

STD11강의 다듬질절삭에 의한 세라믹공구의 마멸에 관한 연구

김광래* 유봉환**

A Study on the Wear of Ceramic Tool in Finish Machining of STD11 Steel

Kwang-lae Kim*, Bong-Hwan SNRyu**

Abstract

In this study, Wear of a ceramic cutting tool for hardened STD11 steel was investigated. Under the finish machining condition, DOC notch wear of a ceramic cutting tool was mostly occurred earlier than flank and crater wear were proceeded. The relations of DOC notch wear, which was characteristically produced at the beginning of cutting, to cutting speed, feed, depth of cut, and nose radius of a ceramic cutting tool were examined. Effective approach angle, which is a function of cutting conditions, and boundary area were suggested, and then the influence of those was investigated. The following conclusions were obtained : (1) as cutting speed was increasing, DOC notch wear was decreasing, (2) the cutting condition, that magnitude of slenderness ratio was made small, was favorable for DOC notch wear, (3) as depth of cut was smaller, the influence of feed on DOC notch wear was also smaller, (4) DOC notch wear was mainly influenced by effective approach angle, but by boundary area in the range of low feed.

Keywords : DOC notch wear(경계마멸), Slenderness ratio(세장비), Effective approach angle(유효어프로치각), Boundary area(경계면적)

1. 서 론

경화처리된 담금질강은 물리적, 기계적특성이 훌륭한 반면, 일반적인 절삭공구로서는 고능률적인 가공이 매우 어려운 난삭재로 분리되지만 세라믹공구, CBN공구, 다이아몬드공구등과 같은 내마멸성이 우수한 새로운 공구재질의 개발에 의해 양호한 절삭성능을 얻을 수 있다.

세라믹공구는 CBN공구나 다이아몬드공구 보다 가격이 저렴하고, 그 조성에서 고온경도가 높기 때문에 CBN

공구보다 내마멸성이 우수하다는 연구⁽¹⁾가 있고, 철과 니켈에 대해서 높은 화학적 안정성을 갖고 있기 때문에 유용한 공구재료라는 연구결과⁽²⁾도 있으며, Al₂O₃에 TiC를 첨가한 세라믹공구는 담금질강의 절삭에서 우수한 성능을 나타내는 것으로 알려지고 있다.

최근들어 CNC 공작기계의 급속한 보급에 의해 담금질강의 절삭에서도 가공능률이나 공구수명의 향상에 대한 요구가 증가하고 있으므로 절삭조건인 절삭속도, 이송 및 절삭깊이의 선정도 매우 중요한 문제로 된다.

* 인덕전문대학 기계과

** 숭실대학교 기계공학과

세라믹공구의 공구손상에 대하여 大石建司⁽³⁾은 담금 질강의 다듬질절삭시 나타나는 공구의 초기파손이 절삭 속도 및 절삭단면의 형상인 최대절삭두께의 영향을 받는다고 발표하였고, 鳴瀧則彦⁽⁴⁾은 강재의 고속절삭에서 세라믹공구에 첨가된 TiC가 대기의 영향에 의해 생성되는 FeO와 반응하는 것에 대하여 연구 하였으며, Kramer (2)는 공구재료의 화학적 용해도가 온도에 대해서 지수적으로 증가하기 때문에 고속에서는 화학적 용해가 중요한 반면에, 저속에서의 세라믹공구의 마멸은 기계적으로 활성화 된다고 발표하였다.

이와같이 세라믹공구의 공구손상은 기계적, 열적, 화학적작용 등 여러가지 요인의 복합적 작용에 의해 발생하는 현상이므로 그것을 정확히 예측한다는 것은 많은 어려움이 있다. 한편, 1980년대 후반부터 경화처리된 가공재의 절삭가공에 관한 연구가 다수 발표되었으나, 노즈반경만으로 절삭하는 담금질강의 다듬질가공에 있어서 이송, 절삭깊이, 노즈반경으로 구성되는 절삭단면의 기하학적인 형상에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

Al₂O₃에 TiC를 첨가한 세라믹공구에 의한 담금질된 STD11강의 다듬질절삭에서는 절삭깊이(Depth of cut)부에 절삭초기부터 생성되는 DOC notch 마멸(이하, 경계 마멸이라 한다)이 특징적으로 나타난다.

