

SKD61과 Radical Nitriding 처리된 SKD61 기판상에 Arc Ion Plating으로 증착된 TiN 박막의 미세구조 및 기계적 특성에 관한 연구

*주윤곤¹, 송기오¹, 윤재홍¹, 조동율¹, 박봉규¹, 정길봉², 전윤조³
 (1) 창원대학교, 나노신소재공학부
 (2) 국방기술품질원
 (3) 한국이온질화센터

초 록 : 최근 기계가공기술의 발달에 따라 내마모용 TiN 박막의 수요가 증가하였고, TiN박막은 내마모용으로 높은 경도 및 밀착력을 필요로 한다. TiN박막을 증착시키는 방법은 PVD, CVD 등 여러 가지가 있으나 본 연구에서 공구강 SKD 61기판 표면과 Radical Nitriding(RN) 처리된 SKD 61 기판에 arc ion plating(AIP)를 이용하여 TiN 박막을 증착시켜 표면경도를 향상시키고, 이 코팅층의 미세구조가 기계적 특성에 미치는 영향을 연구하였다. 그 결과 RN처리된 SKD61에서 코팅 두께가 많이 나왔고, 스크래치테스트 결과 접착력이 향상되었음을 알 수 있었다.

30 torr 조건하에서 코팅을 실시하였다. XRD와 SEM(scanning electron microscope) 이용하여 결정 구조와 표면 특성을 관찰하였고 절단 후 횡단면을 SEM을 이용하여 관찰하고 코팅 두께를 측정하였다. nano-indentation을 이용하여 코팅층의 경도와 탄성 계수를 측정하였다. Scratch adhesion test는 구모양의 다이아몬드 인덴터(120° cone, 200µm radius spherical tip)를 이용하여 0 N부터 60 N까지 연속적인 하중을 loading rate 60 N·min⁻¹과 횡단속도 10mm·min⁻¹로 실시하였고 스크래치 트랙의 길이는 10mm으로 하였다. 스크래치 트랙을 SEM을 이용하여 관찰하여 파괴 모형을 관찰하였다.

1. 서 론

기계 가공기술이 고속화 및 고정밀화 추세로 발전함에 따라 우수한 내마모성을 갖는 절삭공구를 필요로 한다. 이는 공구의 수명을 연장하기 위해 건식가공을 위한 공구재료의 개발이 필수적이라 할 수 있다. 또한 각종 공구용 재료, 성형금형, 자동차 부품재료 등과 같은 일반 기계부품 및 절삭 공구에 적용되는 코팅재의 성능과 수명 향상이 절실하다. 기존 습식 도금재의 대체와 더불어 우수한 성질을 가진 경질코팅재료의 개발이 활발히 진행되어왔고 현재 TiN 박막코팅은 일반 절삭물 코팅보다 우수한 내마모성의 특성을 가지고 있어 드릴이나 절단 공구 등에 적용되어 널리 사용되고 있다.

이와 같은 내마모용 박막은 공통적으로 높은 경도와 밀착력을 필요로 한다. TiN박막의 증착 방법은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 공구강 SKD 61기판 표면과 Radical Nitriding(RN) 처리된 SKD 61 기판에 arc ion plating(AIP)를 이용하여 TiN 박막을 증착시켜 표면경도를 향상시키고, 이 코팅층의 미세구조가 기계적 특성에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

본 연구에서 사용한 모재는 열간 금형 공구강으로 사용되고 있는 SKD61(AISI H13)강으로 화학성분은 표 1과 같다. 모재는 1020℃에서 30분간 가열 후 공냉을 한 후 480℃에서 템퍼링 처리를 하여 (QT:quenched heating at 1020℃ for 30min and quenched in air, and tempered at 480℃) 모재의 경도값을 HRC 56으로 하였다. 열처리를 마친 시편은 다이아몬드 paste 3µm까지 연마하였다. 증착 전에 표면의 불순물을 제거하기 위하여 알콜에 초음파 세척을 10분 실시하였다. 기판의 경도를 달리 하기 위한 Radical nitriding은 암모니아 가스 20 torr, 온도 450℃에서 5시간 처리하였다. 가로 20mm 세로 40mm 두께 7mm인 기판 위에 Arc Ion Plating(AIP)장비로 arc power 150A, bias voltage -50V, coating 시간 100min, 질소 가스 압력은

