빠를수록 공구마멸이 현저히 커진다. 습식절삭에서는 수용성 절삭유를 사용한 경우 보다 유성 절삭유를 사용한 경우가 공구마멸이 가장 작다. 이것은 초경팁 납접형 등근톱을 사용하여 절삭하는 경우는 냉각 효과 보다 절삭시의 마찰영역에서의 윤활 효과가 더욱 크다는 것을 의미한다. 유성 및 수용성 절삭유를 사용하고 이송량을 달리하여 절삭한 경우에 이송량이 높을수록 공

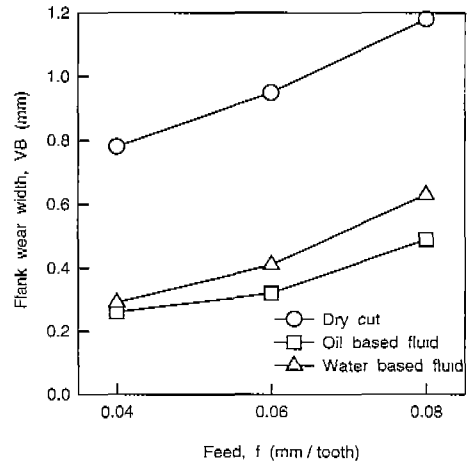


Fig. 8 Effect of cutting fluid on flank wear
 $V=100\text{m/min}$, $\text{tool}=\text{P30}$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$,
 $E=0.1 \times 25^\circ$, $N=R0.1\text{mm}$, $\text{disk}=\text{STS5}$, oil based wet cut, $L=20\text{m}$, $F=3\text{KN}$

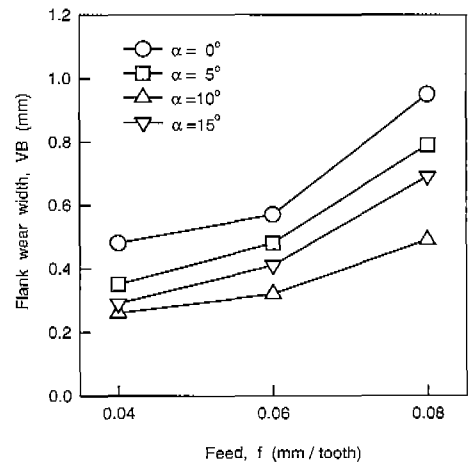


Fig. 9 Effect of the rake angle of tungsten carbide tip on flank wear
 (at the same conditions as Fig. 8)

구마멸의 차가 현저히 커진다. 이송량이 크면 진동이 커지므로 이송량의 증가에 따른 절삭온도 상승분의 감소 보다 윤활성이 더욱 요구되는 것으로 판단된다.

Fig. 9는 공구 경사각을 변화시킨 경우의 공구마멸 진행선도를 보인다. 경사각이 클수록 절삭날의 내구성은 작아지나, 진동이 작아지고, 절삭저항이 작아지는 효과가 있다. 10°의 경사각을 가진

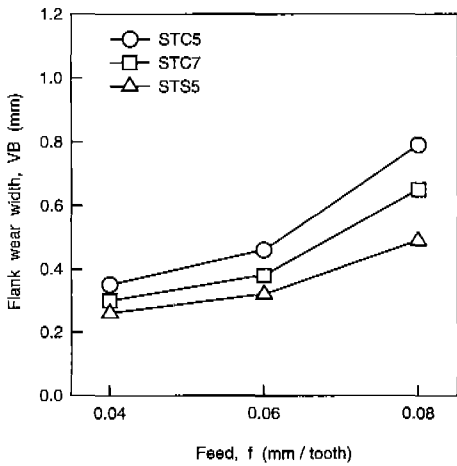


Fig. 10 Effect of the disk material of saw on flank wear (at the same conditions as Fig. 8)

등근톱의 공구 마멸이 가장 작고 경사각이 이 보다 크거나 작으면 공구 마멸이 증가한다. 특히 공구 경사각이 0° 및 5°의 경우에 이송량이 큰 때에는 공구마멸이 현저히 증가한다.