따라서, 본 연구에서는 담금질된 합금공구강 STD11의 다듬질절삭시 공구와 가공재와의 접촉에 의해 절삭초기에 생성되는 경계마멸에 관하여 절삭조건 및 절삭조건에 따라 변하는 기하학적 형상인 절삭면적, 경계면적 그리고 유효어프로치각의 영향을 제안하여 실험적으로 검토하였다.

2. 실험방법

세라믹공구 : 세라믹공구의 재종은 기계적충격과 열충격에 강하여 담금질 처리된 고경도 강재의 절삭에서 우수한 적응성을 갖는 알루미늄-탄화티탄계인 시판되는 흑세라믹(Al₂O₃+TiC)으로 그 물리적 성질은 Table 1과 같다.

세라믹공구가 갖는 형상의 규격은 SNGN1204이고, 노즈반경은 0.8, 1.2, 1.6, 2.0mm인 네종류를 선정하였다.

세라믹공구는 인성이 약하기 때문에 대부분 모서리 부분에 챔퍼(Chamfer)를 채용하는데, 이는 노즈반경의 중

Table 1 Physical properties of ceramic tool

E (GPa)	H (H _v A)	MOR (GPa)	K _r (MPam ^{1/2})	K (W/m.°K)	α (10 ⁻⁶ °K)
414	93.5	0.78	4.5	29.3	8.0

E : young's modulus

H : hardness

MOR : modulus of rupture

KIC : fracture toughness

K : thermal conductivity

α : thermal expansion coeff.

Table 2 Chemical compositions of workmaterial

Work KS	Chemical Composition, %							
	C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	V
STD11	1.4	0.55	0.02	0.03	0.4	12.5	1.03	0.21

Table 3 Heat treatment and hardness

Work KS	Heat treatment	Hardness HRC
STD11	1020°C, 2.5h/AC+180°C, 1.5h/AC +520°C, 2h/AC	60~62

심을 기준으로 한 음의 경사각으로 작용하게 된다. 공구에 적용된 Chamfer의 크기는 -25° X 0.2mm이며, 공구 홀더는 클램프 체결용인 CSBNR2020 (-5, -6, 5, 6, 15, 15, r)을 선정하였다.

가공재 : 비교적 탄소함유량이 많고 Cr, Mo, W, V등의 탄화물 형성원소도 포함하고 있는 냉간성형용으로 내마멸성이 우수하여 금형강재, 게이시 및 공구재료등 고경도재로 가장 많이 사용되고 있는 합금공구강인 STD11을 선정하였으며, 담금질 처리된 가공재의 경도는 HRC60~62이다. 가공재의 형상은 직경 68mm, 길이 150mm인 형상을 갖는 환봉을 선정하였으며, 그 화학적 성분과 열처리조건은 Table 2, 3과 같다.

절삭조건 : 절삭조건인 절삭속도, 이송, 절삭깊이는 담금질 처리된 강재의 선삭에 대한 세라믹공구의 추천치⁽⁵⁾

와 연삭공정의 대체에 따른 생산성을 고려하여 30~120m/min, 0.2mm/rev, 0.6mm이하로 설정하였다.

절삭시험 : 가공재를 선반의 척과 십압대에 장착하여

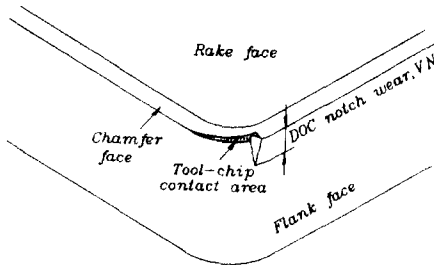


Fig. 1 Schematic DOC notch wear of ceramic tool

전식으로 축방향 절삭을 하였다. 절삭초기에 있어서 세라믹공구의 경계마멸에 대한 결과를 얻기 위하여 절삭시간을 2분으로 일정하게 하고, 각 절삭조건에서의 결과는 4~5회 반복하여 평균값으로 하였다.

