

# AlTiN 코팅 공구를 사용한 플라스틱금형강의 마모특성에 관한 연구 A Study on Wear Characteristics of Plastic Mould Steel using AlTiN Coated Tool

\*이승철<sup>1</sup>, #조규제<sup>2</sup>

\*S. C. Lee<sup>1</sup>, #G. J. Cho(kjcho@chosun.ac.kr<sup>2</sup>)

<sup>1</sup> 조선대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup> 조선대학교 기계공학과

Key words : AlTiN Coated Tool, Plastic Mould Steel, Wear Characteristics

## 1. 서론

최근 첨단산업 분야 및 금형산업에서 부품의 경량화 및 고강도화를 목적으로 내구성과 내열성이 뛰어난 고경도 재료의 고속가공의 필요성이 증가되고 있다.<sup>(1)</sup> 금형가공에서 고속절삭을 많이 사용하는 이유는 주축속도를 증가시킴으로써 높은 절삭속도(Cutting speed)를 얻을 수 있고, 절삭속도의 증가에 따라 난삭재를 가공하는데 있어 기존의 이송속도(feed rate)보다 빠른 이송속도로 절삭이 가능하기 때문이다.<sup>(2)</sup> 또한 고속 가공에서 볼 엔드밀은 낮은 전단력에 의한 빠른 이송속도의 구현이 가능하고 이에 따른 절삭 능력을 활용하여 높은 표면 정밀도에 의한 부수적인 공정 감축이 가능하며, 절삭시 생성된 절삭 열이 고속으로 칩과 같이 방출되어 냉각 효과를 얻으며 가공물의 변형 방지 의 이점을 얻을 수 있기 때문이다.<sup>(3,4)</sup>

본 연구에서는 물리증착법(Physical Vapor Deposition : PVD)을 이용하여 AlTiN을 멀티코팅(1~4층)한 초경공구와 고속가공기를 사용하여 금형산업에서 많이 사용되고 있는 KP-4(HRC 32) 소재를 경사진구간(15°, 30°, 45°)의 조건에서 상 방향(Upward)의 가공조건에서 마모시험을 수행, 멀티 코팅 볼 엔드밀의 마모특성을 연구하고자 한다.

## 2. 실험장제 및 실험방법

본 연구에서 AlTiN 코팅공구의 마모시험은 최고 주축회전속도가 20,000rpm 까지 가능한 수직형 머시닝센터(Hwa Cheon Sirius-UL(S), 2008년 8월)를 이용하였으며, 실험에 사용한 시험편은 플라스틱 금형용 강재중 비열처리 강재로 자동차범퍼, OA 기기, 그릴 등에 사용되는 KP-4로 선정하였으며 경사 각도를 15°, 30°, 45°로 머시닝센터에서 1차 가공하여 준비하였다. Table 2.1 과 Table 2.2 에 시험편의 기계적 성질과 화학성분을 나타내었다.

Table 2.1 Mechanical properties of KP4

Direction	T.S. (kgf/mm <sup>2</sup> )	Y.S. (kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Hardness (HRC)
Longitudinal	104	86	23.13	32

Table 2.2 Chemical compositions of KP4

Elements	C	Si	Mn	Cr	Mo
wt(%)	0.39~0.44	0.25~0.35	0.9~1.1	0.9~1.1	0.25~0.3

실험에 사용한 절삭공구는 초경(Co 12%, WC+Cr3+C2+VC 88%) Φ 8mm 볼 엔드밀이며, 본 실험에서는 초경공구에 물리증착법(PVD)법으로 AlTiN 코팅을 1~4 층까지 코팅하여 준비하였고, 코팅공구의 마모시험의 조건은 Table 2.3 과 같은 범위 내에서 조건들을 정하였다.

