

나이트라이드계 세라믹 코팅의 고온 마모·마찰거동

High Temperature Tribological Behaviors of Nitride Based Ceramic Coatings

김장엽, 임대순, 이상로*, 백운승*

고려대학교 재료공학과

한국기계연구원 재료공정부*

Abstract

In this study, CrN, TiN and TiN + CrN coatings have treated onto the steel substrates by ion plating to improve their tribological behaviors. Some of the specimens were ion nitriding treated to study the effect of ion nitriding on wear behavior. The wear tests were performed with these specimens by ball-on-plate type and disc-on-plate type wear tester. It was demonstrated that ion nitriding treatment improve wear resistance of the coatings. The results of high temperature wear tests indicated that the specimens coated with CrN were exhibited the better wear resistance properties than the specimens with TiN coatings

Key words : High temperature wear, Nitride coatings

1 서론

산업이 발전함에 따라 기계용 부품은 극한 환경하에 노출될 가능성이 높아지고 있고 부품 파손에 따른 간접 경비가 증대됨에 따라 고기능성 및 고수명의 부품 재료 개발을 요구하고 있다. 이러한 요구에 따라 기존의 재료에 새로운 기능을 부여하는 막을 증착시키는 기술이 이용되고 있다.

일반적으로 부품이 다른 부품 혹은 외부 분위기와 상대적으로 움직이며 접촉하고 있게 되면 재료가 손상을 입거나 떨어져 나가는 마모 현상이 일어나게 된다. 이러한 현상은 부

품의 고장의 원인이 되고 부품의 수명을 떨어뜨리는 직접적 원인이 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방법은 내마모 특성이 우수하고 내부식성이 강한 재료를 부품의 표면에 코팅하는 방법을 생각할 수 있다.[1] 경질 박막은 공구, 금형, 광학부품, 칼류 등에 광범위하게 활용되고 있으며 새로운 증착기술의 발달과 더불어 경질재료 개발의 필요성도 점차 증가하고 있다.[2]

그러므로 본 연구에서는 고온에서의 마모·마찰 평가 방법을 기초로 이온 플레이트 등의 방법으로 코팅된 나이트라이드계 세라믹 코팅의 마모·마찰 특성을 비교 분석하였다.

2. 실험방법

마모 마찰 실험용 시편준비를 위해 다음과 같은 전처리 공정을 거쳤다. 기판의 초기 거칠기를 조절하고자 diamond 3 μ m polishing 과 기판위의 유기물 제거를 위하여 아세톤 초음파 탈지공정을 거쳤다. 코팅은 기판에 코팅을 행한 시편과 이온질화후 코팅된 시편으로 각각의 제조된 시편은 다음의 Table.1 와 같이 명명하였으며 제작 조건과 같이 나타내었다

Table 1. Sample Names of Coated Systems

Names	Coating Composition
S1	CrN
S2	CrN+ Ion nitriding
S3	TiN + CrN
S4	TiN + CrN + Ion nitriding
S5	TiN
S6	TiN + Ion nitriding
SS	Stainless steel

각 코팅의 경도를 측정하기위해 shimashu 사 microhardness tester 를 이용하여 0.2N 의 하중으로 20초간 유지시키며 경도를 측정하였고, CSEM REVETEST 사 scratch tester 를 이용하여 scratch speed 는 10mm⁻¹ , loading rate 는 100Nmm⁻¹ 의 조건으로 adhesion strength 를 측정하였다.

사용된 마모시험기는 ball on plate 형으로 왕복거리는 10 mm, 왕복속도는 10mm/sec 를 유지하였다. 마모실험이 진행되는 동안 발생하는 마찰력에 의한 마찰계수값의 변화는 GPIB(General Purpose Interface Bus) board 를 통해 컴퓨터로 연속하여 기록되었다. 마모실험은 같은 코팅으로 이루어진 ball on plate 마모실험을 하중의 변화에 따라 상온에서 20 분간 마모실험을 실시하였다. 또한 같은 조성의 코팅이 된 ball 과 plate 를 이용한 마모실험을 매 5분간격으로 1시간동안 ball 의 wear scar 를 측정하여 마모거동의 시간에 따른 변화를 조사하였다. 실험시 하중은 1,3,5,8,10N 으로 변화시켰으며 하중변화에 따른 마모거동의 차이도 측정하였다. 또한 온도 변화에 따른 마모마찰거동도 살펴보기 위해 상온, 200, 400, 600, 800 $^{\circ}$ C 의 온도에서 하중은 10N 으로 고정시키며 disc on plate 형 마모실험을 통해 마모 거동의 변화도 살펴보았다.

3. 결과 및 고찰

각각의 코팅층의 미세경도값 측정결과를 보이는 Fig.1. 에 의하면 기판에 이온질화 된 시편의 경우 이온 질화과정을 거치지 않은 시편 보다 CrN, TiN, CrN+TiN 코팅 모두에서 경도값이 증가함을 알수 있고 이는 기판의 이온 질화처리에 의해 기판의 경도값이 증가된 효과로 생각된다.

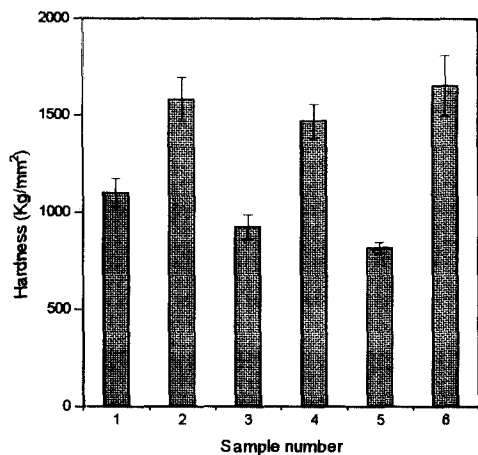


Fig. 1. The microhardness of various coatings

Fig. 2. 의 상온에서 20 분간 하중을 변화시키며 실험한 ball on plate 형 마모실험 결과에 의하면 하중의 증가에 의해 wear scar도 증가함을 알 수 있다.