초기경계마멸 관찰 : 절삭날의 초기경계마멸에 대한 결과는 절삭후 금속현미경과 공구현미경 그리고 주사전자현미경(SEM)으로 그 생성과 크기를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

절삭속도가 낮고 경절삭조건인 본 연구의 실험조건에서 관찰된 공구손상의 모두드는 Fig. 1에 제시한 개략도와 같이 세라믹공구의 노즈부인 절삭깊이부에 생성되는 경계마멸에 의해 지배되는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 2는 세라믹공구의 노즈부에 생성된 경계마멸의 대표적인 일례를 나타낸 SEM 사진으로, 경계마멸은 공구형상과 절삭조건에 의해 경사면으로 작용하는 참퍼면과 여유면의 양면에 걸쳐서 생성되며, 이송과 절삭깊이가 작고 세분된 본 연구의 절삭조건하에서는 플랭크마멸 보다 깊고 큰 노치모양으로 나타난다.

이러한 경계마멸의 생성에 대하여 절삭속도, 이송, 절삭깊이 및 노즈반경이 어떠한 영향을 미치는 가를 다음의 절들에서 조사하였다.

3.1 절삭속도의 영향

공구의 노즈반경만을 이용하여 절삭하는 다듬질선삭

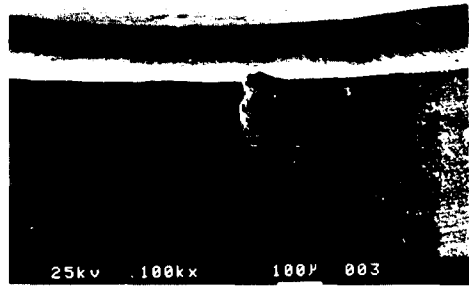


Fig. 2 SEM photograph of DOC notch wear(f:0.15mm/rev, d:0.27mm, V:37m/min, VN:0.15mm)

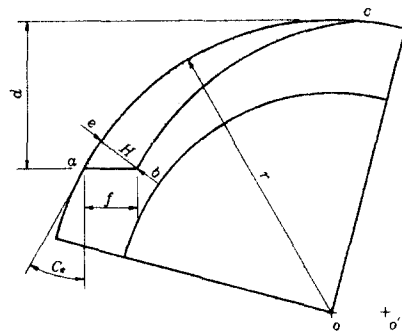


Fig. 3 Geometry of cutting cross-section for small depth of cut

에서 나타나는 공구와 가공재의 물림조건 및 절삭단면의 기하학적 형상은 Fig. 3에서와 같이 이송 f, 절삭깊이 d 그리고 노즈반경 r에 의해서 결정된다.

Fig. 3에서 도형 abc인 절삭면적(Cutting area) Q는 다음식과 같이 이송, 절삭깊이, 노즈반경의 함수로 나타난다.

$$Q = r^2 \sin^{-1} \frac{0.5f}{r} + 0.5f \sqrt{r^2 - 0.25f^2} - f(r-d) \quad (1)$$

Fig. 4는 식 (1)로 계산된 절삭면적의 크기가 0.04mm²로 일정하지만 이송과 절삭깊이가 다른 세종류(f;0.2

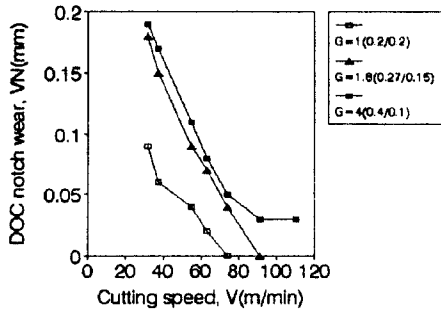


Fig. 4 Relation between cutting speed and DOC notch wear ($r=0.8\text{mm}$, $Q=0.04\text{mm}^2$)

$d;0.2$, $f;0.15$ $d;0.27$, $f;0.1$ $d;0.4$ mm)를 파라미터로 하여 절삭속도(V)와 경계마멸(VN)의 관계를 살펴본 것이다.