Fig. 10은 등근톱의 디스크 재종을 변화시킨 경우의 공구마멸 진행선도를 보인다. 디스크의 변화에 따른 영향은 이송량이 클수록 증가한다. 3종의 디스크 재료중에 영계수가 가장 큰 STS5로 된 등근톱의 성능이 가장 우수하다. 이와 같이 얇은 디스크를 가진 등근톱에 의한 절단은 등근톱의 가로 방향의 진동이 공구 성능에 큰 영향을 미치는데, 강성이 큰 디스크를 가진 등근톱이 우수한 성능을 보인다. 또한 이송량이 클수록 진동이 증가하므로 디스크 재종의 영향이 큰 것으로 판단된다.

Fig. 11은 초경팁의 공구 재종을 변화시킨 경우의 각종 이송량에서의 공구마멸 진행선도를 나타낸다. P30 재종의 공구마멸이 가장 작으며, 초경팁의 경도 및 인성이 더욱 크거나 작은 경우에 공구마멸이 커지며, 0.08mm/tooth에서 P10 재종을 사용한 경우는 약 10m를 절삭한 시점에서 절삭날에 큰 파손이 일어났다. 따라서 100m/min의 절삭속도에서는 P20 이하의 인성을 가지는 공구는 적합하지 않다. P20 및 P10은 경도가 P30보다 높으나 취성이 크기 때문에 진동이 발생하기 쉬운 등근톱의 절삭에는 맞지 않다고 할 수 있다. P40 재종은 경도가 P20 및 P10에 비해 매우 낮아서 내마멸성은 떨어지

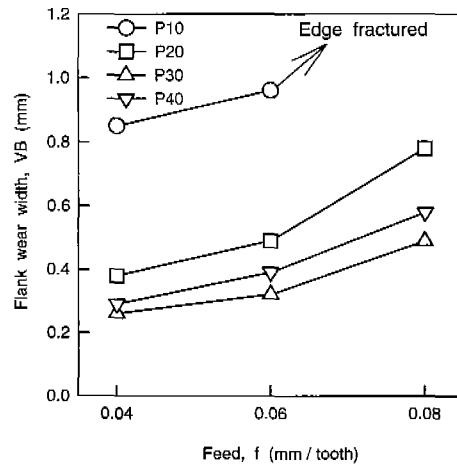


Fig. 11 Effect of the material of tungsten carbide tip on flank wear (at the same conditions as Fig. 8)

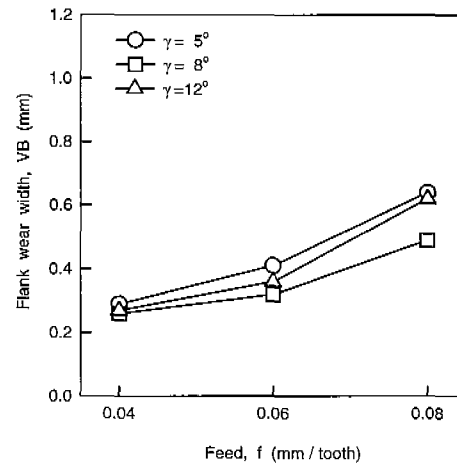


Fig. 12 Effect of the clearance angle of tungsten carbide tip on flank wear (at the same conditions as Fig. 8)

나 인성이 매우 높기 때문에 칩핑 및 파손이 발생되기 어려워 정상적인 연삭마멸이 주된 마멸기구로 되어 P30 보다 다소 공구마멸이 크나, P10 및 P20 재종에 비해 공구마멸이 작은 것으로 보인다. 따라서 초경팁 납접형 등근톱의 선정에는 절삭날의 신뢰성 및 내결손성이 매우 중요하다.

Fig. 12는 공구 여유각을 변화시킨 경우의 각종의 이송량에서의 공구마멸 진행선도를 나타낸다.

모든 절삭속도에서 8°의 여유각을 가진 공구의 여유면 마멸이 가장 작다. 공구의 여유각이 크면 진동이 작아지나 절삭날의 내구성이 작아지기 때문에 등근톱에 의한 절단에서 공구마멸을 최소화하기 위한 공구여유각이 8°인 것으로 판단된다.

