

# STS 304의 절삭성에 관한 연구

이재우(두원공과대학 기계과)

## A Study on the Machinability of STS 304

Jae Woo Lee (Doowon Technical College)

### ABSTRACT

This paper aims to clarify the effects of tool geometry on the tool life in machining of STS 304. The main conclusions obtained were as follows. The life of TiN coated cermet tool was the longest, exhibiting shorter life in the order of P20, cermet, TiCN coated carbide and TiAlN coated carbide tools. S-type tool showed the best performance of all tools used in this tests due to preventing the boundary wear of the side cutting edge.

**Key Words :** STS (스테인레스 강재), Tool life (공구수명), boundary wear (경계마멸), Tool geometry (공구형상), Cutting edge (절삭날)

### 1. 서론

STS 304 스테인레스 강재는 오오스테나이트계로 서 열처리를 행하더라도 경화되지 않고, 비자성이며 내열성 및 내식성이 우수하기 때문에 화학공업용 소재를 비롯하여 일반 공업용 재료로서 널리 이용되고 있다. 그러나 STS 304는 개발되지 오랜 세월이 흘렀지만 여전히 난삭재로 알려져 있다.<sup>(1,2)</sup> 이 재료의 가공에 관하여는 종래부터 많은 연구보고가 행해져 왔으며 난삭성의 원인으로는 1) 인성이 높고, 공구 재료와 응착하기 쉽다. 2) 열전도성이 나쁘다. 3) 가공 경화성이 크다. 등을 들 수 있다. 근래에는 공구재료 및 공작기계의 진보에 따라 선삭에서는 문제가 많이 해결되고는 있으나 적절한 절삭조건 선정에 의해 절삭성을 더욱 향상시킬 필요가 있다. 또한 이 강재의 절삭에서 경계마멸의 진행에 의해 단시간에 공구 수명에 달하는 경우가 많은데 가공능률을 향상시키기 위하여 경계마멸의 발생을 억제시킬 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 기계적 요인에 의해 발생되는 경계마멸을 억제하기 위한 공구 형상을 구하고자 한다. 이를 위하여 각종 재종의 공구 및 각종 형상의 공구로 선삭실험을 행하고, 마멸 형태 및 공구 마멸 진행속도등을 비교 검토하였다.

### 2. 실험방법 및 피삭재

#### 2.1 피삭재

본 실험에서 사용한 피삭재는 오오스테나이트계 스테인레스강 STS 304이다. Table 1에 피삭재의 화학성분을 보이며, Table 2에 피삭재의 물리적 및 기계적 성질을 보인다.

Table 1 Chemical composition of cutted workpiece (%)

C	Si	Mn	Ni
0.04	0.52	1.04	8.31
Cr	Mo	Fe	Cu
18.56	0.13	bal.	0.15

Table 2 Comparison of measured roughness data

Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Elongation (%)
530	220	45
Hardness (H <sub>B</sub> )		Thermal conductivity (W / (m · k))
171		16.82

#### 2.2 실험 방법 및 절삭 조건

피삭재의 형상은 직경 80, 길이 600mm의 중실 환봉이며, CNC 선반을 이용하여 습식에서 Table 3의

절삭조건으로 외경 선삭하였다. 절삭유는 수용성 절삭유(KS W2종)를 1:50의 비율로 희석하여, 매분 7ℓ의 비율로 공구 경사면측으로 주입하였다. 사용된 공구 재종은 Table 3과 같이 초경공구 P20종, 서어멧, TiN 코팅 서어멧, TiCN 코팅 초경공구 및 TiAlN 코팅 초경공구이다. 공구 형상을 변화시킨 실험 이외에 적용된 모든 공구의 형상은 (-5, -5, 5, 5, 15, 15, 0.8)이다. 초경공구에 대해서는 Fig. 1과 같이 4 종류의 형상을 가진 공구로 절삭 실험을 행하고, 경계부 마멸 억제에 유효한 공구 형상을 검토하였다.