절삭속도가 증가하면 절삭깊이는 깊어지지만 경계마멸은 감소하게 된다. 이와같이 절삭속도의 증가로 인한 경계마멸의 감소는 전단각의 증가에 의하여 절삭력이 감소하는 현상⁽⁶⁾과, 배출되는 칩이 공구경사면에 밀착되는 조건(Condition of seizure)⁽⁷⁾을 만들게 되어 공구와 칩의 경계면이 대기의 영향을 적게 받는 것이 원인으로 작용한다고 생각된다. 절삭속도가 더욱 증가하면 세라믹공구의 손상은 파손의 형태로 나타나게 된다.

한편, 세장비(Slenderness ratio)는 일반적으로 절삭단면의 절삭폭과 절삭두께로 나타내지만, 3차원 절삭인 선삭의 경우에는 절삭폭의 함수인 절삭깊이와 절삭두께의 함수인 이송의 비($G=d/f$)로 나타낸다. 따라서, 절삭면적이 일정한 실험조건 결과로 표현되는 세장비에 대한 경계마멸의 변화를 고찰하기 위해서는, 절삭단면의 기하학적 형상과 경계마멸이 생성되는 절삭깊이부에서 공구와 가공재가 접촉하는 상황을 조사할 필요가 있다고 생각된다.

Fig. 3에서 절삭두께는 절삭면적인 도형 abc의 형상에서 알 수 있듯이 절삭날의 위치마다 그 크기가 다르다. 따라서, 노즈반경의 중심인 점 0를 기준하여 절삭면적의 b점을 지나는 반경방향의 선분 be의 길이를 최대절삭두께(Maximum thickness of cut) H로 하면 다음과 같다.

$$H = r - \sqrt{r^2 + f^2 - 2f\sqrt{r^2 - (r-d)^2}} \quad (2)$$

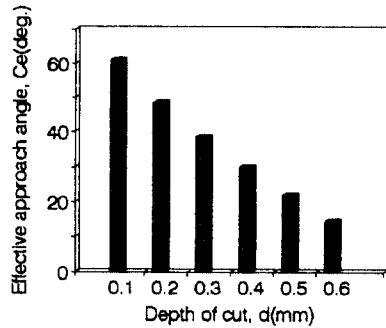


Fig. 5 Effective approach angle and depth of cut ($r=0.8\text{mm}$)

또한, 가공재의 표면과 만나는 절삭날의 점 a에 있어서 접선방향과 절삭깊이의 방향이 이루는 각을 유효어프로치각(Effective approach angle) C_e 로 가정하면 다음식과 같이 절삭깊이, 노즈반경의 함수로 나타낸다.

$$C_e = \sin^{-1} \frac{r-d}{r} \quad (3)$$

한편, 일반적인 절삭조건인 노즈반경보다 절삭깊이가 큰 경우에는 동일 절삭조건하에서 어프로치각이 다르게 되면 절삭날 단위길이당 발생하는 절삭저항이나 절삭열의 규모가 다르게 된다.

즉, 이송 f , 절삭 깊이 d , 어프로치각이 0° 일 경우는 주 절삭날의 단위길이가 갖는 실효절삭면적은 $f \times 1$ 인데 반해서, 어프로치각이 C 인 경우는 $f \times \cos C$ 로 되어 절삭날의 부담은 후자가 $\cos C$ 만큼 감소하게 되어 상대적으로 절삭날의 강도가 증대하는 효과가 발생한다.

노즈반경보다 절삭깊이가 작은 경우에서의 실효최대절삭면적은 $H \times 1$ 로 되며, 노즈반경이 일정한 경우에는 식 (2), (3)의 공통변수인 절삭깊이가 증가하면 최대절삭두께와 실효최대절삭면적이 증가하고, 유효어프로치각은 감소한다.

Fig. 5는 노즈반경이 0.8mm 인 경우에서 본 연구의 절삭조건으로 적용한 절삭깊이($0.1 \sim 0.6\text{mm}$)에 대한 유효어프로치각(C_e)의 변화를 나타낸 것으로 공구의 절삭날의 강도에 영향을 미치게 되는 유효어프로치각의 변화는 절삭깊이가 증가하면 감소하게 됨을 알 수 있다.