Table 2.3 Experimental conditions of wear test

Plane	Spindle speed (N rpm)	Depth of cut (mm)	Feed rate (mm/min)	Pick feed (mm)
15°	13,000rpm		1,500mm/min	
30°	13,000rpm	0.3mm	1,700mm/min	0.3mm
45°	10,000rpm		1,500mm/min	

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 AlTiN 코팅 공구의 표면조도 분석(AFM)

코팅공구 표면의 거칠기 측정 장비는 PSIA사에서 제작한 원자현미경(AFM)으로 시료의 표면의 nm 범위를 측정할 수 있는 실험장비이다. 실험에서는 시료 표면을 20×20 μm 스캐닝 하여 코팅 층에 따른 공구의 표면 상태를 관찰·측정하였다.

측정결과 Fig. 3.1 과 같이 AlTiN 코팅 3 층에서 가장 양호한 0.042 μm 값을 보여주었으며, 4 층으로 코팅한 공구는 0.046 μm로 3 층에 비해 높은 표면이 거칠어졌다. 이와 같은 현상은 4 층으로 코팅하면서 화학적 변화가 생긴 것으로 사료된다.

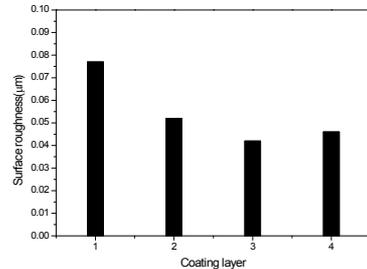


Fig. 3.1 Surface roughness of AlTiN coating layer measured by AFM

### 3.2 AlTiN 코팅 공구의 경도시험

AlTiN 층의 경도시험 결과 Table 3.1 와 같이 초경공구의 경도 값은 Hv 1872.7 AlTiN의 1 층 코팅에서는 Hv 2329.4 으로 약 Hv 450 정도의 경도 값의 차이를 보였다. 또한 1 층과 2 층 코팅의 차이는 Hv 480 정도의 차이를 보였으며 2 층과 3 층의 경도의 차는 Hv 213, 3 층과 4 층은 Hv 149.9 정의 경도차 값을 보였다. 코팅층이 올라가면서 경도차가 적어지는 것을 확인 할 수 있었으며, AlTiN 코팅 3 층에서 가장 높은 경도 값을 보여 주었다.

Table 3.1 Hardness values of AlTiN coating layer

	Vickers hardness(Hv)	d1, d2
Carbide Tool	1872.7	d1 : 22.7 μm, d2 : 1.8 μm
AlTiN 1	2329.4	d1 : 19.4 μm, d2 : 8.3 μm
AlTiN 2	2814.3	d1 : 18.2 μm, d2 : 8.1 μm
AlTiN 3	3027.3	d1 : 18.3 μm, d2 : 6.7 μm
AlTiN 4	2877.4	d1 : 17.6 μm, d2 : 8.3 μm

### 3.3 AlTiN 코팅 공구의 마모특성

본 실험에서 공구의 마모시험은 건식가공하여 플랭크 마모 VB 가 0.3mm 될 때까지 가공하여, 마모의 형태와 공구수명 변화를 알아보았다. 공구의 마모량 측정은 공구현미경을 이용하였고, 측정배율은 대물렌즈 10X, 20X 측정 조건 시 자기렌즈(Magnetic lens)배율이 각각 229.8X, 461.3X 배 세팅하여 측정 하였다. 플랭크 마모량의 측정은 실험 조건 별로 경사진재료(15°, 30°, 45°) 조건에서는 공구의 마모량 측정시 Angle Plate 를 이용하여 75°, 60°, 45°로 공구를 기울여서 상 방향가공시 가공이 중앙 부분에서 마모량을 측정하였다.

Fig. 3.2 와 같이 마모실험은 상 방향(Up ward) 한 방향으로 건식 절삭하여 시간경과에 따른 공구의 마모량을 측정하였으며, 마모실험의 절삭조건은 공구의 주축회전수를 10,000~ 13,000rpm, 공구의 이송속도 1,500~1,700mm/min, 절

삭깊이 0.3mm, Pick feed 0.3mm 설정하여 마모실험에 실시하였다.