하중과 마모거리 변화에 따른 wear scar의 변화를 살펴보면 SS 시편의 경우 하중이나 마모거리 변화에 따른 wear scar는 선형적으로 증가하고 있으며 초기 저하중 조건에서도 wear scar 값은 다른 시편들에 비해 크게 나타남을 알 수 있었다. S1 코팅의 경우, 초기에는 하중의 변화에 의한 마모흔적 값이 크게 영향을 받지 않으나 마모실험 거리가 증가함에 따라 고하중에서 wear scar의 갑작스러운 증가를 보이고 있다. S2의 경우에는 마

모 실험 초기에 저하중과 고하중영역 모두에서 안정한 마모거동을 보이고 있으나 마모 실험 말기의 고하중 영역에서는 S1과 비슷한 마모 흔적값을 보인다. 상온에서의 마모거동은 코팅된 시편의 경우는 코팅이 안된 시편보다 초기마모실험 및 최종적으로도 적은 wear scar 값을 가짐을 알 수 있었고, CrN 코팅의 경우에는 이온 질화 된 시편과 되지 않은 시편 모두 7N 이하의 하중에서는 wear scar 값의 증가가 낮음을 알 수 있었다.

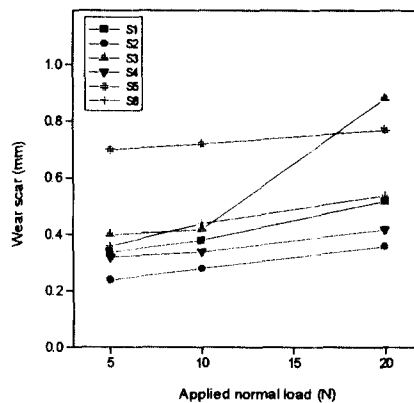


Fig. 2. The wear scar changes of various coatings at different applied load

고온 금형으로의 응용을 위해서는 마모저항성과 함께 마찰력, 상대재의 흡착등과 같은 여러 요인의 고려가 필요하므로 disc on plate 형태의 마모실험을 실험온도를 변화시키고 상대재를 변화시키며 마모실험을 하였다. 상온 마모실험의 경우, S1 시편이 wear map에서 보인 마모거동에서 점진적인 마모흔적의

증가를 보이고 있으므로 하중의 변화에 의한 갑작스런 마모거동의 변화를 보이지 않는 S1 코팅의 disc 와 코팅되지 않은 steel disc 로 Si 코팅된 plate 위에 마모 실험을 행하였다.

마모실험한 plate 위의 wear track 의 횡 단면을 α -step 을 통해 관찰한 결과를 보면 steel disc 와 코팅 plate 의 마모 실험결과에서는 상온에서의 실험부터 plate 의 면의 높이 증가가 관찰되며 이는 상온에서부터 disc 에서 plate 쪽으로의 물질 흡착이 일어난다고 생각되어진다. 코팅된 시편끼리의 마모 실험 인 S1 에서 상온의 마모실험의 경우에는 마모면이 아래로 볼록하며 plate 코팅층에 박리에 의한 마모가 있음을 알 수 있다. 그러나 온도가 증가 함에 따라 표면높이의 증가를 보이고 있으며 이는 disc 쪽에서 코팅 plate 쪽으로의 물질 흡착으로 인한 표면 높이의 증가로 생각되어진다. 코팅된 plate 측의 마모 손상면의 SEM 관찰에 의하면 코팅된 시편끼리의 경우에는 코팅층내에 균열의 발생과 코팅층의 박리로 마모가 발생하고 있음을 알 수 있다. 그러나 800°C 의 고온에서는 코팅층의 균열보다는 코팅 표면에 길게 떨어져나간 부분과 외부에서 흡착된부분이 모두 보이고 있다. 그러나 steel과 코팅의 경우에 상온에서는 거친 마모손상면이 보이나 800°C 에서의 마모손상면은 표면에 다른 물질이 입혀진 듯한 모습을 보이고 있다.

4. 결론

여러조건과 조성으로 제조된 나이트라이드계 코팅의 마모실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

기판에 이온질화처리하여 경도가 증가한 시편이 모든 나이트라이드계 코팅의 경우 마모거동에서 좋은 결과를 보여주고 있으며 TiN 코팅의 경우에는 접착력 측정결과 코팅층과 기판과의 결합력이 약함으로 인해 마모거동에도 좋지 않은 결과를 보이고 있음을 알 수 있었다. 누적마모실험의 경우에 CrN 에 이온 질화 처리된 시편과 CrN+TiN 에 이온 질화된 시편의 경우가 좋은 마모거동을 보임을 알 수 있었다.

고온에서 사용하는 금형의 경우 마모와 함께 마찰력과 물질의 흡착 역시 중요한 인자이므로 CrN 코팅된 시편의 경우 다른 코팅시편과, 코팅이 되지 않은 시편에 비해 물질흡착 및 마찰계수도 감소함을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

1. Y.Su and J.S.Lin, " An investigation of tribological potential of TiN, CrN and TiN +CrN physical vapor deposited coatings in machine element applications," *Wear*, 170(1993) 45-53
2. E.Vancoile, J.P. Celis and J.R. Roos," Dry sliding wear of TiN based ternary PVD coatings," *Wear*, 165(1993) 41-49