Fig. 4의 동일한 절삭면적하에서 세장비의 감소는 이송의 크기를 증가시키고 최대절삭두께를 증가시킨다. 이렇게 증가된 최대절삭두께가 세라믹공구의 초기파손에

가장 큰 악조건의 인자로 작용한다는 연구⁽⁶⁾가 발표되었지만, Fig. 4에서의 경계마멸의 변화는 오히려 감소하는 효과를 살펴 볼 수 있다. 즉, 경계마멸의 크기는 세장비가 제일 작은 $G=1(0.2/0.2)$ 인 경우에 가장 작게 나타나고, 세장비가 크게되면 경계마멸의 크기도 증가한다.

이와같은 결과는 동일한 절삭면적하에서 이송을 작게 하는 것 보다 절삭깊이를 작게하여 세장비를 감소시키는 것이 절삭초기에 생성되는 경계마멸의 억제에 더 효과적임을 알 수 있기 있는데, 이는 유효어프로치각의 증가에 의한 영향을 받기 때문이라고 생각된다.

3.2 이송의 영향

Fig. 6은 절삭속도와 노즈반경을 일정하게 하고, 절삭깊이를 파라미터로 하여 이송과 경계마멸의 관계를 살펴본 것이다. 절삭깊이가 0.1mm, 0.2mm인 경우에는 이송의 증가에 대한 경계마멸의 크기는 생성되지 않거나, 작은 크기로 거의 일정한 값을 나타내지만, 절삭깊이가 0.3, 0.4mm인 경우에서의 경계마멸의 변화는 이송의 영향을 크게 받는다.

이와같은 결과로 나타나는 것은 Fig. 5에서 조사한 바와 같이 절삭깊이가 작게 되면 절삭날의 강도에 영향을 미치는 유효어프로치각이 크게 되는 효과와 절삭깊이가 큰 영역에 비해 상대적으로 절삭면적이 감소하는 효과에 의하여 이송이 증가하여도 경계마멸의 변화는 비교적 안정된 결과를 나타내지만, 절삭깊이가 큰 경우에는 유효어프로치각이 작게 되므로 공구면에 발생하는 응력과 절삭온도의 영향을 크게 받기 때문이라고 생각된다.

한편, Fig. 6에서 이송이 제일 작은 0.05mm/rev인 경우에서 파라미터인 절삭깊이에 대한 경계마멸의 크기가 주목되는데, 절삭깊이가 0.3mm인 경우에서는 0.07mm로 나타나지만, 절삭깊이가 0.4mm인 경우에는 0.05mm로 오히려 감소하는 결과로 나타난다.

이와같이 절삭깊이의 증가에 의한 절삭면적의 증가 및 유효어프로치각의 감소에도 불구하고 경계마멸이 감소하는 원인에 대하여, 다음절의 절삭깊이의 영향에 대한 실험에서 검토한다.

3.3 절삭깊이의 영향

Fig. 7은 절삭속도와 노즈반경을 일정하게 하고, 이송을 파라미터로 하여 절삭깊이와 경계마멸의 관계를 살펴본 것이다.

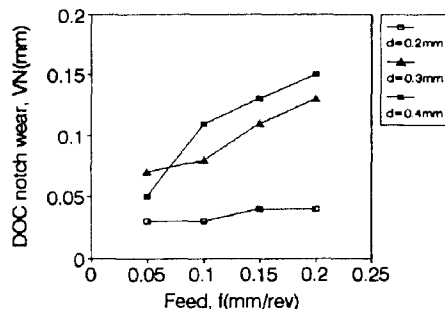


Fig. 6 Relation between feed and DOC notch wear($r=0.8$ mm, $V=55$ m/min)

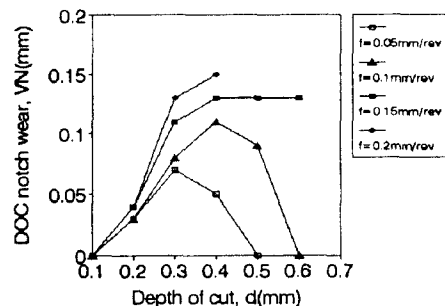


Fig. 7 Relation between depth of cut and DOC notch wear($r=0.8$ mm, $V=55$ m/min)

절삭깊이의 증가에 대해 이송의 크기가 작은 0.05mm/rev, 0.1mm/rev인 경우에는 경계마멸이 증가하다가 감소하여 없어지고, 이송이 큰 0.15mm/rev, 0.2mm/rev에서는 경계마멸이 증가하다가 파손의 형태로 나타내게 된다.