Fig. 13은 앞면 절삭날의 형상을 변화시키고 이송량을 달리한 경우의 공구마멸 진행선도를 나타낸다. 절삭날의 모따기가 0.1mm× 25° 일 때 공구마멸이 가장 작고 절삭날이 더욱 예리 할수록 공구마멸이 증가한다. 절삭날이 예리할수록 절삭날에 취성손상이 발생되기 쉬우므로 공구마멸이 증가하는 것으로 보이며 절삭날의 모서리가 둥근 경우는 예리성이 낮아 피삭재로 절입하기가 어려워 진동이 발생하기 쉽고 절삭저항이 커지므로 공구마멸이 증가하는 것으로 보인다.

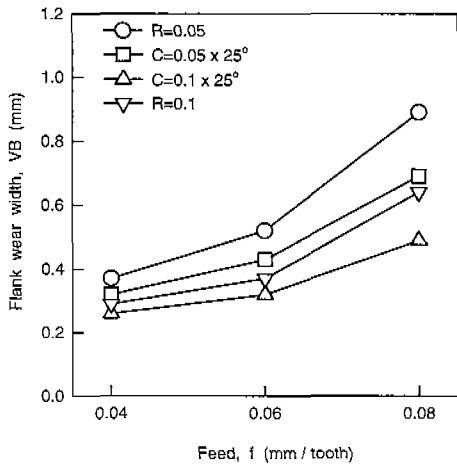


Fig. 13 Effect of the shape of end cutting edge on flank wear (at the same conditions as Fig. 8)

Fig. 14는 절삭날의 노우즈 형상을 변화시킨 경우의 각 이송량에서의 공구마멸 진행선도를 보여준다. 모든 절삭속도에서 반경 0.1mm의 노우즈를 가진 등근톱이 공구 성능이 가장 좋으며, 예리한 노우즈를 가진 공구는 공구마멸이 크다. 등근톱에 의한 절단에서는 각형의 노우즈 보다 등근형의 노우즈가 양호하다. 노우즈 모따기 또는 반경을 작게하는 것은 진동을 억제하는데 효과가 있으나, 절삭날의 칩핑에 대한 신뢰성이 낮아지므로 소정의 노우즈 반경이 필요한 것으로 보인다.

Fig. 15는 STS5 디스크의 측면에, 중심으로부터

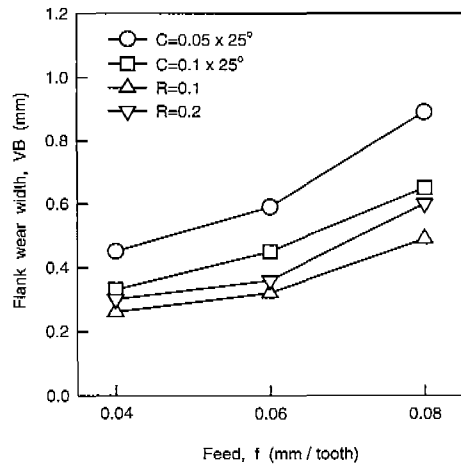


Fig. 14 Effect of the nose shape of tungsten carbide tip on flank wear (at the same conditions as Fig. 8)

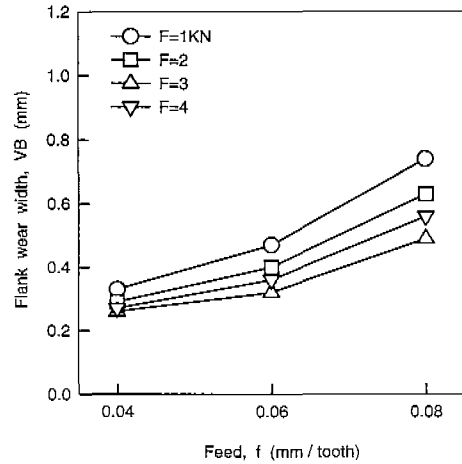


Fig. 15 Effect of the tensioning load of tungsten carbide tip on flank wear (at the same conditions as Fig. 8)

터 반경 140mm 지점에서, 로울러에 의해 3종의 다른 텐션(tension) 하중을 원환상으로 가한 경우의 공구마멸 진행선도를 보인다. 3KN의 하중을 가한 경우가 공구마멸이 가장 작는데 이것은 하중이 증가할수록 가로방향의 변형에 대한 강성이 증가⁽¹¹⁾하기 때문에 가로방향의 진동영향이 작게 나타나기 때문으로 판단되며, 하중이 4KN으로 되는 경우는 압축이 너무 증대되어 디스크에 변형을 일으키기

때문으로 판단된다.