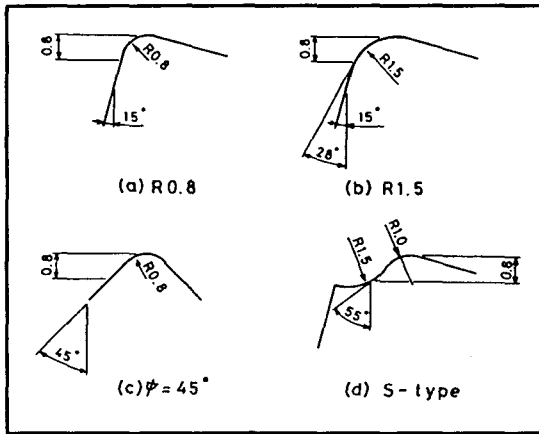


Fig. 1 Geometries of tested tools

Table 3 Tool materials and Cutting conditions tested

Tool materials	Cemented carbide, P20 Cermet TiN coated cermet TiCN coated carbide TiAlN coated carbide
Cutting speed (V)	100, 120 m/min
Depth of cut (t)	1.5 mm
Feed (f)	0.2 mm/rev.

Fig. 1(a)는 상용의 스톱어웨이형 공구로서 공구형상은 (-5, -5, 5, 5, 15, 15, 0.8)이다. 그런데 기계적요인에 의해 발생하는 경계 마멸을 억제하기 위해서는 경계부에서의 절삭칩 두께를 작게하는 것이 효과적이라 판단된다. 따라서 절삭칩의 두께를 작게하기 위하여 코너 반경을 1.5mm로 한 공구(Fig. 1(b)), 옆면 절삭날각을 45° 한 공구(Fig. 1(c)), 절삭날에 오목(凹)형의 코너부를 가진공구(Fig. 1(d))를 사용하여 공구마멸 진행속도를 비교하였다. R1.5 공구 및 S 타입의 공구에서 경계부에 상당하는 점의 옆면 절삭날각은 각각 28°, 55° 이다. R1.5의 공구는 공구연삭반에서 다이아몬드숫돌 #220을 사용하여 코너부를 황삭 연삭하였으며, 그 후 정밀연삭기에서 다

이아몬드 숫돌 #400을 사용하여 R1.5로 다듬질 연삭하였다. 또한 S 타입 공구는 평면연삭기에서 #150의 다이아몬드 숫돌로써 옆면 절삭날에 오목(凹)형의 1.5R을 가공한 후에 정밀연삭기를 사용하여 코너부를 R1로 다듬질 연삭하였다.

공구의 여유면마멸폭은 일정한 시간마다 공구현미경을 사용하여 최대 값을 측정하였으며, 공구 절삭면에 모따기가 되어 있는 공구에 대해서는 그 폭을 제외시킨 값을 여유면의 마멸량으로 취하였다. 또한 마멸형태를 관찰하기 위하여 공구를 주사전자현미경으로 사진 촬영하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 각종 공구에 의한 절삭

각종 공구를 사용하여 STS 304를 절삭한 때의 공구마멸 형태 및 공구 수명을 조사하였다.

Fig. 2는 초경공구 P20종, 서어멧, TiN 코팅 서어멧, TiCN 코팅 초경공구 및 TiAlN 코팅 초경공구를 사용하여 절삭속도 100m/min에서 절삭한 때의 공구의 마멸진행선도를 보인다. TiCN 코팅 초경공구, TiAlN 코팅 초경공구 및 서어멧 공구로 절삭한 때는 마멸진행속도가 크고, 공구는 단시간에 수명에 도달하였다. P20 초경공구 및 코팅 서어멧 공구는 절삭시간 9분까지의 마멸진행속도는 작지만 그 이후는 마멸이 급속히 진행되어 수명에 도달된다.