이와같이 이송이 작은 영역에서는 Fig. 6에서 나타난 결과와 같이 절삭깊이의 증가에 따른 절삭면적의 증가 및 유효어프로치각의 감소에도 불구하고 경계마멸이 감소하는 특이한 결과를 살펴 볼 수 있다. 이러한 결과를 고찰하기 위해서는 절삭깊이의 경계부를 기점으로 경계마멸이 발생하는 것에 주목할 필요가 있다.

Fig. 3의 절삭면적에서 노즈반경의 중심인 점 0를 기준으로한 최대절삭두께 be의 아래부분인 절삭깊이 경계부에 있는 국부면적인 도형 abe를 경계면적(Boundary area) q로 가정하면 절삭면적과 같이 이송, 절삭깊이,

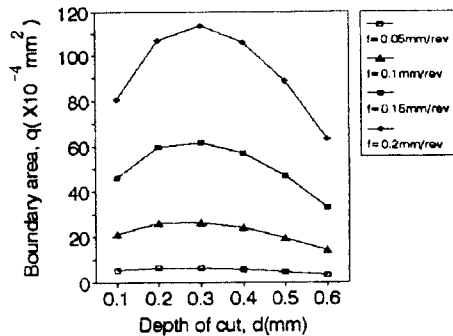


Fig. 8 Boundary area and depth of cut ($r=0.8\text{mm}$)

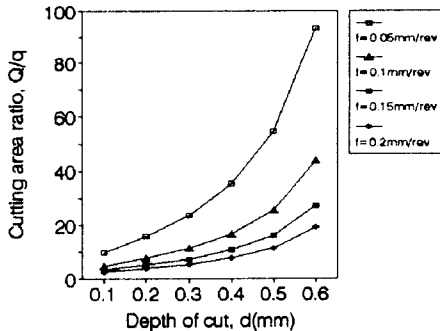


Fig. 9 Cutting area ratio and depth of cut ($r=0.8\text{mm}$)

노즈반경의 함수로 나타낸다.

$$q = 0.5r^2 \cos^{-1} \frac{r^2 - f\sqrt{r^2 - (r-d)^2}}{r\sqrt{r^2 + f^2 - 2f\sqrt{r^2 - (r-d)^2}}} + 0.5f(d-r) \quad (4)$$

Fig. 8은 식(4)로 계산된 경계면적의 변화를 이송과 절삭깊이에 대하여 나타낸 것으로 절삭깊이 보다 이송의 영향을 크게 받으며, 이송의 각 구간에서는 절삭깊이의 증가에 따른 절삭면적의 증가에도 불구하고 경계면적은 증가하다가 감소하게 되는 특이한 현상이 나타난다.

Fig. 9는 절삭깊이의 변화에 대한 절삭면적과 경계면적의 비(Q/q : 이하, 면적비라 한다)를 나타낸 것으로 그 변화는 절삭깊이가 증가할수록 크게 되며, 기울기는 이송이 가장 작은 0.05mm/rev에서 제일 크게 된다.

이상과 같은 Fig. 7, 8, 9의 결과에서 이송이 큰 0.15mm/rev, 0.2mm/rev에서는 이송이 작은 영역에 비해 상대적으로 절삭면적과 경계면적이 크고 면적비의 기울기가 작게되므로, 절삭시에 발생하는 절삭력 및 절삭온

도가 증대할 것으로 예상되며, 이에따라 경계마멸의 변화는 절삭깊이의 증가에 따라 증가하다가 파손의 형태로 나타난다고 생각된다.

한편, 이송이 작은 0.05mm/rev, 0.1mm/rev인 경우에는 절삭면적과 경계면적이 작고 면적비의 기울기가 크게되어 경계면적에 국부적으로 발생하는 절삭력 및 절삭온도의 분산효과를 얻게 되므로 경계마멸의 크기가 작게 된다고 생각되며, 절삭깊이의 증가에 대한 경계마멸과 경계면적의 변화는 증가하다가 감소하는 공통점을 살펴 볼 수 있다.