Table 1. Composition of SKD61 Steels(%)

강종	Fe	C	Si	Mn	Cr	V	P	S	Mo
SKD61	base	0.41	0.94	0.37	4.93	0.88	0.002	0.002	1.27

2.2 결과 및 고찰

Fig. 1과 Fig. 2는 SKD61 기판과 radical nitriding 처리된 SKD 61 기판의 결정 구조와 표면 morphology 를 나타낸 것으로 결정구조는 거의 비슷하게 나타났으나, 표면 morphology를 살펴보면 박막 표면에 micro-droplet들이 존재하고 radical nitriding 처리된 SKD 61 기판 에는 기공이 만히 존재하고 있는 것을 알 수 있다. 이렇게 형성된 Droplet과 기공은 코팅층의 기계적, 화학적 성질을 저하시킨다.

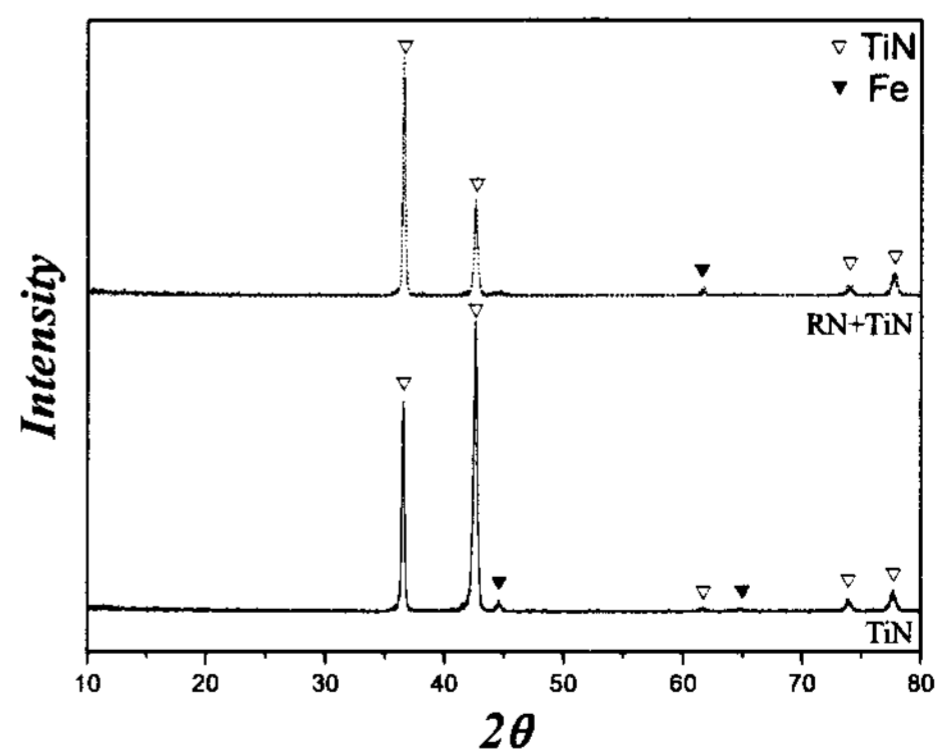


Fig. 1. XRD patterns of coating deposited on TiN and RN TiN surface states

Fig. 3을 통해서 똑같은 AIP 조건에서 radical nitriding 처리한 시편의 코팅 두께가 더 두텁다는 것을 알 수 있고 이는 QT 처리 후 질화처리한 시편의 표면 경도는 Hv 1030