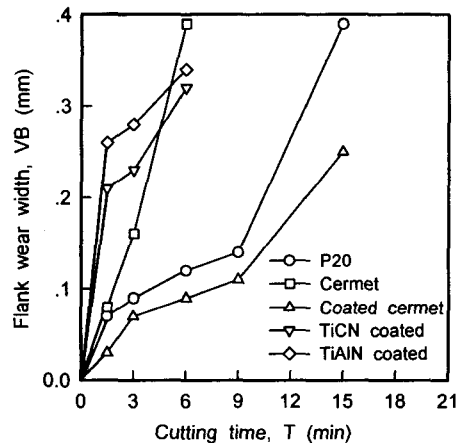
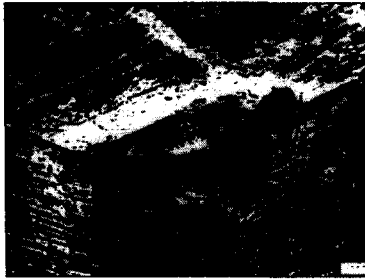


Fig. 2 Wear progress curves of tested tools

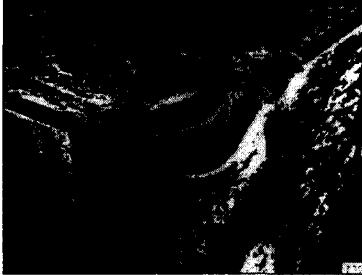
V=100m/min, t=1.5mm, f=0.2mm/rev.

그림 3 및 그림 4에 절삭종료후의 공구마멸형태를 보인다.

초경 P20종, TiCN 코팅공구 및 TiAlN 코팅공구에서는 경계마멸이 발생하였으며, 이와 같은 경계마멸 때문에 공구수명이 짧아진다고 판단된다. 한편 서어



(a) P10, T=15min



(b) Cermet, T=4.5min

Fig. 3 Wear patterns of P20 and cermet tools  
 $V=100\text{m/min}$ ,  $t=1.5\text{mm}$ ,  $f=0.2\text{mm/rev}$ .

멧 공구 및 TiN 코팅 서어멧 공구의 경우는 경계 마멸은 발생하지 않았으나 공구의 코너부가 크게 마멸되었다.

이와 같이 STS 304의 절삭에서는 공구의 경계 마멸의 진행에 의해 단시간에 수명에 달하는 경우가 많다. 그러나 공구의 코너부의 마멸량은 적으므로 경계마멸이 억제되면 공구 수명은 증대될 것으로 보인다. 따라서 9분간의 절삭에서 공구 코너부의 마멸량이 비교적 작은(VB=0.14 mm) 초경공구 P20종을 사용하여 경계마멸 억제에 유효한 공구형상을 검토하였다.

### 3.2 경계마멸 억제를 위한 공구 형상

초경공구 P20종을 사용하여 Fig. 1에 나타난 각 형상의 공구로 STS 304를 절삭한 때의 공구 마멸 진행속도를 Fig. 5에 보인다. 절삭속도는  $120\text{m/min}$ 으로 일정하게 유지하였다. R0.8 공구로 절삭한 때는 경계마멸이 급속히 진행되어 절삭개시 12분후에 여유면마멸이 0.42mm에 달하였다. R1.5 공구도 마멸진행속도가 크고 절삭개시 12분만에 여유면마멸이 0.31mm에 달하였다. 이것에 비하여  $\phi 45^\circ$  나 S 타입의 공구에서는 마멸진행속도가 작고 공구 수명은 R0.8에 비해 약 2배 이상 연장되었다.

Fig. 6에 절삭종료시의 마멸형태를 나타낸다. R0.8 공구에서는 코너부의 마멸은 절삭날에 평행하고 그 폭도 작지만 경계부에는 큰 경계마멸이 발생



(a) TiCN coated, T=6min



(b) TiAlN coated, T=6min



(c) Coated cermet, T=18min

Fig. 4 Wear patterns of coated tools  
 $V=100\text{m/min}$ ,  $t=1.5\text{mm}$ ,  $f=0.2\text{mm/rev}$ .