4. 결론

각종 재종의 초경팁을 사용하여 각종의 절삭조건에서 연강 SM20C의 절단을 행한 결과 다음과 같은 결론이 얻어졌다.

(1) 절삭속도 100m/min, 이송량 0.06mm/tooth에서 유성 절삭유를 사용하여 습식 절삭하는 것이 공구마멸 및 가공능률의 측면에서 가장 적절하다.

(2) 상기 (1)항의 절삭조건에서 공구 형상은 경사각을 10°, 여유각을 8°, 노우즈 반경을 0.1mm, 앞면 절삭날의 모따기를 0.1mm×25°로 하는 것이 공구 마멸이 가장 작다.

(3) 공구재종은 P30, 디스크 재종은 STS5, 디스크의 텐션하중은 3KN으로 하는 것이 공구 마멸이 가장 작아진다.

(4) 이송량이 클수록 다른 절삭조건에 영향을 크게 받는다.

(5) 초경팁 등근톱에 의한 절단에서는 절삭날의 신뢰성을 고려한 절삭조건 선정이 필요하다.

후기

본 연구를 위해 모든 공구 및 연구비를 지원한 금하초경산업사와 진동실험의 일부를 수행해 준 서울대학교 터보동력기계연구센터의 이영환 박사, 절단실험을 수행해 준 인철제철(주) 중기부 생산팀의 박학용 과장, 화학성분을 분석해 준 한국야금(주)의 김경배 연구소장, 디스크 재료를 제공한 포항제철(주) 기술연구소의 류재화 박사에게 감사드립니다.

참고문헌

1. 西尾悟, 丸井稅男, "丸のこ切削時の横振動に對するスリットの效果," 日本木材學會誌, Vol. 41, No. 8, pp. 722-730, 1995.
2. E. Marui, S. Ema and R. Miyachi, "An Experimental Investigation of Circular Saw vibration Via A Thin Plate Model," Int. J. Mach. Tools Manufact., Vol. 34, No. 7, pp. 893-905, 1994.
3. C. Mote and S. Holoyen, "Confirmation of the

- Critical Speed Stability Theory for Symmetrical Circular Saws," Journal of Engineering for Industry, Trans. ASME(B), Aug., Vol. 97, pp. 119-126, 1975.
4. C. Mote and S. Holoyen, "Feedback Control of Saw Blade Temperature With Induction Heating," Journal of Engineering for Industry, Trans. ASME(B), May, Vol. 100, pp. 119-126, 1978.
5. 이재우, "초경팁 부착형 등근톱의 절단 특성," 한국정밀공학회 99년도 추계학술대회논문집, pp. 881-884, 1999.
6. 이재우, "초경팁 부착형 국산 등근톱의 성능 향상 사례," 두원공과대학 1999년도 산학협력 Workshop 논문집, pp. 234-239, 1999.
7. 이재우, "초경팁 부착형 등근톱의 절단 특성에 미치는 기관 재질의 영향," 한국정밀공학회 2001년도 춘계학술대회논문집, pp. 883-886, 2001.
8. 이재우, "진동 방지용 텐션부를 가진 등근톱," 실용신안, 20-2001-0029452, 2001.
9. 이재우, 유윤석, "진동 방지용 텐션부를 가진 등근톱," 실용신안등록, 0251126, 2001.
10. E. M. Trent, "Metal Cutting," Butterworth, pp. 21-26, 1975.
11. C. Mote, "Free Vibration of Initially Stressed Circular Disks," Journal of Engineering for Industry, Trans. ASME(B), May, Vol. 87, pp. 258-264, 1965.