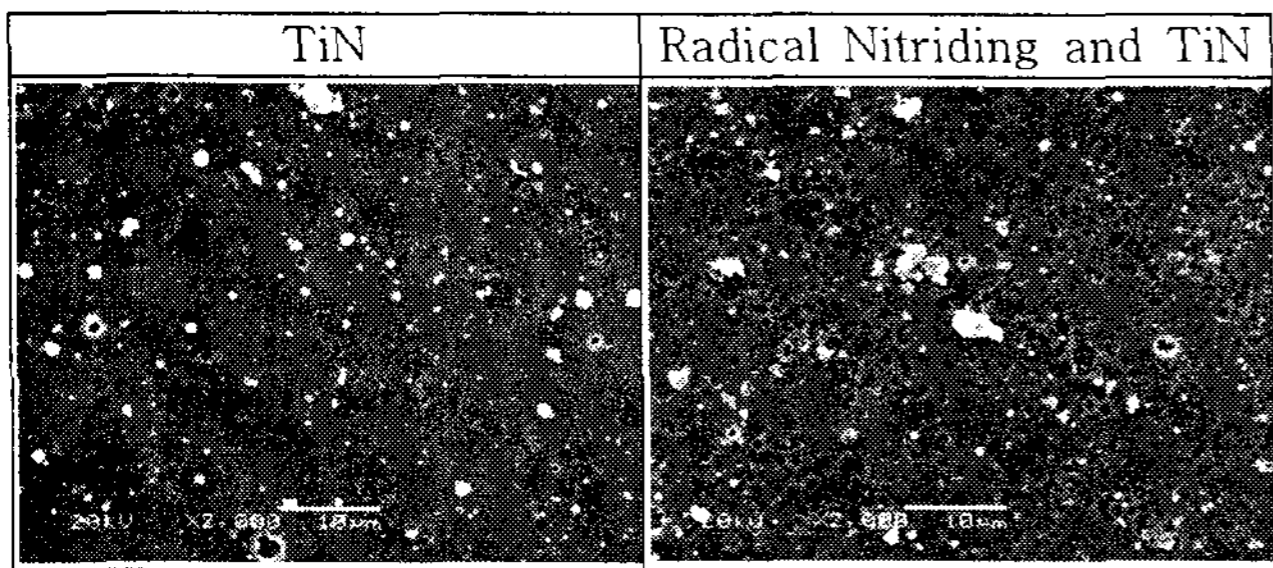


Fig. 2. Surface morphology of TiN and RN TiN coatings

으로 QT 처리만 한 시편의 표면경도 Hv 613(HRC 56)보다 훨씬 높은 것으로 보아 두 표면간의 표면 성분과 표면미세구조의 차이 때문에 코팅 두께의 차이가 발생한 것으로 사료된다. nano-indentation의 결과로 나타내어진 코팅층의 물리적 특성을 table 2 와 Fig. 4 에 나타내었다.

