

## 피복 초경 공구의 마모

박 장 식\*·이 경 식

기계 공 학 과

(1982. 6. 30 접수)

### 〈요 약〉

피복(TiC, TiN) 초경공구와 초경공구(P20)의 내마모성을 비교한 결과, 피복초경공구의 내마모성이 초경공구에 비해 3~4배 크다는 것을 알 수 있었다. 피복초경공구의 절삭력 및 절삭온도가 초경공구보다 낮은 것을 알 수 있었고, 이는 낮은 절삭력과 절삭온도로 인하여 피복초경공구의 내마모성이 향상된다는 다른 연구결과와도 일치하였다.

## Wear of Coated WC Insert Tool

Park Jang Sik · Lee Kyung Sik

Dept. of Mechanical Engineering

(Received June 30, 1982)

### 〈Abstract〉

By comparing the wear resistance of coated WC insert tool (TiC, TiN) and WC insert tool (P 20), it was shown that the wear resistance of coated WC insert tool is 3~4 times greater than that of WC insert tool. It was known that the cutting force and temperature of coated WC insert tool is lower than those of WC insert tool, and this result coincided with the result of other study saying that the lower cutting force and temperature increase the wear resistance of coated WC insert tool.

### I. 서 론

고속 절삭작업에 WC insert tool의 개발과 더불어 화학 증착법(Chemical Vapor Deposition Method)에 의한 피복초경공구의 출현은 공구의 수명 연장과 고속절삭의 측면에서 획기적인 공헌을 하게 되었다.

절삭공구에는 공작물 또는 chip과의 접촉에 의하여 구성인선(Built-Up Edge), 측면마모(Flank Wear), 경사면 마모(Crater Wear), 공구변형(Tool Deformation), Mechanical Chipping, 및 Thermal Cracking 등의 현상<sup>(1)</sup>이 나타나며 이같은 현상은 Adhesion, Abrasion, Diffusion 및 Fatigue와 같은 몇가지 기본적인 마모기구의 복합

적인 작용에 의하여 발생하는 것으로 생각되고 있다. 이와같이 절삭공구에 발생하는 마모 및 파손에 대한 저항력을 강화하기 위하여 일반 초경공구의 표면에 화학 증착법에 의하여 TiC, TiN, Ti(CN), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NbC, HfC, HfN 등의 물질을 피복하며 피복물질은 화학적으로 안정하므로 공구재질의 확산을 방지함은 물론 높은 경도로 인하여 Abrasion에 대한 저항력이 증가하며 공구-공작물 또는 공구-chip 사이의 마찰을 완하시킴으로써 절삭온도를 감소시키는 특성을 지니고 있는 것으로 알려져 있다.<sup>(2,3)</sup> 이같은 특성에 반하여 피복층의 두께가 증가함에 따라 모재와 피복물질 사이의 기계적, 물리적 성질의 차로 인하여 Mechanical Chipping이나 Thermal Cracking 등에 대한 저항력이 감소하는 결점이 있는데 이것은 모재의 화학조성이나 증

\* 육군사관학교 병기공학과

작조건에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.<sup>(4,5)</sup>

본 연구에서는 국내에서 시판되는 일반 초경공구와 이에 TiN(국내시판) 또는 TiC(한국과학원 C. V. D. Lab에서 중착<sup>(6)</sup>)를 피복한 공구로써 절삭 실험을 하여 얻은 결과를 비교하고 몇가지 추가적인 실험으로 피복물질의 내마모성을 증가시키는 원인과 피복을 함으로써 발생하는 결점에 관하여 알아 보고자 한다.

### II. 실험방법

종래의 선삭작업에 의한 방법으로 절삭실험을 하는데 드는 시간과 재료를 절약하기 위하여 외향 단면절삭 방법을 채택하였으며 단면절삭에 의하여 얻은 결과로부터 종래의 선삭작업에서 얻은 결과를 유추할 수 있음을 김중석<sup>(7,8)</sup> 등에 의하여 연구된 바 있다.