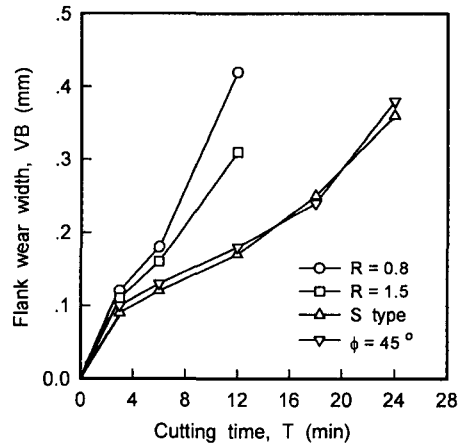
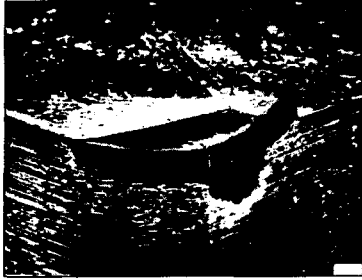
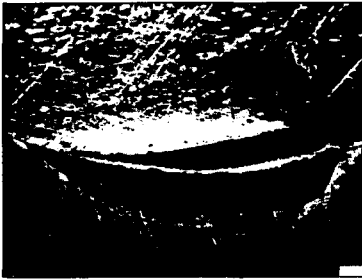


Fig. 5 Wear progress curves of tested tools  
 Tool=P20,  $V=120\text{m/min}$ ,  $t=1.5\text{mm}$ ,  $f=0.2\text{mm/rev}$ .



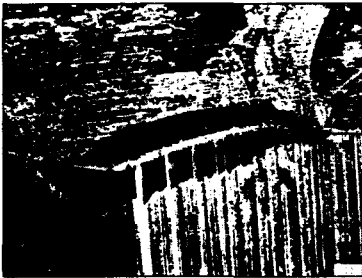
(a) R0.8, T=12min



(b) R1.5, T=12min



(c)  $\phi 45^\circ$ , T=24min



(d) S type, T=24min

Fig. 6 Wear patterns of tools of various geometries

Tool=P20, V=120m/min, t=1.5mm,  
f=0.2mm/rev.

하였다. R1.5 공구의 경우는 R0.8 공구 정도로 큰 경계마멸은 아니지만 경계부에 가까워짐에 따라 마멸

폭은 크게된다.

$\phi 45^\circ$  공구는 R0.8에 비하면 마멸 형태는 개선되어 있지만 역시 경계부의 마멸이 가장 크다. 그러나 S타입의 공구에서는 24분 절삭후에도 경계 마멸은 발생하지 않고 절삭날에 평행한 마멸형태를 보인다.

이상의 결과로부터 경계 마멸을 억제하여 공구 수명을 증대시키기 위해서는 S 타입의 공구가 유효하다.

#### 4. 결론

각종 공구를 사용하여 STS 304를 절삭한 결과 다음과 같은 결론이 얻어졌다.

1) TiN 코팅된 서어멧 공구의 여유면 마멸이 가장 작으며, 그 외의 공구는 P20, 서어멧, TiCN 코팅 초경공구, TiAlN 초경공구의 순으로 공구마멸이 빨라진다.

2) 공구의 노우즈 반경이 1.5mm인 공구와 옆면 절삭날각을  $45^\circ$ 로 한 공구에서는 통상공구인 R=0.8mm로 절삭한 경우에 비해 경계마멸은 감소하였지만, 공구의 경계부근이 최대 마멸을 일으킨다.

3) S형의 절삭날을 가진 공구로 절삭하면 경계마멸은 발생하지 않고 절삭날에 거의 평행한 마멸형태를 보이며, 통상공구에 비해 2배 이상 공구수명이 길어진다. 이 경우의 공구수명은 절삭에 사용된 모든 공구중에서 가장 길다.

#### 참고문헌

1. 서남섭, 유기현, 임경연, 정진용, "SUS 304의 절삭성에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제10권, 제1호, pp. 34-41, 1993.
2. 김종택, 서남섭, 오석형, 정진용, "SUS 304 절삭시 Carbide 공구의 Flank 마모에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제8권, 제3호, pp. 44-54, 1991.