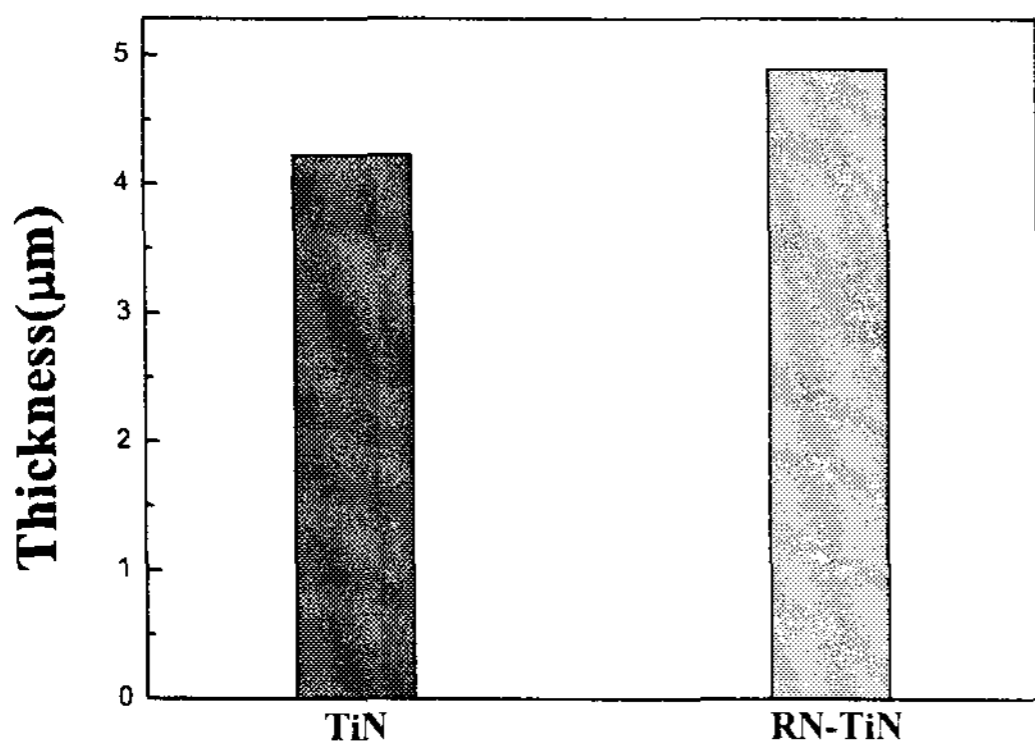


Fig 3. Thickness of coating deposited on the different surface states:
(A) TiN (B) RN TiN

Specimen	Indentation Depth [nm]	Hardness [GPa]	Modulus [GPa]
TiN	200	20.38 ±1.88	416.5± 33.8
TiN(RN)	200	21.08 ±2.59	443.2± 18.5

Table 2 Mechanical properties of coatings

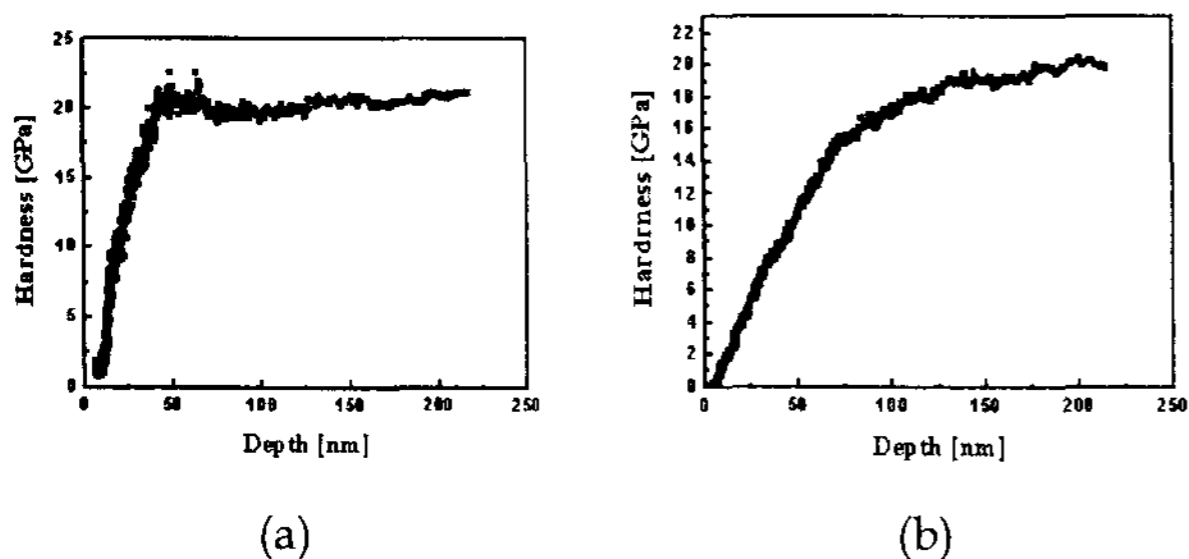


Fig 4. Hardness of (a)TiN, (b)TiN(RN)