이와같은 유사한 경향으로 나타나는 현상은 경계마멸의 감소란 측면에서 매우 유리한 조건임을 시사한다. 따라서, 절삭면적과 경계면적이 작게 되는 비교적 안정된 절삭조건인 이송이 작은 영역에서 나타나는 절삭깊이에 대한 경계마멸의 변화는 경계면적의 변화에 의존한다고 판단된다.

3.4 노즈반경의 영향

Fig. 10은 절삭속도, 이송 및 절삭깊이를 일정하게 하고 노즈반경과 경계마멸의 관계를 살펴 본 것이다.

노즈반경이 변하여도 절삭면적은 일정하지만 경계마멸의 크기는 노즈반경이 0.8mm인 경우에는 0.12mm를 나타내며, 노즈반경이 1.2mm인 경우에는 0.07mm, 노즈반경이 1.6mm인 경우에는 0.07 mm, 노즈반경이 2.0mm인 경우에는 경계마멸이 없어진다.

이러한 결과를 고찰하기 위하여 Fig. 10과 같은 절삭 조건으로하여 노즈반경에 대한 유효어프로치각과, 경계면적의 관계를 구해보면 Fig. 11, 12와 같다. 노즈반경이 커지면서 경계마멸의 억제에 효과적으로 작용하는 유효어프로치각은 증가하지만, 경계면적의 변화는 거의 일정한 값을 나타낸다. 노즈반경이 증가하면 절삭면적과 경계면적은 일정하게 되지만, 경계마멸이 감소하게 되는 현상은 Colwell의 근사⁸⁾와 같이 노즈반경의 증가에 따른 칩유출각의 증가와 Fig. 11에서 살펴 본 유효어프로치각의 증가 및 Fig. 3에서의 절삭날의 곡선 ac의 증가된 길이에 의하여 절삭면적에 국부적으로 발생하는 절삭력 및 절삭온도의 분산효과의 영향을 받게되므로 경계마멸의 크기가 감소한다고 생각된다.

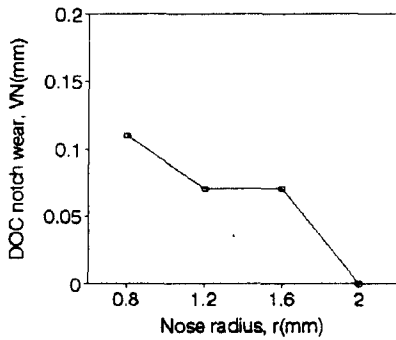


Fig. 10 Relation between nose radius and DOC notch wear ($f=0.1\text{mm/rev}$, $d=0.4\text{mm}$, $V=55\text{m/min}$)

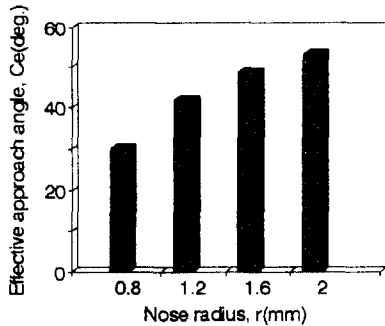


Fig. 11 Effective approach angle and nose radius ($d=0.4\text{mm}$)

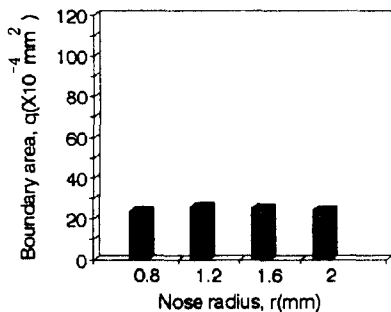


Fig. 12 Boundary area and nose radius ($f=0.1\text{mm/rev}$, $d=0.4\text{mm}$)

3.5 분석결과 요약

3.1~3.2절에서 분석한바와 같이 담금질된 STD11강의 절삭에서 세라믹공구에 경계마멸이 특징적으로 나타나는 현상의 원인은, 절삭을 하는 공구와 배출되는 칩의 접촉 영역에서는 높은 압축과 전단응력을 받게 되므로 강한 열원으로 가열되고, 그 외측은 외력이 불연속적으로 0으로 되기 때문에 그 곳에서 격심한 응력구배 및 공기의 냉각에 의한 격심한 온도구배가 발생하는 것과, 鳴瀧則彦¹⁴⁾의 연구결과와 같이 상당한 고온으로 공기중의 산소에 노출되기 때문에 세라믹공구에 첨가된 TiC가 FeO와 반응하는 영향을 받는다고 생각된다.