외향 단면절삭도중 공구에 발생하는 평균 측면마모폭(Mean Flank Wear Land)을 몇가지 절삭조건에서 Pass 수에 따라 측정 비교하였으며 TiC 또는 TiN 피복공구에서 피복물질이 절삭에 미치는 영향을 규명하기 위하여 각 공구의 절삭력 및 절삭온도를 측정 비교하였다. 절삭력은 3차원 공구 등력계를 이용하여 측정하였으며 절삭온도는 Tool-Workpiece Thermocouple 원리를 이용하여 절삭부위에 발생하는 온도에 따른 열기전력을 측정함으로써 절삭온도를 예측할 수 있었다.

P 20 재질의 SNGN120408(ISO Code) WC Insert tool 과 이에 TiN 또는 TiC를 피복한 공구를 이용하였으며 피삭재료는 반경이 225mm의 SM45C 봉재를 사용했다. 사용된 공구 Holder 는 다음 표와 같다.

표 1. Tool Holder Specification

CSBNR 25 25 N 12 (ISO Code)							
Tool Designation;							
-6,	-6,	6,	6,	15,	15,	0.8	
$\alpha_s$	$\alpha_e$	$Cl_e$	$Cl_s$	$C_e$	$C_s$	$r_n$	
$\alpha_s$ : Back Rake Angle $\alpha_e$ : Side Rake Angle							
$Cl_e$ : End Relief Angle $Cl_s$ : Side Relief Angle							
$C_e$ : End Cutting Edge Angle							
$C_s$ : Side Cutting Edge Angle							
$r_n$ : Nose Radius							

외향 단면절삭실험으로는 경사면 마모(Crater Wear)의 깊이가 너무 작아 측정이 곤란하여 종래의 선삭작업을 통하여 피복공구의 경사면 마모를 시간에 따라서 측정하였다. 사용한 공구의 저질 및 형상은 단면절삭실험에서와 동일하며 피삭재료는 SCM 4를 이용했다. 경사면 마모는 Proficorder 를 사용하여 Chip의 유동방향으로 tracing 하여 최대 길이를 측정하였다.

### III. 결과 및 검토

주어진 절삭조건에서 공구에 따른 평균 측면마모폭에 대한 실험 결과인 그림 1에서 보는 것처럼 마모는 절삭 초기에 급격히 성장한 다음부터는 Pass 수에 따라 일정하게 성장하며 공작물의 피질층의 증가에 따라 성장 속도가 날라짐을 알 수 있다. 피복공구는 P 20공구에 비하여 우수하며 TiN과 TiC 피복공구의 측면마모 저항력은 서로 비슷하다.

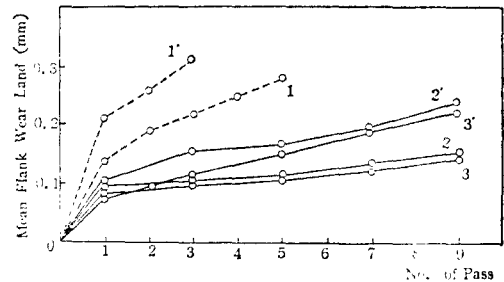
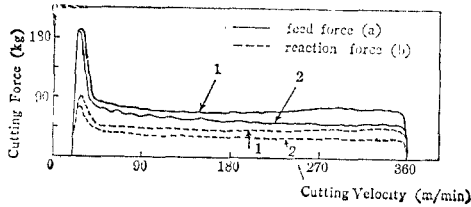


Fig.1. Mean flank wear land as a function of No. of pass for various insert tools, F=0.21mm/rev, D=9.89mm, N=400rpm  
 1: P20 tool,  
 2: P20 tool coated with TiN,  
 3: P20 tool coated with TiC  
 \* Prime represents the corresponding tool with N=500rpm

Chip과 절삭공구 사이의 접촉 영역에 있는 절삭력의 상승률과 때론력의 측정 결과를 P20공구와 TiN 피복공구에 대하여(TiC 피복공구와 TiN 피복공구와 비슷한 결과를 얻었다.)그림 2에 나타냈다. 절삭부위에서의 열기전력 측정 결과를 그림 3에 나타냈다. 열기전력의 측정 결과를 보면 원상 하지는 못했으나 TiC 및 TiN 피복공구의 열기전력은 P20공구에 비해 낮으며 이 경우 TiC 피복공구의 열기전력이 TiN 피복공구보다 낮은 이유는 규명