Fig. 5의 스크래치 트랙의 SEM 사진에서, 박막의 밀착력은 TiN의 경우 buckling failure가 발생하고 스크래치 트랙안에 rubbing이 나타났다. 반면에 TiN(RN)의 경우는 typical tensile cracking failure를 보여준다.

Burnett 과 Rickerby 분류법에 따르면 failure mode는 adhesive 와 cohesive로 나누어 질수 있고 spalling,

buckling 그리고 chipping은 adhesive 이고 conformal, tensile cracking은 cohesive failure이다. 더 붙여 말하면 tensile cracking은 훌륭한 접착력(adhesion)의 결과이다. Heinke et al.에 리포트에 따르면 adhesive failure mechanisms은 코팅층의 증가에 따라 변하지 않고 반면에 cohesive failure는 변한다고 알려져 있다. 코팅 두께의 약간의 변화에도 불구하고 스크래치 트랙의 양상은 TiN(RN)이 TiN 보다 더 나은 접착력을 보여 준다는 것을 알려 준다. Fig. 6은 friction force 대 normal load를 도식화한 것이다. 여기에서 보듯이 TiN(RN)의 경우가 TiN의 경우보다 friction force가 더 낮은 것을 알 수 있고 이것은 TiN(RN)이 더 나은 접착력(adhesion)을 보인다는 증거이다.