한편, Fig. 1에서 공구와 칩의 접촉면적은 삼각형의 형태인 칼날모양으로 절삭날의 단위길이당 국부면적의 크기가 다르게 나타나며, 접촉면적의 하측인 절삭깊이 경계부에서 가장 크게 된다. 따라서, 이곳에서 배출되는 칩의 측면은 구속이 없고 칩의 두께가 가장 두껍게 되기 때문에 칩이 배출될 때 가장 큰 3차원적 변형을 하여 변형경화가 증가한다고 생각되며, 이렇게 가공경화된 칩의 영향과 가공재로 사용한 STD11강에 함유된 단단한 탄화물 입자의 미시적 요인으로 인한 연삭작용에 의해 경계마멸이 촉진된다고 생각된다.

이같은 고찰을 통하여 절삭속도, 이송, 절삭깊이 및 공구의 노즈반경을 고려하여 절삭조건을 설정하면 경계마멸의 제어와, 보다 능률적인 절삭이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

4. 결론 및 향후 연구방향

담금질된 합금공구강 STD11의 다듬질선삭시 세라믹공구($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiC}$)에 생성되는 경계마멸에 대한 절삭조건 영향과, 제안된 유효어프로치각 및 경계면적과의 관계를 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 낮은 절삭속도의 영역하에서 그 값이 증가하면 경계마멸은 감소한다.
- (2) 동일한 절삭면적하에서는 세장비의 크기를 작게하여 유효어프로치각을 크게하는 것이 경계마멸의 억제에 유리한 절삭조건임을 알 수 있었다.
- (3) 경계마멸에 미치는 이송의 영향은 절삭깊이가 증가할수록 증가한다.
- (4) 경계마멸은 유효어프로치각의 영향을 크게 받지만 낮

은 이송의 영역에서는 경계면적의 영향을 받는다.

- (5) 노즈반경이 큰 공구가 경계마멸에 효과적임을 알 수 있었다.

본 논문에서 수행한 연구 결과들을 토대로 향후에는 참과각 및 이에 따른 유효경사각 그리고 광범위한 절삭 속도에 대한 연구가 이루어질 수 있을 것이다.

참고문헌

- (1) 大谷敏昭, 藤瀬健領, 横川洪, 三井武良男, “CBNおよびセラミック工具による焼入鋼の旋削”, 精密機械, 第49卷, 第6號, pp.804~808, 1983.
- (2) Kramer, B.M. and Hartung, P.D, “Theoretical Considerations in the Machining of Nickel-Based Alloys”, Cutting Tool Materials, Am. Soc. for Metals, Metals Park, OH, pp.57~74, 1981.
- (3) 大石建司, 西田敏史, “焼入鋼旋削時のセラミック工具の初期缺損”, 精密工學會誌, 第55卷, 第9號, pp.1657~1662, 1989.
- (4) 鳴瀧則彦, “高速切削におけるセラミック系工具の損傷”, 日本機械學會論文集, 第58卷, 第543號, pp.675~683, 1992.
- (5) 田中博, “セラミック工具”, 精密工學會誌, 第52卷, 第9號, pp.1516~1519, 1986.
- (6) Nkayama, K. and Arai, M., “On the Storage of Data on Metal Cutting Forces”, Annals of the CIRP, Vol. 25, No.1, pp.13~18, 1976.
- (7) Trent, E.M., “Metalcutting”, London, Butterworths, 1977.
- (8) Colwell, L.V., “Predicting the Angle of Chip Flow for Single-Point Cutting Tools”, Trans ASME, Vol.76, No2, pp.199~204, 1954.