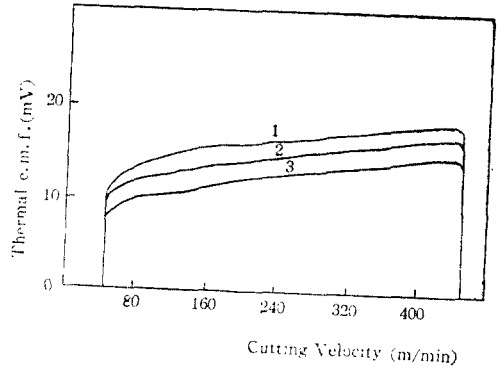
하지 못했다. 절삭력 및 열기전력의 감소는 피복물질에 기인하는 것이며 공구의 마모는 Adhesion, Abrasion, Diffusion, 및 Fatigue에 기인하는 것임을 감안할 때 피복공구의 절삭력 감소로부터 Abrasion 이나 Adhesion 이 일어날 가능성이 낮아지며 열기전력의 감소로부터 온도에 영향을 받는 Diffusion 또는 그 밖의 열로 인한 공구변형이나 경도감소에 대한 저항력이 향상될 수 있으므로 공구 수명을 연장시킬 수 있음을 알 수 있다.



**Fig. 2. Cutting force at 1st pass as function of cutting velocity**

$F=0.21\text{mm/rev}$ ,  $D=0.89\text{mm}$ ,  
 $N=500\text{rpm}$   
 1: P20 tool  
 2: P20 tool coated with TiN

한편 본 연구에서 수행한 단면절삭 조건( $N: 350 \sim 700\text{rpm}$ ,  $F: 0.1 \sim 0.3\text{mm/rev}$ ,  $D: 0.89\text{mm}$ ) 하에서 P20공구는 그림 4의 a에서처럼 확연히 경사면 마모가 발생하였으나 TiN 또는 TiC 피복공구는 그림 4의 b에서처럼 경사면 마모가 충분히 발생되지

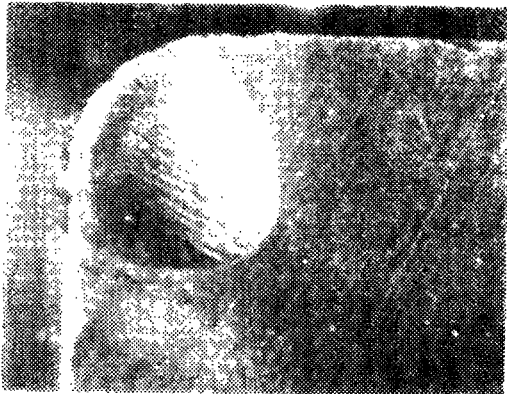


**Fig. 3. Thermal e.m.f. at 1st pass as a function of cutting velocity.**

$F=0.25\text{mm/rev}$ ,  $D=0.89\text{mm}$ ,  $N=630\text{rpm}$   
 1: P20 tool  
 2: P20 tool coated with TiN  
 3: P20 tool coated with TiC

않아 심한 chipping 을 보였다. 이것은 피복물질과 모재 사이의 기계적 물리적 성질의 차에 기인하며 피복층의 두께에 따라 더욱 심각해지는 것으로 알려져 있다. 실험에 이용한 TiN 및 TiC 피복층의 두께는 각각  $10\mu\text{m}$ ,  $5\mu\text{m}$  정도였으며 피복층의 두께가 이와 다른 피복공구로는 실험을 하지 않았으므로 마모저항을 향상시키는 동시에 Chipping 을 방지하는 최적의 조건을 찾는 연구는 수행하지 않았다.