플랭크마모량은 Fig. 3.2 와 같이 경사진 재료에서 각도가 작을수록 마모량이 많았으며, 이러한 이유는 상 방향 가공을 하더라도 재료의 경사각이 적을수록 재료의 실제 가공 유효직경이 작아지기 때문에 가공속도가 증가로 인한 마찰열이 커지기 때문에 경사각도가 작을수록 플랭크마모량이 커지는 것으로 사료된다.

Fig. 3.3 은 경사진 구간의 마모시험중 좋은 조건을 보인 45° 경사진 재료의 코팅층수에 따른 마모시험 결과이다. 모든 조건에서 가공시간 40 분까지 시간의 경과에 따른 정상적인 마모량을 보였으나 40 분을 경과하면서 AlTiN 코팅 1 층 공구부터 마모진행 속도 빠르게 되어 가공시간 50 분을 넘어서면서 급격히 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 코팅 2 층과 3 층은 80 분이 경과할 때까지 양호한 결과를 보였으나, 80 분을 경과하면서 AlTiN 코팅을 2 층한 공구의 마모량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. AlTiN 코팅을 4 층으로 한 공구에서는 1 층 다음으로 빠르게 마모가 진행되는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 현상은 코팅을 4 층으로 하면서 코팅성분의 화학적 변화와 공구표면의 경도의 감소로 절삭가공시 발생하는 마찰열을 견디지 못한 관 계로 공구의 마모량이 크게 증가 한 것으로 사료된다.

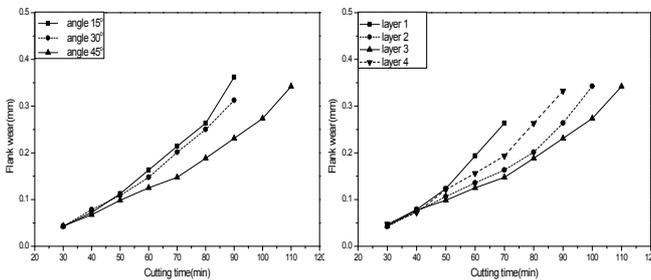


Fig. 3.2 Results of wear test according to material conditions

Fig. 3.3 Results of wear test according to AlTiN coated layers

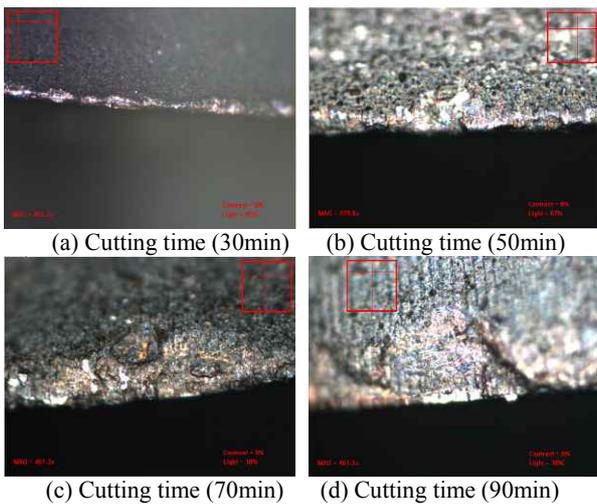
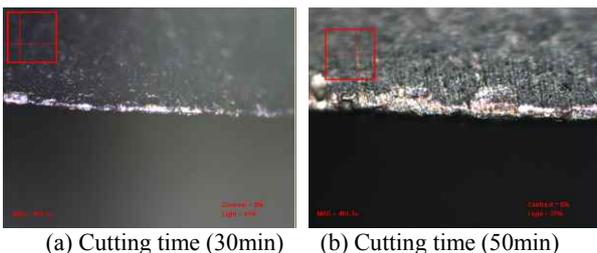
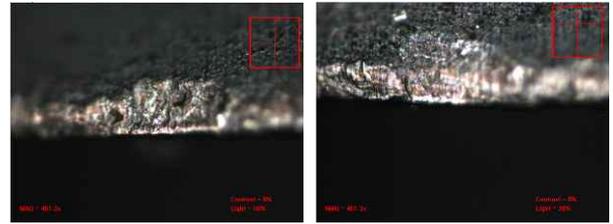