Fig 5. SEM micrograph of scratch track

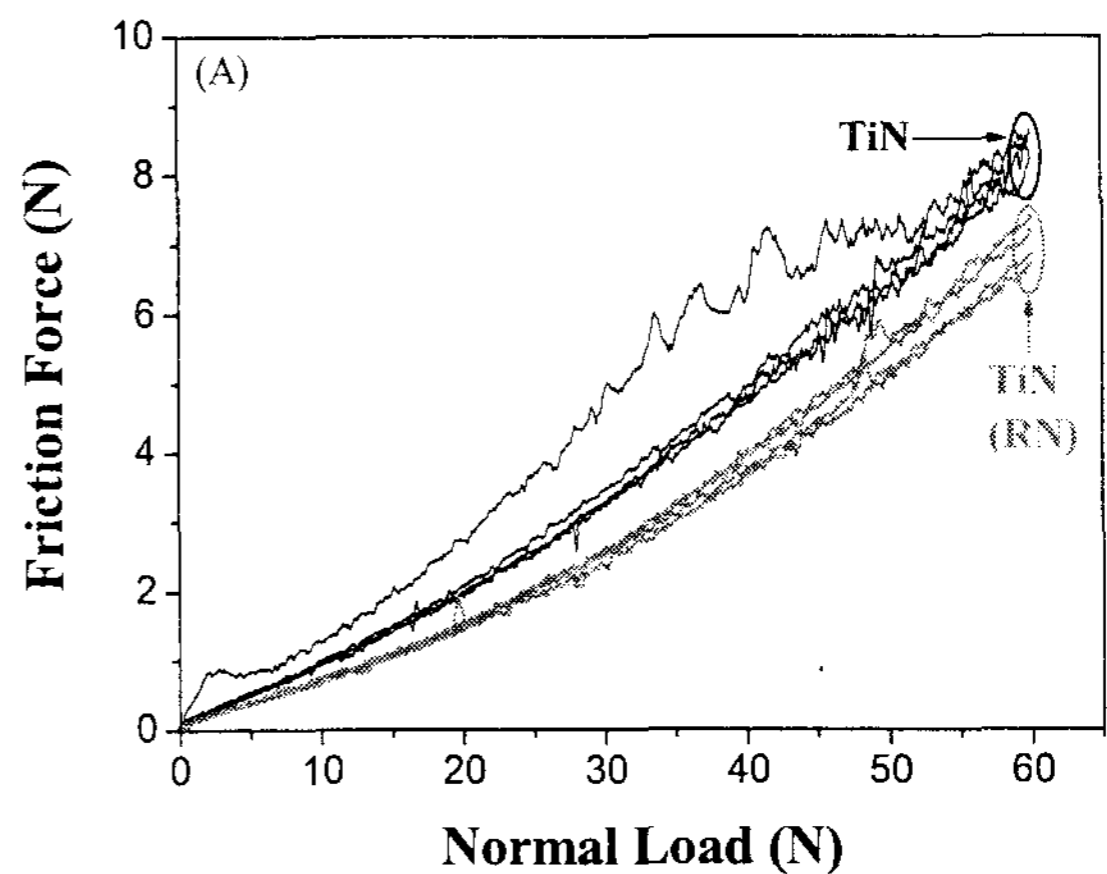


Fig. 6 Friction force versus normal load for the scratch test of coating deposited on TiAlN and RN TiAlN

3. 결 론

표면상태를 달리하여(QT처리, QT처리 후 RN처리) SKD61 강에 AIP를 이용하여 TiN 코팅을 증착 시켰을 때 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) RN처리를 한 시편의 표면경도가 QT처리만 한 시편의 보다 표면의 경도가 높았다.
- 2) TiN 과 RN TiN의 결정구조에서 주성장 방위가 틀린 것을 알 수 있었고 표면 morphology에서는 RN처리한 시편의 표면에서 기공이 많이 존재함을 알 수 있었다. 코팅 두께의 경우 QT만 처리한 시편보다 RN처리 까지 한 시편의 두께가 약간 두꺼웠다.
- 3) 스크래치 트랙 양상은 QT처리만 한 시편에서 spalling, buckling 그리고 chipping 나타났고 RN 처리한 시편에서는 그와 같은 현상이 나타나지 않았다.
- 4) 마찰력은 RN처리한 시편에서 낮게 나타났다. 이는 스크래치 트랙 양상과 Friction force 경우로 보아 RN처리를 행하여 표면의 경도를 상승시킨 경우가 우수한 접착력을 보였다.

감사의글

이 논문은 2004년도 학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었습니다.(KRF-2007-005-D00111).

참고문헌

- [1] S.K. Kim, P.V. Vinh, J.H. Kim and T. Ngoc: Surf. & Coat. Tech. Vol. 200 (2005), p. 1391
- [2] H. Ishimura and A. Rodrigo: Surf. & Coat. Tech. Vol. 126 (2000), p. 152
- [3] S.J. Bull and D.S. Rickerby: Surf. & Coat. Tech. Vol. 42 (1990), p. 149
- [4] A. Rodrigo, P. Perillo and H. Ichimura: Surf. & Coat. Tech. Vol. 124 (2000), p. 87
- [5] H.J. Spies, B. Larisch, K. Höck, E. Broszeit and H.J. Schröder: Surf. & Coat. Tech. Vol. 74-75 (1995), p. 178
- [6] Y. Sakamoto, M. Takaya, Y. Ishii and S. Igarashi: Surf. & Coat. Tech. Vol. 142-144 (2001), p. 152
- [7] P.J. Burnett and D.S. Rickerby: Thin Solid Films Vol. 154 (1987), p. 403
- [8] P.A. Steinmann, T. Tardy and H.E. Hintermann: Thin Solid Films Vol. 154 (1987), p. 333
- [9] W. Heinke, A. Leyland, A. Matthews, G. Berg, C. Friedrich and E. Broszeit: Thin Solid Films vol. 270 (1995), p. 431
- [10] C. H. Beag, Y. G. Park, M. Y. Wey J. Kor. Inst. Met. & Mater.