한편 실험방법에서 설명한 신삭에 의하여 심한 Chipping 이전에 상당한 경사면 마모가 발생한 경



**Fig. 4. (a) Crater wear of P20 tool (3rd pass)  
 (b) Crater wear of P20 tool coated with TiN (9th pass)**  
 $F=0.21\text{mm/rev}$ ,  $D=0.89\text{mm}$ ,  $N=400\text{rpm}$

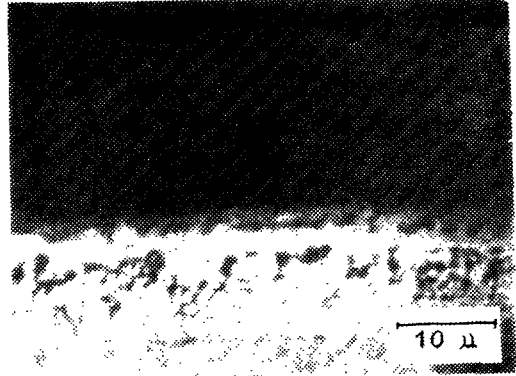
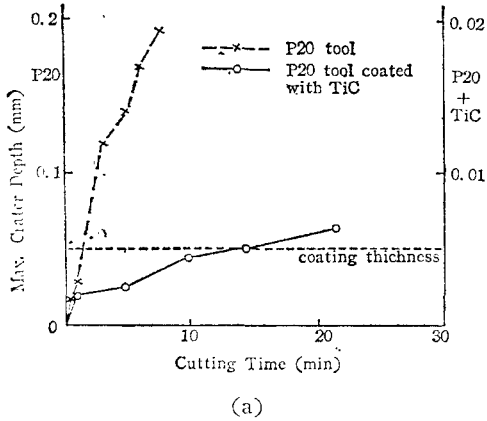


Fig. 5. (a) Max. Crater depth as a function of cutting time.

(b) Crater region of TiC coated tool after cutting for 15 minutes. (coating layer is still remained)

$F=0.4\text{mm/rev}$ ,  $D=1\text{mm}$ ,  $V=200\text{m/min}$ .

수에 대하여 측정된 경사면 마모깊이에 대한 결과가 그림 5의 a에 있으며, 그림 5의 b는 TiC 피복공구로 15분간 절삭하여 최대 경사면 마모깊이가 피복층의 두께와 같아졌을 때 마모부위를 절단하여 SEM으로 관찰한 것으로 아직도 약  $2\mu\text{m}$  정도의 피복층이 남아 있는 것을 보인다.

#### IV. 결 론

국내에서 시판되는 TiN 피복공구와 실험실에서 준비한 TiC 피복공구의 측면 및 경사면 마모에 대한 저항력은 P20공구에 비하여 3~4배 이상 향상되었다. 피복공구의 절삭부위에 발생하는 마찰력 및 건삭온도는 P20공구보다 낮았으며 따라서 피복물질이 내마모성의 증가에 미치는 영향을 알 수 있었다. 그러나, 실험에 이용한 피복공구의 절삭부위는 P20공구보다 훨씬 심한 chipping 현상이 발생하였으며 이같은 현상을 방지하는 동시에 내마모성을 크게하기 위하여는 피복층의 두께와 모재의 화학조성 및 증착조건이 최적화가 필요할 것으로 생각된다.

#### 참 고 문 헌

1. E.M. Trent, Journal of the Iron and Steel,

p. 847, 1963.

2. P. O. Snell, Jerkontoretos Ann., 154(9), p. 413, 1970.

3. W. Schintlemeister, O. Packer, Journal of Vacuum Science and Technology, 12(4), p. 743.

4. W. Schintlemeister, O. Packer, and K. Pfaffinger, Journal of Electrochem. Soc.: Solid State Science and Technology, p. 924, 1976.

5. Else Breval and Sakari Vuorinen, Materials Science and Engineering, 42, p. 361, 1980.

6. 이경식, "A Study on Wear Characteristics of TiC Coated Insert Tool," 한국과학기술원, 석사논문, 1980.

7. 김종석, "A Study on the Application of Accelerated Cutting Speed in Facing Operation," 한국과학기술원, 석사논문, 1980.

8. J.L. Thomas and B.K. Lambert, Int. J. Prod. Res., 13, p. 367, 1975.