Fig. 3.4 Wear progression of AlTiN coated carbide tool (AlTiN 3 layer) ( angle 15° , N=13,000rpm, F=1,500mm/min, Pf=0.3mm, d=0.3mm)

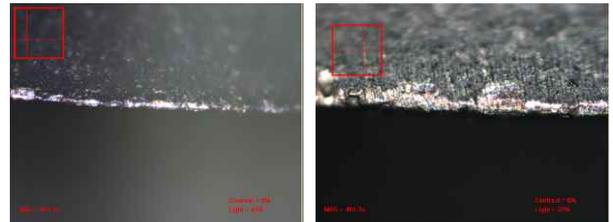


(a) Cutting time (30min) (b) Cutting time (50min)

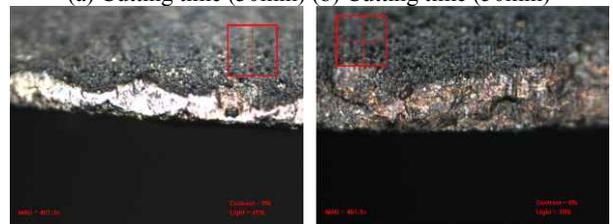


(c) Cutting time (70min) (d) Cutting time (90min)

Fig. 3.5 Wear progression of AlTiN coated carbide tool (AlTiN 3 layer) ( angle 30° , N=13,000rpm, F=1,700mm/min, Pf=0.3mm, d=0.3mm)



(a) Cutting time (30min) (b) Cutting time (50min)



(c) Cutting time (70min) (d) Cutting time (90min)

Fig. 3.6 Wear progression of AlTiN coated carbide tool (AlTiN 3 layer) ( angle 45° , N=10,000rpm, F=1,500mm/min, Pf=0.3mm, d=0.3mm)

#### 4. 결론

AlTiN 코팅 층수에 따른 마모시험은 상 방향(Up ward)가공시 모든 코팅층수에서 60 분 이상 가공하여도 VB=0.3mm에 도달하지 않았으며, 코팅층수 1 층, 4 층, 2 층, 3 층 순으로 공구의 플랭크마멸은 진행되었고, AlTiN 코팅 3 층에서는 100 분 이상 가공하여도 VB=0.3mm에 도달하지 않았다.

AlTiN 코팅 공구에 있어 재료의 형상별 공구의 마모속도는 15° 경사진 재료에서 가장 빠른 마모진행을 보였으며, 30° 경사진 재료, 45° 경사진 재료의 형상 순서로 공구의 마모가 진행되었다.

#### 참고문헌

1. N. D. Baek, "Tool Wear and Surface Precision When Up and Down Milling by TiAlN Coated Endmill", M.S. Thesis, Kyungnam University, pp. 1~15, 2000 11
2. S. J. Kim, " A Study on the Cutting Characteristics of Fillet-End Mill in High Speed Machining of the Surface", M.S. Thesis, Chonbuk National University, pp.8~14, 2004 14
3. R. C. Dewes, E Ng, K.S. chua, P.G. Newton, D.K. Aspinwall, "Temperature measurement when high speed machining hardened mould/die steel", Journal of Materials Preceding Technology 92-93, P 293~201, 1999
4. S. C. Lee, J. N. Park, G. J. Cho., "A Study on the Cutting Characteristics of Plastic mould Steel using AlTiN Coated Tool," Proc. Of KSPE Spring Conference, pp. 445~446, 2009